TUGAS AKHIR - MO184804

ANALISIS STABILITAS *SUBSEA PIPELINE* AKIBAT *FREE SPAN* DAN *VORTEX INDUCED VIBRATION*: STUDI *KASUS PRODUCTION GAS PIPELINE* DI SELAT MADURA

Muhammad Fadhilah Syahran
NRP. 04311540000046

Dosen Pembimbing :
Ir. Imam Rochani, M.Sc.
Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T. ,M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknolgi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

FINAL PROJECT - MO184804

SUBSEA PIPELINE STABILITY ANALYSIS DUE TO FREE SPAN AND VORTEX INDUCED VIBRATION: CASE STUDY OF PIPELINE PRODUCTION GAS IN MADURA STRAIT

Muhammad Fadhilah Syahran
NRP. 04311540000046

Supervisors :
Ir. Imam Rochani, M.Sc.
Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T. ,M.T.

Department of Ocean Engineering
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2019

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS STABILITAS *SUBSEA PIPELINE* AKIBAT *FREE SPAN* DAN *VORTEX INDUCED VIBRATION*: STUDI KASUS *PRODUCTION GAS PIPELINE* DI SELAT MADURA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

MUHAMMAD FADHILAH SYAHRAN NRP. 04311540000046

Disetujui Oleh:

1. Ir. Imam Rochani, M.Sc (Pembimbing 1)

....

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

2. Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T. (Pembimbing 2)

....

3. Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D (Penguji 1)

....

4. Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc. (Penguji 2)

....

ANALISIS STABILITAS PADA *SUBSEA PIPELINE* AKIBAT *FREE SPAN* DAN *VORTEX INDUCED VIBRATION*: STUDI KASUS *PRODUCTION GAS PIPELINE* DI SELAT MADURA

Nama Mahasiswa : Muhammad Fadhilah Syahran

NRP : 04311540000046

Departemen : Teknik Kelautan

Dosen Pembimbing : Ir. Imam Rochani M.Sc.

Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T. ,M.T.

ABSTRAK

Pipeline adalah teknologi yang banyak digunakan untuk distribusi minyak dan gas. Seiring waktu, teknologi pipeline tidak hanya di darat, tetapi juga di lepas pantai. Dalam pengoperasiannya, banyak permasalahan-permasalahan yang dihadapi sehingga dapat menyebabkan kegagalan pada pipeline. Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada pipeline yang dapat mengakibatkan kegagalan adalah free span. *Free span* diakibatkan oleh kontur dasar laut yang tidak teratur, sehingga menyebabkan pipa terbentang bebas diantara dua tumpuan. Dengan adanya bentangan bebas dan beban lingkungan yang bekerja disekitar pipeline, maka akan timbul VIV (*vortex induced vibration*) di sekitar pipeline. Maka dari itu, diperlukan analisis free span static dan dinamik beserta tegangan kombinasinya dengan mengacu pada kode standar DNV RP F105, DNV OS F101 dan ASME B31.8. Pada studi kasus ini, terdapat 31 titik span yang perlu dianalisis. Dari hasil analisis dinamik, terdapat 15 titik span yang perlu penambahan *support* dikarenakan tidak memenuhi kriteria yang disyaratkan DNV RP F105. Sementara untuk tegangan kombinasi, tegangan paling besar yang terjadi adalah pada span dengan panjang 49.9 m dengan nilai tegangan kombinasinya adalah 177.93 MPa, dimana nilai tersebut masih dibawah batas maksimum tegangan ijin yaitu 405 MPa, sehingga pipeline masih dalam batas aman.

Kata kunci: *Subsea Pipelime, Free span, Vortex Induced Vibration,* analisa tegangan, *combined stress.*

SUBSEA PIPELINE STABILITY ANALYSIS DUE TO FREE SPAN AND VORTEX INDUCED VIBRATION: CASE STUDY OF PIPELINE PRODUCTION GAS IN MADURA STRAIT

Name : Muhammad Fadhilah Syahran
NRP : 04311540000046
Department : Teknik Kelautan
Supervisors : Ir. Imam Rochani M.Sc.
Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T. ,M.T.

ABSTRACT

Pipeline is a technology that is widely used for oil and gas distribution. Over time, pipeline technology is not only on land, but also offshore. In its operation, many problems are encountered so that it can cause failure in the pipeline. One problem that often occurs in the pipeline that can cause failure is free span. Free span is caused by irregular contours of the seabed, causing the pipe to stretch freely between the two supports. With the free stretch and environmental load acting around the pipeline, VIV (vortex induced vibration) will occur around the pipeline. Therefore, analysis of free span static and dynamic and combined stress is required by referring to the standard code DNV RP F105, DNV OS F101 and ASME B31.8. In this case study, there are 31 span points that need to be analyzed. From the results of the dynamic analysis, there are 15 span points that need additional support because they do not meet the required criteria from DNV RP F105. While for the combined stress, the greatest stress that occurs is at a span of 49.9 m with a combined stress value of 177.93 MPa, where the value is still below the allowable stress of 405 MPa, so the pipeline is still within safe limits.

Keyword: *Subsea Pipelime, Free span, Vortex Induced Vibration,* analisa tegangan, *combined stress.*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan atas kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan karunia serta rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Analisis Stabilitas pada *Subsea Pipeline* akibat *Free Span* dan *Vortex Induced Vibration*: Studi Kasus *Produciton Gas Pipeline* di Selat Madura" dengan sebaik-baiknya.

Tugas akhir ini disusun agar memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Pada tugas akhir ini menganalisis tentang kestabilan *subsea pipeline* yang mengalami *free span*. Analisis yang dilakukan meliputi analisis stabilitas *on-bottom*, analisis dinamik dan static pada *free span*, dan tegangan kombinasi.

Penulis sudah berusaha sebaik mungkin dalam melakukan pengerjaan tugas akhir ini, namun penulis juga menyadari masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi karya yang lebih baik di masa mendatang. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat kepada penulis dan kepada semua pembaca.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Surabaya, 18 Maret 2019

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dan menyemangati saya selama pengerjaan Tugas Akhir yaitu:

1. Allah SWT atas semua rahmat, ridha dan pertolongan-Nya sehingga tugas akhir ini dapat selesai dengan sebaik-baiknya;
2. Kedua orang tua Penulis yaitu M.Kamil S Abubakar Ph.D dan Eldina Akbar SH, serta kepada kakak penulis yaitu Nadira Zatina yang selalu tiada lelah dalam memberikan dukungan doa, moral maupun moril selama pengerjaan tugas akhir ini.
3. Ir. Imam Rochani, M.Sc selaku dosen pembimbing I dan Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T. ,M.T. selaku dosen pembimbing II, yang selalu meluangkan waktu memberikan bimbingan, ilmu, pengetahuan, nasehat dan sarannya selama pengerjaan tugas akhir ini.
4. Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D.sebagai dosen wali Penulis selama 4 tahun yang selalu mendukung segala keputusan yang diambil oleh penulis.
5. Raisya dan Cindy yang selalu menemani, memberikan semangat motivasi, memberikan bantuan, dan selalu mendengar keluh kesah penulis sehingga penulis selalu kembali semangat dan ceria dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Kepada teman-teman RA yaitu Fadel, Bagas, Arifin, Arief, Kenan, Ocha, Ari, Hamami, Budhi, Farras yang selalu menjadi teman dan memberikan pengetahuan tambahan dalam pengerjaan tugas akhir.
7. Teman-teman kontrakan Ade, Bahar, Ari, dan Farras yang sudah menjadi teman satu rumah selama 3 tahun, yang telah memberikan ilmu maupun informasi dari berbagai sudut pandang, dan juga selalu memberikan keceriaan selama masa perkuliahan.
8. Teman-teman bimbingan Tugas Akhir Pipeline yang selalu saling memberi support dan membagi ilmu, informasi dan pengalaman selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Ketua Departemen, Sekretaris Departmen, seluruh dosen dan staff pengajar Departemen Teknik Kelauan yang telah memberikan bekal ilmu selama menjalani masa perkuliahan

10. Keluarga Tritonous (Angkatan 2015) yang selalu memberi dukungan, membantu dan memberi semangat selama masa perkuliahan.
11. Semua pihak terkait yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas pengalamannya sehingga masa perkuliahan penulis penuh cerita.

Penulis memohon kepada Allah SWT untuk membalas semua kebaikan mereka yang telah membantu Penulis selama menjalakan rangkaian proses perkuliahan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

Surabaya, 18 Maret 2019

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR NOTASI

$S_{\eta\eta}(\omega)$	= Spektrum JONSWAP	
α	= Konstanta *Generalized Phillips*	
g	= Percepatan gravitasi	(m/s^2)
ω	= Frekuensi gelombang	(rad/s)
ω_p	= Frekuensi puncak gelombang	(rad/s)
γ	= Parameter ketinggian	
σ	= Parameter lebar spektra	
U_w	= Kecepatan arus akibat gelombang normal terhadap pipa	(m/s)
U_c	= Kecepatan arus steady normal tegak lurus terhadap pipa	(m/s)
D	= Diameter luar pipa	(m)
ID	= Diameter dalam pipa	(m)
t_{coat}	= Tebal coating	(m)
$t_{concrete}$	= Tebal concrete	(m)
T	=Ketebalan pipa	(m)
A_{pipa}	=Luas penaMPang melintang pipa	(m^2)
A_i	= Luas penaMPang bagian dalam pipa (*internal cross section*)	(m^2)
I_{conc}	=Momen inersia lapisan beton	(m^4)
I_{steel}	=Momen iniersia pipa baja	(m^4)
E_{conc}	=Modulus elastisitas lapisan beton	(N/m^2)
E_{steel}	=Modulus elastisitas pipa baja	(N/m^2)
L_{eff}	=Panjang span efektif	(m)
m_p	=Massa pipa termasuk *coating* per satuan panjang	(kg/m)
m_k	=Massa fluida dalam pipa per satuan panjang	(kg/m)
m_a	=Massa yang di tambahkan per satuan panjang	(kg/m)
$M_{struktur}$	=Massa total struktur pipa	(kg/m)
$M_{concrete}$	=Parameter kekasaran *seabed*	(kg/m)

m_e	=Massa efektif pipa per satuan panjang	(kg/m)
P	=Massa jenis fluida	(kg/m^3)
C_a	=Koefisien massa yang ditambahkan	(m/s)
K_s	=*Stability parameter*	
C	=Koefisien kondisi batas	
CSF	=C*oncrete stiffness enhancement factor*	
S_{eff}	=Gaya aksial efektif per satuan panjang	(N/m)
P_{cr}	=Critical Buckling Load	(N/m)
Δ	=Defleksi statis	(m)
Q	=Beban berupa berat terendam pipa atau gaya hidrodinamis	(N/m)
V_R	=R*educed velocity*	
KC	=Bilangan *Keulegan Carpenter*	

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

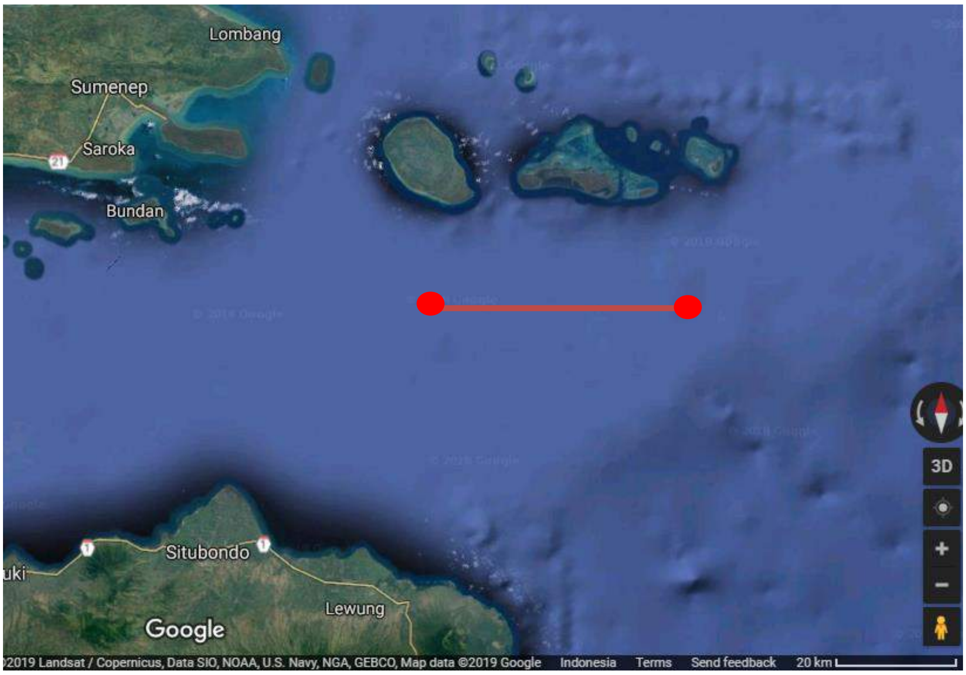
Minyak dan gas alam merupakan sumber utama energi kita saat ini dan sudah menjadi kebutuhan pokok yang tak bisa dihindarkan. Diikuti dengan berkembang pesatnya populasi di dunia, kebutuhan akan minyak dan gas alam pun semakin meningkat. Dengan naiknya permintaan akan kebutuhan minyak dan gas alam, industry-industri yang bergerak di bidang minyak dan gas alam semakin berlomba-lomba menciptakan inovasi agar dapat memenuhi kebutuhan energy di dunia. Perkembangan industry ini dapat dilihat dari beberapa decade yang lalu. Pada saat itu, untuk mendapatkan minyak dan gas alam cenderung banyak dilakukan di darat (*onshore*) dan sangat sedikit yang melakukan pencaharian di laut (*Offshore).* Namun dengan berjalannya waktu, pencarian minyak dan gas alam telah banyak dilakukan di laut, bahkan di laut yang dalam dengan cuaca yang ekstrim. Ini menandakan bahwa industry minyak dan gas alam selalu berinovasi untuk memenuhi kebutuhan di dunia.

Minyak bumi dan gas alam adalah sumber daya alam yang bernilai ekonomis dan memberikan kontribusi yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Proses pendistribusian minyak dan gas alam di Indonesia haruslah efisien dan mudah, mengingat kebutuhan gas alam dan minyak yang sangat tinggi.

Salah satu teknologi untuk medistribusikan minyak dan gas yang popular saat ini adalah teknologi *Pipeline*. Teknologi *Pipeline* adalah suatu rekayasa teknik tentang sebuah struktur pipa yang sering digunakan sebagai system perdistribusian minyak dan gas. Teknologi ini lebih banyak digunakan di industry minyak dan gas karena lebih efisien dalam pendistribusiannya dibanding dengan teknologi yang lain. Lalu, *pipeline* terus berkembang hingga kita mengenal *subsea pipeline*. *Subsea pipeline* banyak digunakan pada lapangan minyak atau gas yang berada di laut. *Subsea pipeline* biasanya digunakan untuk mendistribusikan minyak atau gas dari *production platform* menuju fasilitas *storage* atau menuju ke darat (Chakrabarti, 2005).

Di Indonesia sendiri, *subsea pipeline* telah banyak digunakan untuk mendukung produksi di sektor minyak dan gas. PT. XYZ adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang minyak dan gas. PT. XYZ memiliki lapangan gas yang terletak di lepas pantai Selat Madura, Jawa Timur (Lihat Gambar 1.1). Dalam proses produksinya, gas yang diproduksi dari sumur akan di distribusikan menuju ke Floating Production Unit (FPU) yang nantinya akan dilanjutkan pendistribusiannya dari FPU tersebut ke *East Java Gas Pipeline* (EJGP) menuju konsumen masing-masing. Dalam penyalurannya dari sumur menuju FPU, PT. XYZ menggunakan *subsea pipeline* diameter 20in dengan panjang 27.12 Km. Namun dalam pengoperasiannya di dasar laut, gaya arus dan gelombang yang bekerja dapat membuat pipeline mengapung dan mengalami pergerakan secara lateral. Selain itu, keadaan topografi dasar laut tidaklah konstan dan tidaklah sama rata. Pada saat pipeline kehilangan kontak dengan *seabed*, maka dapat dikategorikan pipa tersebut mengalami *freespan* (Guo *et.al* 2005). Dari hasil survey yang dilakukan, pipeline milik PT.XYZ mengalami *freespan* pada 34 titik yang berbeda di sepanjang 27 km dengan panjang *freespan* terpanjang yang dialami adalah 49.9 m.

Pada pipeline yang mengalami *free span*, gaya hidrodinamis dari arus dan gelombang dapat menimbulkan VIV (*vortex induced vibration*) pada pipeline apabila nilai dari frekuensi vortex shedding dari aliran yang bekerja pada pipeline sama atau lebih besar 0.7 kali dari frekuensi natural pipeline, dimana artinya terjadi resonansi pada pipeline (Guo *et al*, 2005). Apabila VIV terjadi pada pipeline, maka dapat menyebabkan stabilitas dari pipeline terganggu, bahkan pada kasus terburuknya pipeline dapat mengalami kegagalan. Untuk menghindari hal itu, maka diperlukan bangunan penopang pada titik *freespan* yang dianggap kritis agar stabilitas pipeline tetap terjaga. Selain itu, *buckle arrestor* perlu ditambahkan pula apabila tekanan yang bekerja pada pipa melebihi kekuatan material pipa. Maka dari itu, diperlukan analisis lebih lanjut berupa analisis dinamis maupun analisis kriteria ultimate limit state berdasarkan DNV RP F105 dan DNV OS F101 pada pipeline milik PT.XYZ ini.



Gambar 1.1 Lokasi Pipeline PT.XYZ

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, maka permasalahan ysang akan dibahas adalah :

1. Bagaimana stabilitas *on-bottom* vertikal dan absolut lateral dari pipa ketika terkena gaya hidrodinamis ?
2. Apakah stabilitas pipeline yang mengalami *free span* telah sesuai dengan kriteria analisis dinamis dan *Ultimate limit state* ?
3. Apakah tegangan pipeline yang mengalami *free span* telah memenuhi kriteria tegangan kombinasi ?

1.3. Tujuan

Dari perumusan masalah diatas, dapat diambil tujuan yang ingin dicapai yaitu:

1. Mengetahui stabilitas vertical dan stabilitas absolute lateral dari pipa
2. Mengetahui apakah stabilitas pipeline yang mengalami *free span* telah sesuai dengan kriteria analisis dinamik dan *ultimate limit state*.
3. Mengetahui apakah tegangan pipeline telah memenuhi kriteria tegangan kombinasi

1.4. Manfaat

Manfaat dari studi ini diharapkan dapat mengetahui stabilitas vertical dan lateral dari pipa. Selain itu dikarenakan kontur tanah yang curam dialami pipa, maka diharapkan dapat mengetahui stabilitas pipa yang mengalami *free span* sesuai dengan kriteria static maupun kriteria dinamis *span*, sehingga dapat mengetahui apakah pipa tersebut membutuhkan *support* atau tidak. Selain itu, dari penelitian ini juga diharapkan dapat mengetahui apakah tegangan pada pipa telah memenuhi kriteria tegangan kombinasi.

1.5.Batasan Masalah

Agar lebih memudahkan analisa dan dapat dicapai tujuan yang dihararapkan, maka perlu diberikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Data desain dan operasional dari *pipeline* milik PT.XYZ di Selat Madura.
2. Data metocean dan data tanah pada lokasi dimana *pipeline* beroperasi.
3. Arah datang arus laut tegak lurus dengan *pipeline* serta sifat alirannya *steady*.
4. Kondisi pipa yang digunakan dalam analisa adalah pipa dalam kondisi operasi dan sifat aliran yang mengalir didalamnya adalah *steady*.
5. Kode dan standar yang digunakan dalam analisa adalah DNV RP F109, DNV GL RP F105, DNV GL ST F101 dan ASME B31.8.
6. *Scouring, residual tension, marine growth,* dan tegangan torsi diabaikan.
7. Tumpuan pada *free span* di asumsikan pinned-pinned.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang dilakukan ini akan dilaksanakan dengan memanfaatkan berbagai hasil penelitian dan pengalaman dalam bidang yang sama pada waktu yang lalu. Pengalaman penelitian tersebut pada khususnya adalah mengenai analisa pada *pipeline* yang diakibatkan oleh *free span*. Seperti penelitian yang membahas tentang analisis panjang *allowable free span* pada pipeline yang dilakukan Valipour (2007).

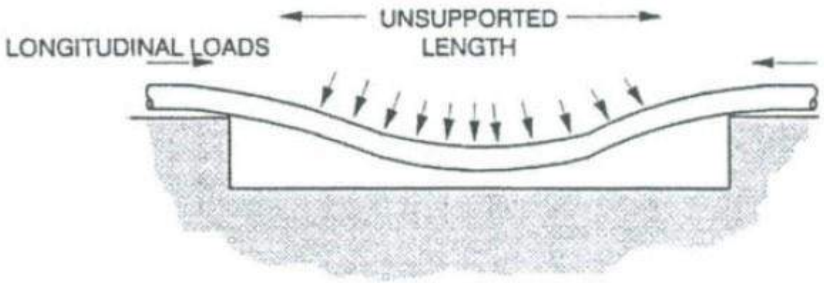
Free span juga menyebabkan timbulnya *vortex induced vibration* (VIV) di sekitar pipa. Dalam hal ini, mengacu pada Arif (2010) yang melakukan penelitian tentang analisa *free span* akibat *scouring*. Lalu acuan lain yang digunakan pada penelitian ini adalah analisa yang dilakukan oleh Putra (2011). Dalam penelitiannya, Putra membahas tentang pengaruh VIV pada *free span* pipa.

Akibat adanya VIV yang bekerja pada pipa, maka pipa akan mengalami defleksi. Defleksi ini akan menyebabkan osilasi yang akan memberikan ketidakstabilan dan tegangan berlebih pada pipa. Dalam hal ini, acuan yang dipakai adalah penelitian yang dilakukan oleh Pratomo (2015). Pratomo melakukan analisa tentang stabilitas pada *pipeline* akibat *free span.* Pada penelitian yang dilakukan Pratomo , tumpuan pada *free span* diumpamakan fixed-fixed.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengertian *Freespan*

Salah satu permasalahan yang umum pada pemasangan pipa bawah laut adalah *Free Span. Free span* atau yang disebut juga bentangan bebas adalah kondisi dimana ketidakrataan seabed membuat pipa bertumpu hanya pada 2 tumpuan dan pipa menggantung. *Free span* pipa juga dapat terjadi karna persiMPangan (*crossing*) pipa. Dan mengakibatkan kelebihan tegangan, stress yang berulang dapat berefek kegagalan atau kelelahan. Beban yang terjadi pada pipa diakibatkan oleh gaya pipa itu sendiri, gaya dinamik dari beban lingkungan (gelombang, arus laut).



Gambar 2.1 Freespan (Guo, 2005)

2.2.2. Beban Lingkungan

2.2.2.1. Kombinasi beban lingkungan

Kondisi beban harus merefleksikan kemungkinan respon paling ekstrim yang terjadi pada pipa selama periode desain. Kondisi beban yang di perlukan dalam perhitungan *on bottom stability* ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2 1. Kondisi beban lingkungan (DNV RP F109, 2010)

Description	Load condition
Installation	
Wave Dominant	Combined 10year wave and 1 year current loading
Current Dominant	Combined 1 year wave and 10 year current loading
Operation	
Wave Dominant	Combined 100 year wave and 10year current loading
Current Dominant	Combined 10 year wave and 100 year current loading

2.2.2.2. Beban gelombang

Menurut Djatmiko (2012), gelombang laut mempunyai pola acak dalam elevasi dan propagasinya, yang tidak akan berulang urutan kejadiannya terutama di lokasi yang sama. Dengan demikian teori gelombang reguler tidak dapat dipakai secara langsung dalam menjelaskan gelombang acak.

Gelombang yang mengakibatkan kondisi aliran berosilasi dapat dihitung dengan menggunakan teori numerik atau analisi gelombang. Teori gelombang harus dapat mendeskripsikan kondisi di lokasi pipa. Untuk kasus yang praktis, teori gelombang linear dapat diterapkan. Kondisi laut yang acak, stasioner, dan kurun waktu pendek dapat digunakan dengan spektrum gelombang. Spektrum gelombang yang sering digunakan adalah JONSWAP.

2.2.2.2.1. Spektra JONSWAP

Jonswap adalah singkatan dari Joint North Sea Wave Project yaitu proyek yang dilakukan secara bersama sama oleh sejumlah negara untuk melakukan penelitian tentang gelombang di laut atau perairan utara (Djatmiko,2012). Persamaan spektra JONSWAP diberikan sebagai berikut:

$$S_{\eta\eta}(\omega) = \alpha . g^2 . \omega^{-5} exp\left(-\frac{5}{4}\left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)^{-4}\right)\gamma^{exp\left(-0.5\left(\frac{\omega-\omega p}{\sigma.\omega p}\right)^2\right)} \qquad (2.1)$$

1. Konstanta *Generalized Phillips* diberikan sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{5}{16}\frac{H_S^2 \omega_p^4}{g^2}(1 - 0.287 \ \ln \gamma) \qquad (2.2)$$

2. Parameter lebar spektra:

$$\sigma = 0.07 \quad if\ \omega \ \leq \omega_p \qquad (2.3)$$
$$\sigma = 0.09 \quad else$$

3. *Peak enhancement factor*

$$\gamma = \begin{cases} 5.0 & \varphi \leq 3.6 \\ \exp(5.75 - 1.15\varphi) & 3.6 < \varphi < 5.0; \quad \varphi = \frac{T_p}{\sqrt{H_s}} \\ 1.0 & \varphi \geq 5.0 \end{cases} \qquad (2.4)$$

Keterangan :

$S_{\eta\eta}(\omega)$ = Spektrum JONSWAP

α = Konstanta *Generalized Phillips*

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

ω = Frekuensi gelombang (rad/s)

ωp = Frekuensi puncak gelombang (rad/s)

γ = Parameter ketinggian

σ = Parameter lebar spektra

2.2.2.2.2. Transformasi spectra gelombang

Wave induced velocity pada pipa dasar laut $S_{\eta\eta}(\omega)$ ditentukan dengan transformasi spektra gelombang pada permukaan menggunakan teori gelombang orde 1:

$$S_{UU}(\omega) = G^2(\omega)\, S_{\eta\eta}(\omega) \tag{2.5}$$

$G^2(\omega)$ merupakan fungsi transformasi frekuensi dari elevasi gelombang menjadi kecepatan arus karena gelombang pada level pipa di dasar laut, diberikan sebagai berikut:

$$G(\omega) = \frac{\omega}{\sinh(k\, d)} \tag{2.6}$$

Dimana d adalah kedalaman laut dan k adalah angka gelombang yang ditentukan dengan iterasi persamaan *transcendental* yaitu:

$$\frac{\omega^2}{g} = k \tanh(k\, d) \tag{2.7}$$

Momen spektra pada orde ke – n diberikan sebagai berikut:

$$M_n = \int_0^{\infty} \omega^n\, S_{UU}(\omega)\, d\omega \tag{2.8}$$

Kecepatan aliran gelombang signifikan pada pipa diberikan pada persamaan berikut:

$$U_s = 2\sqrt{M_0} \tag{2.9}$$

Mean zero up-crossing period dari osilasi aliran pada pipa adalah:

$$T_u = 2\pi \sqrt{\frac{M_0}{M_2}} \tag{2.10}$$

Pengaruh dari arah gelombang dan sebaran gelombang akan membentuk *reduction factor* dalam kecepatan signifikan aliran. Kecepatan normal untuk pipa dan pengaruh dari sebaran gelombang adalah sebagai berikut:

$$U_w = R_D\, U_{w\theta} \tag{2.11}$$

Setelah mendapatkan beberapa factor dari transformasi gelombang permukaan menjadi partikel gelombang, akan dilanjutkan untuk mencari beberapa nilai, seperti gaya arah vertical, horizontal, maupun kecepatan arus pada ketinggian tertentu, dirumuskan:

$$U* = Us\ x\ \frac{1}{2}\ x\ (\sqrt{2.In\tau} + \frac{0.5772}{\sqrt{2.In\tau}}) \tag{2.12}$$

$$\tau = \frac{Tstorm}{Tu} \tag{2.13}$$

$k_T = \frac{T*}{Tu} = k_t - 5.\ (k_t - 1).\ T_n / T_u$ untuk $T_n / T_u \leq 0{,}2$

$= 1$ untuk $T_n / T_u > 0{,}2$

Keterangan :

U* = Kecepatan partikel gelombang akibat transformasi (m/s)

τ = Angka osilasi pada desain spektra

$T*$ = Periode untuk desain osilasi (s)

Kt = Rasio antara periode gelombang ekstrim dengan periode gelombang rata-rata zero-up

Untuk menghitung reduction factor dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$R_D = \sqrt{\int_{-\pi/2}^{\pi/2} D_w \theta \, d\theta} \tag{2.14}$$

Beban hidrodinamika dapat ter reduksi dikarenakan:

- Dasar laut yang *permeable*
- Pipa yang ter penetrasi ke dasar laut
- Trenching

Maka total beban yang ter reduksi adalah:

$$r_{tot,i} = r_{perm,i} \cdot r_{pen,i} \cdot r_{tr,i} \tag{2.15}$$

2.2.2.3. Kecepatan Arus

Aliran stabil pada pipa dapat memiliki komponen dari arus pasang, arus yang disebabkan oleh angin, *storm surge* yang dipicu oleh arus dan densitas yang di picu oleh arus. Kecepatan arus dapat di reduksi untuk memperhitungkan efek dari *bottom boundary layer* dan arahnya:

$$V(z) = V(z_r)\frac{\ln(z+z_0)-\ln z_0}{\ln(z_r+z_0)-ln z_0} sin\theta_c \tag{2.16}$$

Tabel 2.2 Seabed roughness (DNV RP F109, 2010)

Seabed	*Grain size d_{50} [mm]*	*Roughness z_0 [m]*
Silt and clay	0.0625	$\approx 5\cdot10^{-6}$
Fine sand	0.25	$\approx 1\cdot10^{-5}$
Medium sand	0.5	$\approx 4\cdot10^{-5}$
Coarse sand	1.0	$\approx 1\cdot10^{-4}$
Gravel	4.0	$\approx 3\cdot10^{-4}$
Pebble	25	$\approx 2\cdot10^{-3}$
Cobble	125	$\approx 1\cdot10^{-2}$
Boulder	500	$\approx 4\cdot10^{-2}$

2.2.3. Stabilitas Vertikal dan Stabilitas Absolut Lateral

Untuk menghindari pipa mengapung di air, maka berat pipa yang terendam harus memenuhi kriteria stabilitas vertical sesuai DNV RP F109 dengan persamaan berikut:

$$\gamma_W \frac{b}{b+w_s} \leq 1 \tag{2.17}$$

Dimana:

γ_W = Safety factor = 1,1

B = *Bouyancy* pipa

W_S = Berat pipa terendam

Metode Absolute Stability memberikan syarat absolut statis untuk perpindahan lateral pipa didasar laut berdasarkan penyamaan gaya yang memastikan gaya tahanan pipa mencukupi untuk bertahan terhadap beban hidrodinamis maksimum. Desain kriteria untuk metode *absolute stability* adalah:

$$\gamma_{SC} \frac{F_y^* + \mu F_Z^*}{\mu w_s + F_R} \leq 1.0 \tag{2.18}$$

Dan

$$\gamma_{SC} \frac{F_Z^*}{w_s} \leq 1.0 \tag{2.19}$$

Dimana:

γ_{SC} = *safety factor*

F_y^* = Beban hidrodinamis horizontal (gaya *drag* dan *inertia*)

μ = Koefisien friksi

F_z^* = Beban hidrodinamis vertikal (gaya angkat)

w_s = Berat terendam pipa

Beban horizontal dan vertikal maksimal diperoleh dengan persamaan berikut:

$$F_y^* = r_{tot,y}.\frac{1}{2}\rho_w.D.C_y^*(U^* + V^*)^2 \quad (2.20)$$

$$F_z^* = r_{tot,z}.\frac{1}{2}\rho_w.D.C_z^*(U^* + V^*)^2 \quad (2.21)$$

Dimana:

$r_{tot,y}$ = reduksi beban horizontal

$r_{tot,z}$ = reduksi beban vertikal

ρ_w = densitas air

D = diameter pipa

C_y^* = koefisien beban horizontal

C_z^* = koefisien beban vertikal

Koefisien C_y^* dan C_z^* terdapat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Koefisien beban vertikal (DNV RP F109, 2010)

CZ*		K*										
		2.5	5	10	20	30	40	50	60	70	100	≥140
M*	0.0	5.00	5.00	4.85	3.21	2.55	2.26	2.01	1.81	1.63	1.26	1.05
	0.1	3.87	4.08	4.23	2.87	2.15	1.77	1.55	1.41	1.31	1.11	0.97
	0.2	3.16	3.45	3.74	2.60	1.86	1.45	1.26	1.16	1.09	1.00	0.90
	0.3	3.01	3.25	3.53	2.14	1.52	1.26	1.10	1.01	0.99	0.95	0.90
	0.4	2.87	3.08	3.35	1.82	1.29	1.11	0.98	0.90	0.90	0.90	0.90
	0.6	2.21	2.36	2.59	1.59	1.20	1.03	0.92	0.90	0.90	0.90	0.90
	0.8	1.53	1.61	1.80	1.18	1.05	0.97	0.92	0.90	0.90	0.90	0.90
	1.0	1.05	1.13	1.28	1.12	0.99	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	2.0	0.96	1.03	1.05	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	5.0	0.91	0.92	0.93	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	10	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

Tabel 2.4 Koefisien beban Horizontal (DNV RP F109, 2010)

CY*		K*										
		2.5	5	10	20	30	40	50	60	70	100	≥140
M*	0.0	13.0	6.80	4.55	3.33	2.72	2.40	2.15	1.95	1.80	1.52	1.30
	0.1	10.7	5.76	3.72	2.72	2.20	1.90	1.71	1.58	1.49	1.33	1.22
	0.2	9.02	5.00	3.15	2.30	1.85	1.58	1.42	1.33	1.27	1.18	1.14
	0.3	7.64	4.32	2.79	2.01	1.63	1.44	1.33	1.26	1.21	1.14	1.09
	0.4	6.63	3.80	2.51	1.78	1.46	1.32	1.25	1.19	1.16	1.10	1.05
	0.6	5.07	3.30	2.27	1.71	1.43	1.34	1.29	1.24	1.18	1.08	1.00
	0.8	4.01	2.70	2.01	1.57	1.44	1.37	1.31	1.24	1.17	1.05	1.00
	1.0	3.25	2.30	1.75	1.49	1.40	1.34	1.27	1.20	1.13	1.01	1.00
	2.0	1.52	1.50	1.45	1.39	1.34	1.20	1.08	1.03	1.00	1.00	1.00
	5.0	1.11	1.10	1.07	1.06	1.04	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

2.2.4. VIV (*Vortex induced vibration*)

Vortex adalah suatu aliran partikel fluida yang berotasi pada aliran rotasinya terhadap titik pusatnya. Pelepasan vorteksnya adalah *vortex shedding*. Kejadian *vortex induced vibrations* muncul karena adanya resonansi pada struktur. Resonansi dapat terjadi karena nilai dari frekuensi natural struktur sama atau mendekati frekuensi *vortex shedding*. Apabila aliran melewati struktur pipa bawah laut, maka aliran yang terbentuk setelah melewati pipa tidak stabil. Akibatnya , pipa yang dilalui oleh aliran fluida terdistribusi tekanan yang menyebabkan pipa berosilasi.

Osilasi yang terjadi pada pipa dibagi menjadi 2 tipe , yaitu osilasi *inline* dan *crossflow*. Menurut DNV RP F105 , osilasi dapat terjadi jika nilai *vortex shedding* lebih besar dari nilai 0.7 frekuensi natural pipa. Kegagalan struktur dapat dicegah dengan menjauhkan nilai frekuensi *vortex shedding* dengan frekuensi alami struktur.

Nilai frekuensi *vortex shedding* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$fs = \frac{S.Uc}{D} \tag{2.22}$$

Dimana :

Fs = Frekuensi *vortex shedding*

S = Strouhal Number

Uc = Kecepatan Arus (m/s)

D = Diameter luar pipa

Dalam Mouselli (1981), nilai Strouhal Number dapat dicari melalui persamaan :

$$S = \frac{0.21}{Cd^{0.75}} \quad (2.23)$$

Dimana :

Cd = Koefisien drag

Namun pada analisis pipeline umumnya, nilai strouhal number adalah bernilai 0.2.

2.2.5. Parameter Kestabilan

Menurut Guo dkk. (2005), salah satu parameter penting dalam mengatur gerakan akibat *vortex* adalah *Stability parameter*. Parameter ini digunakan untuk menentukan respon maksimal akibat beban hidrodinamis, persamaannya adalah sebagai berikut :

$$Ks = \frac{4\pi\, m_e\, \zeta_T}{\rho\, D^2} \quad (2.24)$$

Dimana :

K_s = Parameter Stability

M_e = Massa efektif pipa (kg/m)

ζ_T = Damping ratio

ρ = density air laut (kg/m3)

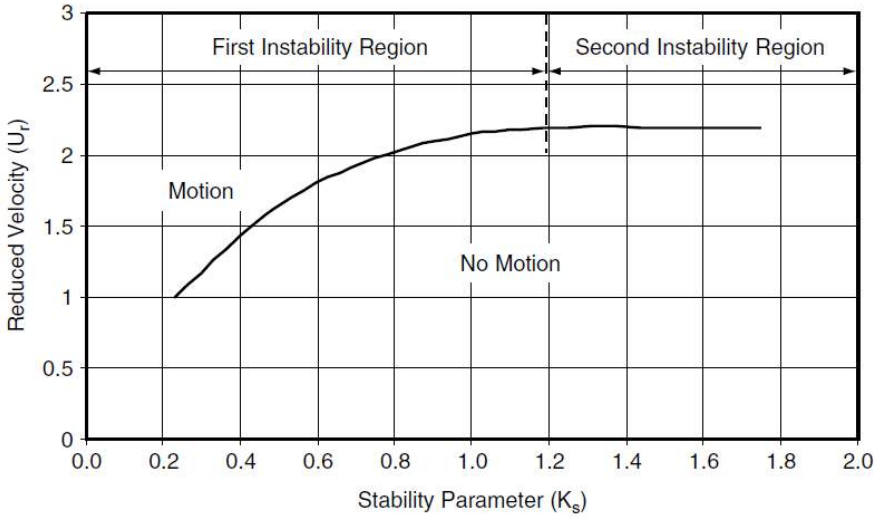
D = diameter luar pipa (m)

Getaran *inline* dan *crossflow* akan terjadi jika memenuhi syarat yang diterapkan oleh DNV RP F105 yaitu :

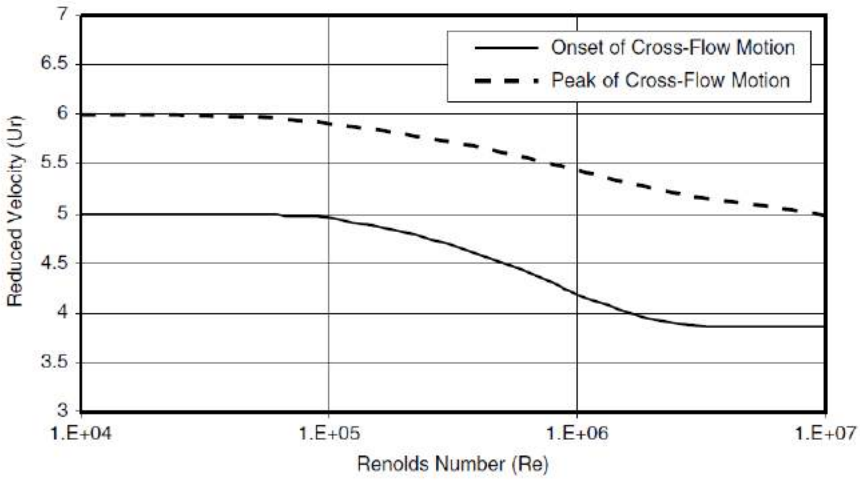
Inline : Ks < 12, 1.2 < Ur < 3.5

Crossflow : Ks < 16, 3.5 < Ur < 10

Untuk mendapatkan *reduced velocity* (Ur) pada *inline*, dapat menggunakan nilai *stability parameter* (Ks). Sementara untuk mendapatkan *reduced velocity* (Ur) pada *crossflow* , dapat menggunakan Reynolds Number (Re). Untuk mendapatkan nilainya , dapat menggunakan grafik berikut :



Gambar 2.2. *Reduced Velocity* untuk Osilasi *inline* (Guo, 2005)



Gambar 2.3. *Reduced Velocity* untuk Osilasi *crossflow* (Guo, 2005)

Pada grafik diatas, Reynolds Number merupakan parameter tidak berdimensi yang merasiokan antara gaya inersia dengan gaya *viscous*. Untuk mencari Reynold Number dapat di tuliskan sebagai berikut :

R e = $\frac{\text{Uc D}}{\text{v k}}$ (2.25)

dengan ,

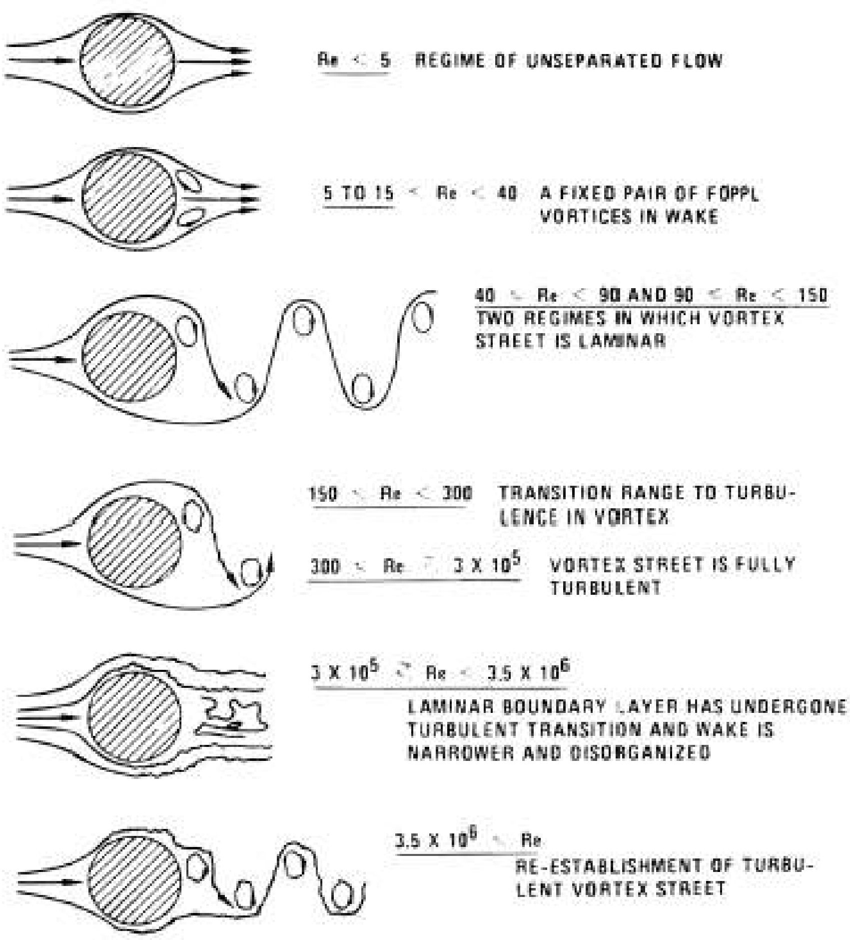
Re = bilangan Reynolds

vk = viskositas kinematis fluida untuk air laut ($1.2\ x\ 10^{-5}\ ft^2$)

D = diameter luar pipa (m)

Uc = kecepatan arus (m/ sec)

Selain itu, dari hasil perhitungan bilangan Reynolds dapat mempresentasikan aliran yang terjadi di belakang struktur *pipeline*. Bentuk aliran yang dihasilkan berbeda-beda, tergantung pada nilai Re yang didapat.



Gambar 2.4 Bentuk Aliran pada Struktur (Guo, 2005)

1. Untuk Re < 5 (daerah aliran tak terpisahkan)
2. 5 – 15 < Re < 40 (sepasang vortex dalam aliran gelombang)
3. 40 < Re < 90 dan 90 < Re < 150 (dua vortex dengan aliran turbulen)
4. 150 < Re < 300 (rentang terjadinya perubahan aliran menjadi turbulen), 300 < Re < 3 x 10^5 (aliran vortex sepenuhnya turbulen)
5. 3 x 10^5 < Re < 3.5 x 10^6 (terdapat sedikit aliran turbulen dan lamniner, serta aliran gelombang lebih sempit dan tidak teratur)
6. Re > 3.5 x 10^6 (pembentukan kembali aliran vortex turbulen)

2.2.6. Massa Efektif

Massa efektif pipa adalah total dari masa pipa termasuk coating, massa fluida dalam pipa dan massa air laut yang dipindahkan oleh pipa.

Menurut (Guo dkk, 2005), persamaan massa efektif pipa adalah .

$$M_e = M_{str} + M_c + M_A \tag{2.26}$$

Keterangan :

M_e = Massa efektif (kg/m)

M_{str} = Massa struktur (kg/m)

M_c = Massa Konten (kg/m)

M_A = Massa tambah (kg/m)

Pada masa struktur ini tidak hanya struktur pipa saja yang menjadi parameter, namun massa pipa, massa konkret, dan massa coating juga ikut diperhitungkan, sehingga Massa struktur menjadi :

$$M_{str} = \text{Massa Pipa} + \text{Massa Concrete} + \text{Massa Coating} \tag{2.27}$$

Untuk mendapatkan nilai dari masing-masing massa, dapat menggunakan persamaan berikut :

Massa Pipa $= \frac{\pi}{4} . [D^2 - (D - 2t)^2] . \rho_{pipa}$ (2.28)

Massa Concrete $= \frac{\pi}{4} . [(D + 2t_{cc})^2 - D^2] . \rho_{concrete}$ (2.29)

Massa Anti Korosi $= \frac{\pi}{4} . [(D + 2t_{cc} + 2t_{corr})^2 - (D + 2t_{cc})^2] . \rho_{corrosion}$ (2.30)

Massa Tambah $= \frac{\pi}{4} . D^2 . \rho . C_a$ (2.31)

Massa Fluida $= \frac{\pi}{4} . (D_i - 2t)^2 . \rho_f$ (2.32)

Keterangan :

C_a = Koefisien massa tambah

ρ = Massa jenis air laut (kg/m^3)

ρ_f = Massa jenis fluida dalam pipa (kg/m^3)

D = Diameter luar pipa (m)

D_i = Diameter dalam pipa (m)

Nilai dari C_a dapat ditentukan dengan perbandingan gap dan diameter (e/D) sesuai dengan persamaan berikut :

$C_a = 0.68 + \frac{1.6}{(1+5\left(\frac{e}{d}\right))}$ Untuk $e/D < 0.8$ (2.33)

$C_a = 1$ Untuk $e/D \geq 0.8$ (2.34)

2.2.7. Analisis Dinamik

Pipa yang terbentang bebas di dasar laut akan terkena gaya hidrodinamis dari arus maupun gelombang dan menimbulkan getaran. Getaran yang muncul menghasilkan frekuensi yang cukup besar. Getaran tersebut dapat terjadi karena adanya *vortex* atau biasa disebut *Vortex Induced Vibration*. Getaran pada pipa biasanya bergerak sejajar (*in* line) dengan arah aliran, namun juga bisa bergerak tegak lurus terhadap aliran (*crossflow*). Getaran ini dapat mengakibatkan berkurangnya umur pipa hingga keruntuhan pada struktur pipa.

Maka dari itu dalam hal ini, *in line* maupun *crossflow* haruslah di analisis untuk menentukan apakah pipa telah aman dari gerakan arah horizontal maupun vertical. Untuk mengetahui itu, diperlukan perhitungan frekuensi natural dari pipa dari arah *inline* maupun *crossflow* sebagai respon dinamiknya terhadap beban lingkungan dan operasi yang diterima. Frekuensi natural dapat dihitung berdasarkan persamaan sesuai DNV RP F105 berikut :

$$f_n = C_1 \text{ x } \sqrt{(1 + CSF)}\ x \sqrt{\frac{E_{pipa}\ x\ I_{pipa}}{M_{eff}\ x\ L_{eff}} \text{ x } ((1 + \frac{S_{eff}}{P_e}) + (C_3\ x \left(\frac{\delta}{D_{tot}}\right)^2))} \qquad (2.35)$$

dengan,

C_1 dan C_3 = Koefisien kondisi batas

CSF = Concrete stiffness enhancement factor

E_{pipa} = Modulus Young's untuk pipa (N/m$^{2)}$

I_{pipa} = Momen inersia pipa (m)

M_e = Massa efektif (kg/m)

L_{eff} = Panjang span efektif (m)

D = Diameter luar pipa (m)

S_{eff} = Gaya aksial efektif (N/m)

P_e = Beban Euler (N)

δ = Defleksi statis (m)

Untuk C1 – C6 merupakan koefisien kondisi batas yang dipengaruhi tipe tumpuan dalam span. Menurut DNV RP F105, koefisien kondisi batas ditentukan sebagai berikut :

Tabel 2.5 Koefisien Kondisi Batas (DNV RP F105, 2017)

	Pinned-Pinned 2)	Fixed-Fixed 3)	Single span on seabed
C_1	1.57	3.56	3.56
C_2	1.0	4.0	4.0
C_3	0.8 1)	0.2 1)	0.4 1)
C_4	4.93	14.1	Shoulder: $14.1(L/L_{eff})^2$ Mid-span: 8.6
C_5	1/8	1/12	Shoulder:4) $\frac{1}{18(L_{eff}/L)^2 - 6}$ Mid-span: 1/24
C_6	5/384	1/384	1/384

Concrete stiffness enhancement factor (CSF) menunjukkan kekakuan lapisan *concrete relative* terhadap kekakuan pipa baja. CSF dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$CSF = k_c \cdot \left(\frac{E.Iconc}{E.Isteel}\right)^{0.75} \tag{2.36}$$

Keterangan :

K_c = Konstanta empiris (0.33 untuk aspal dan 0.25 untuk PP/PE *coating*)

I = Momen Inersia Pipa (π/64 x ($D^4 - d^4$)

Beban euler adalah beban terkecil dimana keseimbangan netral masih dapat terjadi. Beban euler dapat diperoleh dari perhitungan dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{cr} = (1 + CSF) \times C_2 \times \pi^2 \times E.I/L_{eff}^2 \tag{2.37}$$

Dimana :

C_2 = Koefisien kondisi batas

CSF = *Concrete stiffness enhancement factor*

E = Modulus young untuk pipa (N/m^2)

I = Momen inersia pipa (m^4)

L_{eff} = Panjang span efektif (m)

Defleksi statis adalah lendutan yang terjadi pada suatu *freespan* pipa akibat beban static yang bekerja pada pipa, yaitu berat dari pipa itu sendiri (*self weight*) untuk *cross flow* dan gaya hidrodinamik total untuk *in line*. Defleksi statis dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\delta = C_6 \cdot \frac{q\ x\ L^4 eff}{E.I.(1+CSF)}\ \frac{1}{(1+\frac{Seff}{Pcr})} \quad (2.38)$$

Dimana :

δ = Defleksi statis (m)

C_6 = Koefisien kondisi batas

q = Beban berat terendam pipa untuk *crossflow* dan gaya hidrodinamis untuk *in line*

L_{eff} atau panjang span efektif merupakan panjang ideal span. Untuk kondisi batas fixed-fixed L_{eff} bernilai sama dengan L (panjang span actual).

Sementara untuk kondisi Pinned-pinned, Leff dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\frac{Leff}{L} = \begin{cases} \dfrac{4.73}{-0.066\beta^2+1.02\beta+0.63} & \beta \geq 2.7 \\ \dfrac{4.73}{0.036\beta^2+0.61\beta+1} & \beta \leq 2.7 \end{cases} \quad (2.39)$$

dimana,

$$\beta = \log_{10}\left(\frac{K\ x\ L^4}{(1+CSF)X\ E\ .I}\right) \quad (2.40)$$

Dimana,

K = Kekakuan tanah relevan

L = Panjang span actual (m)

Leff = Panjang span efektif (m)

Effective axial force (S_{eff}) adalah gaya yang bekerja sejajar pada poros baik berupa gaya tarik maupun gaya tekan. Untuk mendapatkan nilai tersebut, dapat menggunakan persamaan dibawah ini :

$$S_{eff} = N_{tr} - P_i + P_e \tag{2.42}$$

Dimana :

$$N_{tr} = N_i + N_o \tag{2.43}$$

$$N_i = E.A_i.\alpha_e.\Delta T - \frac{\nu.Pi.Di.Ai}{2.ti} \tag{2.44}$$

$$N_o = E.A_o.\alpha_e.\Delta T - \frac{\nu.Po.Do.Ao}{2.to} \tag{2.45}$$

Dimana :

N_{tr} = Gaya axial pada dinding pipa (N)

A_i = Luasan melintang pipa terdalam (m^2)

A_o = Luasan melintang pipa terluar (m^2)

A_s = Pipe steel cross section area (m^2)

ΔT = Temperature difference, (Temperature operasi – temperature di dasar laut) (^oC)

α_e = Temperature expansion coefficient (^oC)

2.2.7.1 Panjang Maksimum Span

Pipeline yang terbentang bebas atau mengalami *freespan* memiliki panjang maksimum yang diijinkan. Jika panjang dari bentangan bebas melebihi panjang maksimum yang diijinkan, maka akan terjadi osilasi dan Dampak lebih buruknya adalah dapat mengurangi umur dari pipeline. Untuk menghitung panjang maksimum span pada arah crossflow adalah :

$$L_c = \sqrt{\frac{C_e U_r D}{2\pi U_c}\sqrt{\frac{E\ I}{M_e}}} \tag{2.46}$$

Sementara untuk arah inline adalah :

$$L_c = \sqrt{\frac{C_e f_n}{2\pi}\sqrt{\frac{E\ I}{M_e}}} \tag{2.47}$$

Ce = Konstanta ujung span (9.87 untuk pinned-pinned)

2.2.7.2. Kriteria Screening

Setelah mendapatkan nilai frekuensi natural pada arah inline maupun arah crossflow, langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah melakukan screening hasil dari frekuensi natural pipa tersebut pada arah *inline* maupun *crossflow* sesuai dengan standar DNV RP F105. Apabila kriteria screening tidak terpenuhi, maka . Untuk natural frekuensi arah *inline* , nilainya harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

$$f_{n,IL} > \frac{U_{extreme}\ x\ \gamma IL}{VR{,}onset\ x\ D} \tag{2.48}$$

$$U_{extreme} = Uc_{,100year} + Uw_{,10year} \tag{2.49}$$

Dimana :

$f_{n,IL}$ = Frekuensi natural *in line*

γ_{IL} = Screening factor untuk *inline*

$U_{extreme}$ = Kecepatan arus ekstrim

$V_{R.onset}^{IL}$ = Nilai onset inline untuk *reduced velocity*

Dimana untuk nilai onset *in line* untuk *reduced velocity* ditentukan oleh persamaan berikut ini:

$$V_{R.onset}^{IL} = \begin{cases} \left(\frac{1}{\gamma_{on.IL}}\right) & \text{Untuk } K_{sd} < 0.4 \\ \left(\frac{0.6+K_{sd}}{\gamma_{on.IL}}\right) & \text{Untuk } 0.4 < K_{sd} \\ \left(\frac{2.2}{\gamma_{on.IL}}\right) & \text{Untuk } K_{sd} > 1.6 \end{cases} \tag{2.50}$$

Dimana :

$\gamma_{on.IL}$ = Safety factor pada onset *inline*

K_{sd} = Parameter stabilitas untuk perancangan (= K_s / γ_k)

γ_k = Safety factor pada parameter stabilitas

Untuk natural frekuensi arah *crossflow*, nilainya harus memenuhi kriteria berikut :

$$f_{n,CF} > \frac{U_{extreme}\ x\ \gamma CF}{2D} \tag{2.51}$$

Dimana :

$F_{n,\ CF}$ = Frekuensi alami *cross flow*

γCF = *Screening factor* untuk *cross flow*

Tabel 2.6 Screening factor (DNV RP F105, 2017)

γIL	1.4
γCF	1.4

Tabel 2.7 General safety factor (DNV RP F105, 2017)

Safety factor	Safety class		
	Low	Normal	High
H	1	0.5	0.25
γk	1	1.15	1.3
γs	1.3		
$\gamma_{on,\ IL}$	1.1		
$\gamma_{on,\ CF}$	1.2		

2.2.7.3 Mitigasi (penambahan support)

Ketika pipa terbentang bebas di dasar laut, gaya hidrodinamis dari arus dan gelombang yang mengenai bentangan pipa bisa saja menimbulkan *vortex shedding*. *Vortex shedding* dapat menyebabkan kegagalan pada struktur apabila frekuensinya mendekati frekuensi natural dari struktur. Maka mitigasi perlu dilakukan untuk menghindari kegagalan pada struktur pipa. Mitigasi yang umum dilakukan pada kasus *freespan* adalah berupa penambahan *support* buatan. Penambahan *support* ini dilakukan agar panjang span dapat berkurang sehingga stabilitas pipa yang terbentang bebas tetap terjaga dan getaran yang bisa berakibat buckling pada pipa juga dapat berkurang. *Support* buatan dapat ditempatkan pada titik span yang dianggap kritis setelah di analisa.

Dalam melakukan mitigasi, ada beberapa factor yang perlu diperhatikan dan harus dilakukan. Menurut DNV RP F105, factor yang harus diperhatikan dapat dilihat pada table dibawah :

Tabel 2.8 Faktor Melakukan Mitigasi pada Span Kritis

Faktor	Keterangan
$F_s > 0.7\ F_n$	Mitigasi perlu dilakukan apabila frekuensi *vortex shedding* lebih besar dari 0.7 kalinya frekuensi natural pipa sehingga osilasi terjadi.
$L > L_{max}$	Mitigasi perlu dilakukan apabila panjang span actual melebihi panjang span maksimum.
$S_{eff}/P_{cr} < -0.5$	Mitigasi perlu dilakukan apabila nilai gaya aksial efektif dibagi dengan nilai critical buckling pada arah inline maupun crossflow lebih kecil dari -0.5
$\delta/D > 2.5$	Apabila defleksi yang terjadi di arah *inline* dan *crossflow* dibagi dengan diameter luar pipa 2.5.
Gap pipa dengan tanah > 5D	Mitigasi perlu dilakukan apabila jarak pipa dengan tanah (Gap) melebihi 5 kali diameter luar pipa.

2.2.8. Kriteria Ultimate Limit State

Gaya axial, bending moment, dan tekanan dari dalam maupun luar pipa yang bekerja pada pipa dapat menyebabkan buckling. Maka dari itu, diperlukan analisis untuk memastikan pipeline memenuhi kriteria ultimate limit state yang disyaratkan DNV OS F101. Dalam kriteria ULS ini, da 4 kriteria moda kegagalan yang harus dipenuhi sesuai persyaratan DNV OS F101 agar pipa dapat dikatakan aman dari kegagalan buckling, yaitu :

a. Perhitungan tekanan pengaman

$$Pb = \min(P_{,b,s}, P_{,b,u}) \quad (2.52)$$

$$P_{,b,s} = \frac{2.t_1}{D-t_1} \cdot f_y \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \quad (2.53)$$

$$P_{,b,u} = \frac{2.t_1}{D-t_1} \cdot \frac{fu}{1.15} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \quad (2.54)$$

Dimana :

$P_{,b,s}$ = Yielding limit state

$P_{,b,u}$ = Bursting limit state

f_y = Characteristic specified minimum yield strength (SMYS)

f_u =Characteristic specified minimum tensile strength (SMTS)

D = Nilai diameter terluar (m)

t_1 = Ketebalan minimum, ($t_1 = t - t_{fab} - t_{corr}$)

t_{fab} = Nilai toleransi ketebalan fabrikasi

t_{corr} = Nilai ketebalan korosi

Perbedaan tekanan yang terjadi harus dianalisis dengan seksama agar meminimalisir terjadinya buckling. Untuk itu, perlu dilakukan control system tekanan dimana hal ini bertujuan untuk melindungi tekanan dari dalam pipa agar tidak melebihi nilai dari system pipa yang diijinkan. Tujuan dari perlindungan ini juga untuk melindungi system selama beroperasi dimana harga maksimum *incidental pressure* yang diijinkan sama dengan *incidental pressure* dikurang dengan toleransi kemanan tekanan system.

Maka dari itu, diketahuilah perbandingan rasio *incidental pressure* dan *design pressure* pada keadaan normal sebesar 1.1 yang merupakan nilai maksimum yang diijinkan. Sehingga kriteria untuk tekanan bursting adalah :

$$Pli - Pe \leq \frac{Pb}{\gamma m\,.\gamma sc,pc} \qquad (2.55)$$

Sementara itu, untuk mendapatkan nilai *local incidental pressure* dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{li} = P_{inc} + \rho_{cont}\,.\,g\,.\,h \qquad (2.56)$$

Dimana,

$$P_{inc} = P_d\,.\,\gamma_{inc} \qquad (2.57)$$

ρ_{cont} = Massa jenis fluida dalam pipa (kg/m^3)

h = Jarak vertical dari point referensi ke permukaan laut.

P_d = Design Pressure

b. Kriteria beban berlebih kombinasi dari tekanan internal dan eksternal

Collapse pressure atau tekanan keruntuhan adalah tekanan yang diperlukan suatu pipa untuk mengalami perubahan bentuk (buckling). Nilai dari *collapse pressure* dapat ditemukan dengan persamaan berikut :

$$(P_c - P_{el}).(P_c^2 - P_p^2) = P_c\,.\,P_{el}\,.\,P_p\,.\,f_o\,.\,\frac{D}{t} \qquad (2.58)$$

Dimana,

$$P_{el} = \frac{2.E.(\frac{t}{D})^3}{1 - v^2} \qquad (2.59)$$

$$P_p = 2.\,f_y\,.\,\alpha_{fab}\,.\,\frac{t}{D} \qquad (2.60)$$

$f_o = \frac{Dmax - Dmin}{D}$ (tidak kurang dari 0.005 atau 0.5%) (2.61)

Keterangan :

P_{el} = Elastic collapse pressure (N/m^2)

P_p = Plastic collapse pressure (N/m^2)

f_o = Ovality

D = Diameter terluar pipa (m)

t = Ketebalan pipa (m)

α_{fab} = Faktor fabrikasi

γ_m = Faktor daya tahan material

γ_{sc} = Faktor kelas keamanan

Tabel 2.9 Faktor fabrikasi maksimum (DNV OS F101, 2000)

Pipe	Seamless	UO & TRB & ERW	UOE
α_{fab}	1.00	0.93	0.85

Tabel 2.10 Faktor ketahanan material (DNV OS F101, 2000)

Faktor ketahanan material	SLS/ULS/ALS	FLS
γ_m	1.15	1.00

Pemilihan factor kelas keamanan berdasarkan pada jenis fluida yang dialirkan dalam pipa dan Dampak bahaya yang ditimbulkan bagi manusia, lingkungan, perekonomian, dan politik. Berikut klasifikasi factor kelas keamanan berdasarkan DNV OS F101 :

Tabel 2.11 Pemilihan Safety Class (DNV OS F101, 2000)

Safety class	Definition
Low	Dampak dari kegagalan yang ditimbulkan sangat kecil bagi manusia dan lingkungan. Digunakan untuk fase instalasi
Normal	Dampak dari kegagalan yang ditimbulkan cukup berpengaruh bagi manusia, lingkungan, ekonomi dan politik. Digunakan pada operasi diluar platform area
High	Dampak dari kegagalan sangat berpengaruh besar bagi manusia, lingkungan, ekonomi, dan politik. Digunakan pada keadaan dekat dengan pemukiman penduduk (± 500 m)

Tabel 2.12 Faktor Safety Class (DNV OS F101, 2000)

Safety class γ_{sc}	Low	Normal	High
Pressure containtment	1.046	1.138	1.308
Other	1.04	1.14	1.26

Ketika kriteria pengaman telah dipenuhi, maka selanjutnya adalah dengan memastikan tekanan eksternal ini aman atau tidak mengalami keruntuhan. Berikut kriteria yang harus dipenuhi :

$$P_e \leq \frac{P_c\,(t1)}{\gamma_m \gamma_{SC}} \qquad (2.56)$$

Dimana :

P_e = Tekanan eksternal maksimum (N/m^2)

P_c = Tekanan karakteristik keruntuhan (N/m^2)

c. Beban kombinasi lokal

Setelah itu menghitung kombinasi beban dari bending moment, gaya axial efektif, dan tekanan internal. Nilai tersebut harus di desain dan memenuhi persamaan dibawah ini :

$$[\ \gamma_m . \gamma_{SC} . \frac{|M_{sd}|}{\alpha_c . M_p(t_2)} + \left\{\frac{\gamma_m . \gamma_{SC} S_{sd} . (P_i)}{\alpha_c . S_p(t_2)}\right\}^2]^2 + \ (\gamma_p \frac{P_i - P_e}{\alpha_c . P_b(t_2)})^2 \ \leq 1 \tag{2.57}$$

Dimana :

M_{sd} = Desain momen bending

S_{sd} = Desain gaya axial efektif

P_i = Tekanan internal (N/m^2)

P_e = Tekanan eksternal (N/m^2)

S_p (t) = Karakteristik tahanan gaya plastic axial, f_y . $\boldsymbol{\pi}$ (D – t). t

M_p (t) = f_y (D – t)^2.t

α_c = Parameter tegangan aliran untuk perhitungan regangan

α_c = $(1 - \beta) + \beta \frac{fu}{fy}$ (nilai maksimum 1.2)

Dimana untuk β,

$$\beta = \begin{cases} 0.5 & \text{Untuk} \quad D/t_2 < 5 \\ \dfrac{(60 - \frac{D}{t_2})}{90} & \text{Untuk} \quad 15 \leq D/t_2 \leq 60 \\ 0 & \text{Untuk} \quad D/t_2 \geq 60 \end{cases} \tag{2.58}$$

Untuk nilai f_y (karakteristik tegangan luluh) dan f_u (karakteristik tegangan tarik) adalah sebagai berikut :

$$f_y = (SMYS - f_{y,temp})\ \alpha_u \quad (2.59)$$

$$f_u = (SMTS - f_{u,temp})\ \alpha_u\ \alpha_A \quad (2.60)$$

Dimana :

α_u = factor kekuatan material

α_A = factor anisotrophy 0.95 untuk arah axial dan 1.0 untuk arah lainnya

d. Perambatan buckling

setelah semua kriteria telah di analisis, maka yang terakhir adalah dengan menganalisis kriteria perambatan buckling untuk mengetahui apakah terjadi perambatan buckling pada pipeline. Untuk memeriksa tekanan perambatan, dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$P_e < \frac{P_{pr}}{\gamma_m \gamma_{SC}} \quad (2.61)$$

Dimana untuk nilai Ppr dapat ditemukan dengan rumus :

$$Ppr = 35.f_y.\alpha_{fab}. \quad (2.62)$$

2.2.8.1. Buckle Arrestor

Ketika perambatan buckling yang terjadi pada pipa nilainya lebih kecil daripada tekanan eksternalnya, maka pipa tersebut perlu dilakukan mitigasi. Salah satu mitigasi yang dapat dilakukan pada permasalahan buckling adalah dengan pemasangan *buckle arrestor*. Ada beberapa jenis *buckle arrestor* yang dapat digunakan :

1. Heavy walled cylinder
2. Free ring arrestor
3. Welded ring arrestor

Dari tiga jenis *buckle arrestor* diatas, yang paling mudah dan umum untuk digunakan adalah jenis free ring arrestor. Buckle arrestor jenis ini memiliki beberapa keunggulan yaitu :

- Pada saat instalasi mudah untuk dipasang

- Tidak memerlukan pengelasan
- Dikarenakan tidak memerlukan pengelasan, maka pemilihan jenis grade dapat leluasan bahkan dapat lebih rendah dari jenis grade pipa
- Dikarenakan tidak di las, maka tidak ada konsentrasi tegangan yang dapat berpengaruh pada penambahan kekakuan pipa.

Setelah itu diperlukan perhitungan desain *buckle arrestor*, berikut adalah persamaannya :

$$P_e \leq \frac{Px}{1.1\ \gamma_m \gamma_{SC}} \tag{2.63}$$

Dimana tekanan silang berlebihnya (P_x) adalah

$$P_x = P_{pr} + (P_{pr,BA} - P_{pr})\ [1 - \exp(\frac{-20\ t_2 L_{BA}}{D^2})] \tag{2.64}$$

Dimana :

$P_{pr,BA}$ = kapasitas perambantan tekuk dari sebuah arrestor tidak terbatas

L_{BA} = panjang buckle arrestor (m)

Untuk pemilihan jumlah dan jarak pemasangan *buckle arrestor* disesuaikan dengan factor ekonomi dan Dampak apabila tidak dipasangnya *buckle arrestor*. Pada beberapa kasus *buckle arrestor* dipasang pada jarak 400 – 500 ft.

2.2.9. Tegangan Pada Pipa

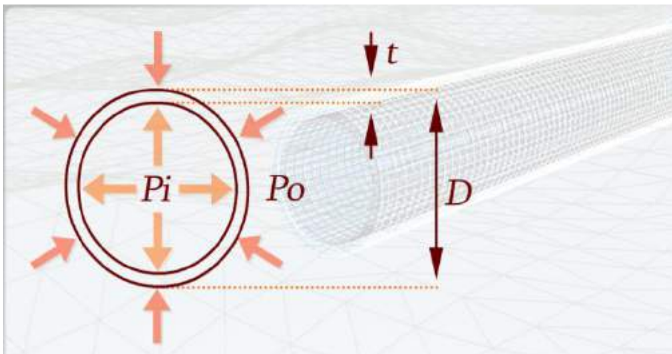
Saat pipa beroperasi , maka ada beberapa tegangan yang terjadi di sekitar pipa dan dapat membuat pipa kehilangan kekuatannya. Tegangan ijin pada pipa sudah diatur dalam ASME B31.8 2012, dimana telah dijelaskan beberapa aturan terkait presentase ijin nilai tegangan terhadap SMYS suatu material yang dipakai.

Tabel 2.13 Tegangan Pada Pipa (ASME B31.8 2012)

Design Condition	Hoop stress	Longitudinal stress	Combined stress
Operasi	72% SMYS	80% SMYS	90% SMYS
Hydrotest	90% SMYS	-	96% SMYS
Installasi	72% SMYS	80% SMYS	90% SMYS

2.2.9.1. Tegangan Hoop

Aliran fluida yang mengalir dalam pipa merukan suatu beban yang dapat menyebabkan tekanan internal. *Hoop stress* merupakan reaksi yang diakibatkan oleh tekanan internal yang dapat ditentukan besarannya. *Hoop stress* ini merupakan tekanan yang bekerja dalam arah tangensial terhadap pipa.



Gambar 2.5 Ilustrasi tegangan hoop

Tekanan hoop stress yang terjadi nilainya tidak boleh melebihi nilai yang diijinkan. Syarat kriterianya seperti berikut:

$$S_H = (P_i - P_e)\frac{D}{2\,.\,t} \le F_1.SMYS. \quad (2.65)$$

Dimana:

S_H = *Hoop stress*, psi (MPa)

P_i = Tekanan internal (N/m^2)

P_e = Tekanan eksternal (N/m^2)

D = Diameter nominal luar pipa (N/m^2)

F_1 = Faktor desain dari *hoop stress*

t = Ketebalan pipa

Sy = Specified minimum yield strength, psi (MPa)

Tabel 2.14 Faktor Desain untuk Pipa (ASME B31.8, 2012)

Content Type	Hoop Stress F1	Longitudinal Stress F2	Combined Stress F3
Gas	0.72	0.80	0.90
Minyak	0.60	0.675/0.54/0.80	-

2.2.9.2. Tegangan Longitudinal

Tegangan longitudinal merupakan tegangan aksial yang dialami oleh dinding pipa. Tegangan bending ini terjadi akibat pipa mengalami bentangan bebas dan menimbulkan momen, sehingga pipa diasumsikan mengalami 2 tumpuan dari masing-masing ujung pipa sepanjang span. Untuk menghitung tegangan longitudinal pada bentangan bebas dapat menggunakan rumus berikut :

$$S_L = S_a + S_b + S_p + S_t \tag{2.66}$$

Dimana :

S_a = Tegangan aksial [tarik + atau tekan -] (Pa)

$$S_a = F_a / A \tag{2.67}$$

F_a = gaya aksial (N)

A = Cross sectional area dari material pipa (m^2)

S_b = Maksimum resultant bending stress (Pa)

Dimana nilai Sb adalah :

$$S_b = \pm \frac{\sqrt{(i_i M_i)^2 + (i_o M_o)^2}}{z} \tag{2.68}$$

Z = Section modulus pipa (m^3)

i_i = Faktor tekanan intensifikas in-plane

i_o = Faktor tekanan intensifikasi out-plane

M_i = Bending moment in-plane

M_i = Bending moment out-plane

S_p = Tegangan longitudinal akibat tekanan internal (Pa) = 0.3 x S_H (2.69)

S_t = Tegangan ekspansi thermal (Pa) = E.α.(T_1 - T_2) (2.70)

T1 = Temperatur saat instalasi (^oC)

T2 = Temperatur saat operasi (^oC)

Nilai dari tegangan longitudinal harus memenuhi persyaratan berikut :

$| S_L | \leq F_2 S_y$ (2.71)

Dimana :

S_L = maximum longitudinal stress, psi [tarik + atau tekan -] (MPa)

F_2 = Desain factor *longitudinal stress*

2.2.9.3. Tegangan Kombinasi

Tegangan von misses atau tegangan kombinasi dapat ditemukan setelah mendapatkan nilai tegangan hoop dan tegangan longitudinal. Maka persamaannya sebagai berikut :

$$S_v = \sqrt{S_h^2 + S_L^2 + S_h S_L} \quad (2.70)$$

S_v = *von misses stress*, psi (MPa)

S_h = *hoop stress*, psi (MPa)

S_L = *Longitudinal stress*, psi (MPa)

Nilai dari tegangan von misses harus memenuhi persamaan berikut :

$| S_v | \leq F_3 S_y$ (2.71)

Dimana :

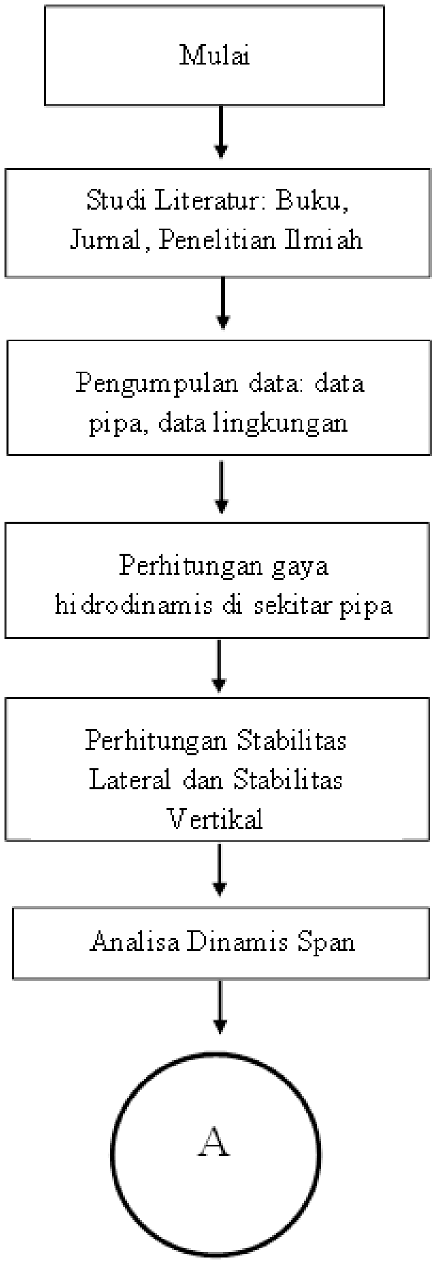
F3 = desain factor *combined stress*

BAB III

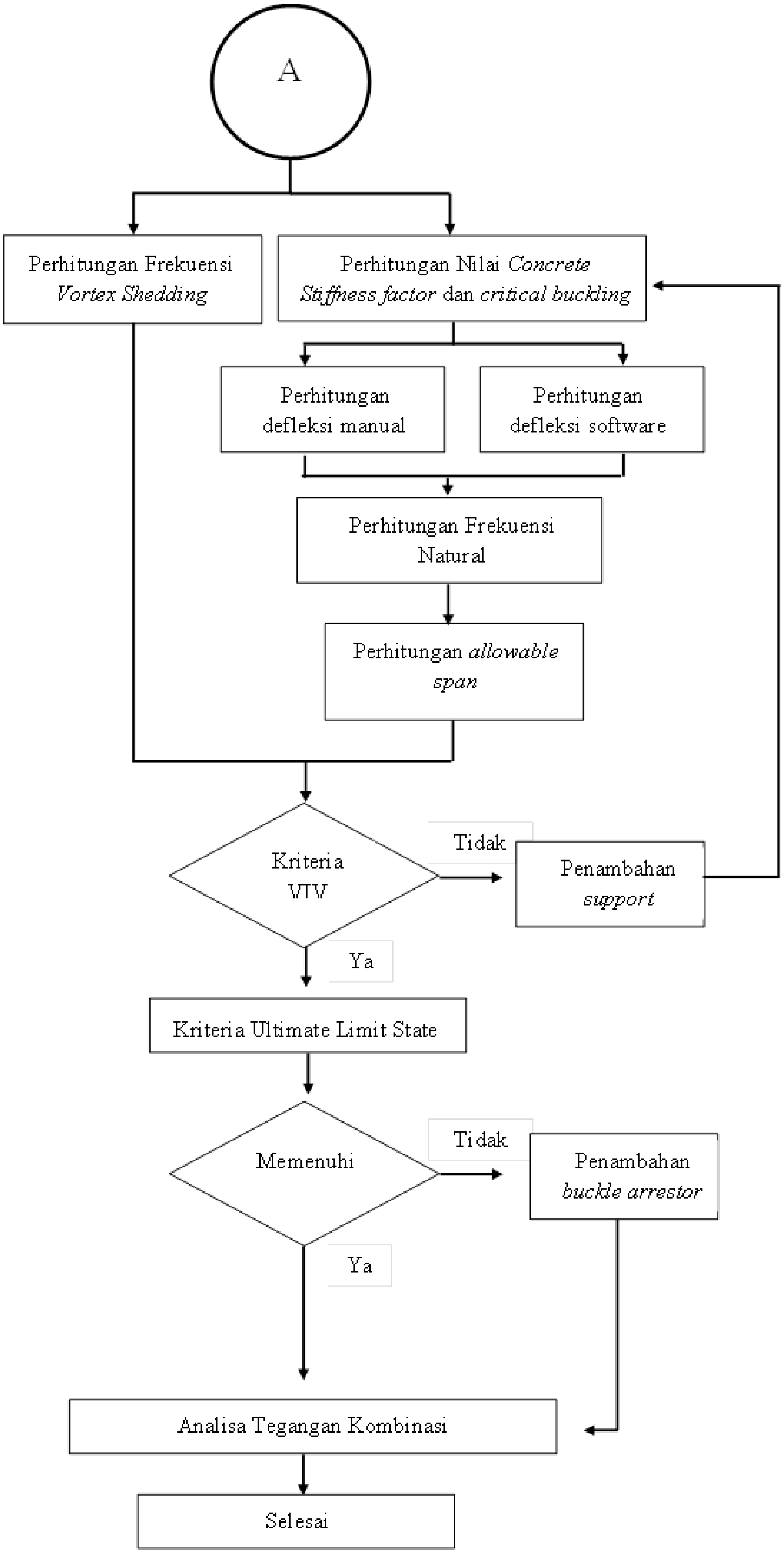
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan secara umum dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.1 *flow chart* pengerjaan tugas akhir



Gambar 3.2 *flow chart* pengerjaan tugas akhir

3.2 Langkah-Langkah Pengerjaan

Penjabaran diagram diatas akan dijelakan dalam langkah-langkah dibawah ini :

1. Studi literatur, buku, jurnal, penelitian ilmiah

Membaca dan mempelajari studi literature , buku, jurnal dan penelitian ilmiah dengan topik yang serupa yang telah dilakukan sebelumnya dalam menyelesaikan permasalahan dalam tugas akhir ini.

2. Pengumpulan data: data pipa, data lingkungan

Data yang akan digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah data pipa yang berupa data properties pipa dan data lingkungan di Selat Madura miliki PT. XYZ.

3. Perhitungan gaya hidrodinamis di sekitar pipa

Melakukan perhitungan gaya hidrodinamis dari arus dan gelombang yang bekerja di sekitar pipa dengan kombinasi beban yang dianggap paling ekstrem.

4. Perhitungan Stabilitas Lateral dan Stabilitas Vertikal

Dengan mengacu DNV RP F109 , dimana pipa harus memenuhi kriteria stabilitas lateral dan stabilitas vertical yang bertujuan agar pipa tidak mengalami pengapungan.

5. Analisa Dinamis Span

Pada tahap ini dilakukan analisis dinamis mengacu pada kode DNV RP F105. Dikarenakan pipa terbentang bebas , gaya hidrodinamis yang bekerja dapat menyebabkan *vortex shedding* pada pipa. Oleh karena itu, perlu dilakukan screening VIV apakah sesuai pada arah in line maupun cross flow. Apabila setelah dilakukan screening tidak memenuhi persyaratan, maka diperlukan mitigasi berupa penambahan support.

6. Analisa Statik Span

Pada tahap ini dilakukan analisis static dengan mengacu kode DNV RP F101. Dimana local buckling yang terjadi harus memenuhi kriteria static. Apabila tidak memenuhi, maka diperlukan pemasangan buckle arrestor.

7. Analisa Tegangan

Perhitungan meliputi Analisa tegangan hoop, tegangan longitudinal, dan tegangan kombinasi sesuai dengan standard ASME B31.8.

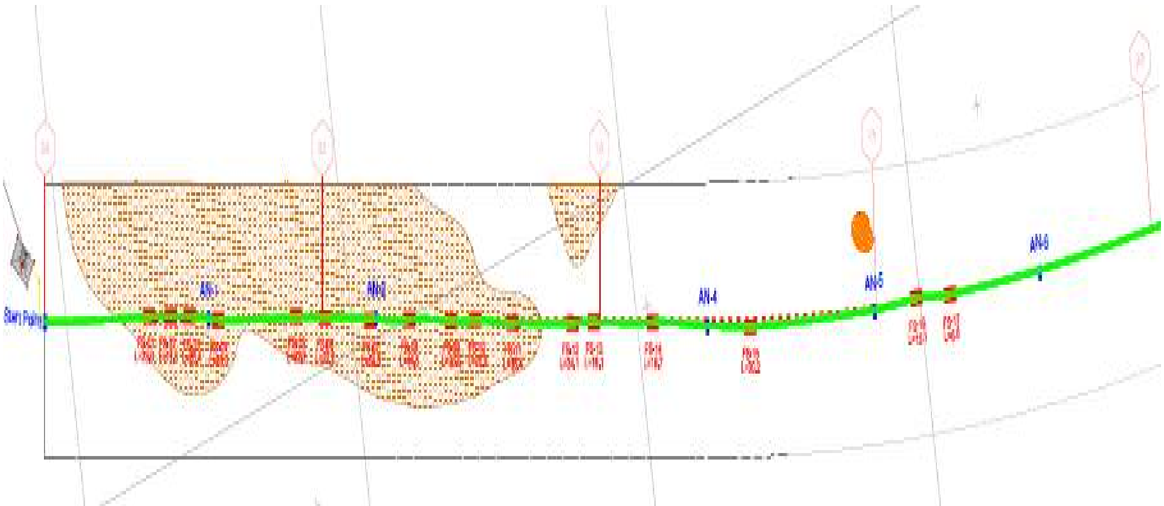
BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

PT. XYZ memiliki lapangan gas yang terletak di lepas pantai Selat Madura, Jawa Timur. Dalam proses produksinya, gas yang diproduksi dari sumur akan di distribusikan menuju ke Floating Production Unit (FPU) yang nantinya akan dilanjutkan pendistribusiannya dari FPU tersebut ke *East Java Gas Pipeline* (EJGP) menuju konsumen masing-masing. Dalam penyalurannya dari sumur menuju FPU, PT. XYZ menggunakan *subsea pipeline* diameter 20in dengan panjang 27.12 Km.

Dalam *post-lay* survey yang telah dilakukan (lihat table 4.1), didapatkan banyak sekali bentangan bebas yang terjadi sepanjang jalur pipa. Sehingga pada lokasi yang mengalami bentangan bebas tersebut harus ditambahkan *support* jika dari hasil analisis dianggap kritis. Berikut dibawah ini (Gambar 4.1) titik freespan KP 0 sampai KP 2 (FS-1 sampai FS-17), dimana titik freespan ditandai dengan titik berwarna merah.



Gambar 4.1 Titik freespan sepanjang KP 0 – KP 2

Tabel 4.1 Data Hasil Survey *Freespan*

No.	KP (Km)	Gap (m)	Length (m)	L/D
FS-1	0.176-0.199	0.2	22.1	36.97
FS-2	0.221-0.233	0.9	11.1	18.47
FS-3	0.248-0.274	1.7	24.4	40.71
FS-4	0.298-0.326	1.4	25.2	42.02
FS-5	0.441-0.464	0.8	19.8	33.02
FS-6	0.493-0.515	2	20.8	34.74
FS-7	0.560-0.615	2.9	49.9	83.30
FS-8	0.634-0.679	2.5	42.9	71.63
FS-9	0.715-0.750	0.4	33.9	56.65
FS-10	0.762-0.789	1.8	25.8	43.14
FS-11	0.825-0.862	0.9	34.8	58.06
FS-12	0.935-0.969	0.7	31.8	53.02
FS-13	0.982-0.998	0.2	14.7	24.59
FS-14	1.087-1.106	0.4	18.5	30.91
FS-15	1.257-1.287	0.8	28.0	46.80
FS-16	1.565-1.580	0.3	14.9	24.93
FS-17	1.631-1.637	0.2	6.6	10.99
FS-18	3.154-3.170	1.2	15.1	25.17
FS-19	3.206-3.226	0.3	19.7	32.93
FS-20	3.260-3.275	1	15.2	25.31
FS-22	3.334-3.347	0.5	13.3	22.20
FS-23	3.411-3.426	0.8	14.6	24.38
FS-24	4.450-4.460	0.8	9.0	15.09
FS-26	5.023-5.034	0.5	10.8	18.09
FS-27	11.425-11.435	0.3	9.9	16.53
FS-28	12.182-12.196	1	13.6	22.76
FS-30	17.608-17.636	0.6	27.4	45.69
FS-31	18.536-18.546	0.1	9.9	16.48
FS-32	18.625-18.632	0.1	7.0	11.68
FS-33	19.352-19.367	0.4	14.8	24.68
FS-34	19.447-19.467	0.4	19.5	32.58

4.1.1. Data Pipa dan Properti Pipa

Berikut data pipa milik PT.XYZ beserta data propertinya :

Tabel 4.2 Data Fungsional Pipa

Pipeline Functional Data		
Deskripsi	**Satuan**	**Nilai**
Design Pressure at Reference Height	MPa	4.14
Design Temperature	˚C	60
Operating Pressure at Reference Height	MPa	3
Operating Temperature	˚C	36.6
Product Density	kg/m³	107.6

Tabel 4.3 Data Mekanikal Pipa

Pipeline Mechanical Data		
Deskripsi	**Satuan**	**Nilai**
Nominal Outside Diameter (OD)	mm	508
Length of Pipeline	m	27140
Material Grade	-	API 5L X65 PSL2
Fabrication	-	SMLS

Tabel 4.4 Data Properti Pipa

Pipeline Properties		
Deskripsi	**Satuan**	**Nilai**
Density	kg/m³	7850
Modulus of Elasticity	MPa	207000
Poissons Ratio	-	0.3
Steel Coefficient of Thermal Expansion	m/m/K	11.7×10^{-6}
Steel Thermal Conductivity	W/m/K	45
SMYS	MPa	450
SMTS	MPa	535

Tabel 4.5 Data Eksternal Coating

External Coating Data		
Deskripsi	**Satuan**	**Nilai**
Concrete Coating Density	kg/m³	3044
Concrete Coating Thickness	mm	40
Anti Corrosion Coating Density	kg/m³	1280
Anti Corrosion Coating Thickness	mm	5.5

4.1.2. Data Lingkungan

Selain data pipa dan properti, dibutuhkan juga data lingkungan dimana pipa tersebut ter instalasi. Berikut data lingkungan di daerah lepas pantai Selat Madura, Jawa Timur :

Tabel 4.6 Kedalaman Laut

Water Depth		
Deskripsi	**Satuan**	**Nilai**
Minimum WD	m	79.3
Maksimum WD	m	106.5

Tabel 4.7 Data Gelombang dan Arus

Wave and Current Data				
Deskripsi	**Satuan**	**1 year Return Period**	**10 year Return Period**	**100 year Return Period**
Significant Wave Height (Hs)	m	2.68	3.90	5.09
Significant Wave Period (Ts)	s	7.03	8.05	8.87
Maximum Wave Height (Hmax)	m	5.37	7.80	10.00
Maximum Wave Period (Tp)	s	6.33	7.24	7.93
Current 1m above Seabed	m/s	0.518	0.62	0.69

Tabel 4.8 Properti Air Laut

Seawater Properties						
Position	**Temperature ˚C**		**Density (kg/m³)**		**Viscosity (m²/s)**	
	Minimum	**Maximum**	**Minimum**	**Maximum**	**Minimum**	**Maximum**
Middle	22.9	30.9	1021.4	1023.9	8.34×10^{-7}	9.86×10^{-7}
Bottom	20.8	28.3	1022.2	1025	8.81×10^{-7}	1.04×10^{-6}

4.1.3. Data Tanah

Berikut data tanah pada tempat pipeline beroperasi :

Tabel 4.9 Data Tanah

Soil Parameter (Clay)		
Deskripsi	**Satuan**	**Nilai**
Seabed Rougness (Clay)	m	5.21×10^{-6}
Soil Submerged Weight	kPa	8
Vertikal Soil Stiffness	N/m^2	15315.4
Horizontal Soil Stiffness	N/m^2	12564.2

4.2 Pembahasan

Setelah semua data-data dikumpulkan, maka pada subbab ini data-data tersebut akan diolah dan dilakukan analisis untuk menjawab permasalahan-permasalahan yang terdapat pada tugas akhir ini.

4.2.1. Analisis Gelombang dan Arus

4.2.1.1. Spektra JONSWAP

Menurut DNV RP F109, untuk mencari transformasi kecepatan gelombang menjadi kecepatan partikel gelombang di sekitar dasar laut dapat menggunakan spektra JONSWAP.

Data lingkungan untuk kondisi operasi adalah kombinasi antara data gelombang 10 tahunan dan arus 100 tahunan.Untuk mencari spektral momen, pertama-tama kita harus mendpatkan nilai konstanta *Generalized Phillips (α)* dengan menggunakan persamaan 2.2 :

$$\alpha = \frac{5}{16} \cdot H_s^2 \cdot \omega_p^4 \cdot (1 - 0{,}287 \ln \gamma);$$

dimana ,

$$\omega_p = \frac{2\pi}{Tp} = \frac{2.3{,}14}{7.24} = 0.87$$

sehingga nilai konstanta generalized phillips adalah :

$\alpha = 0.02$

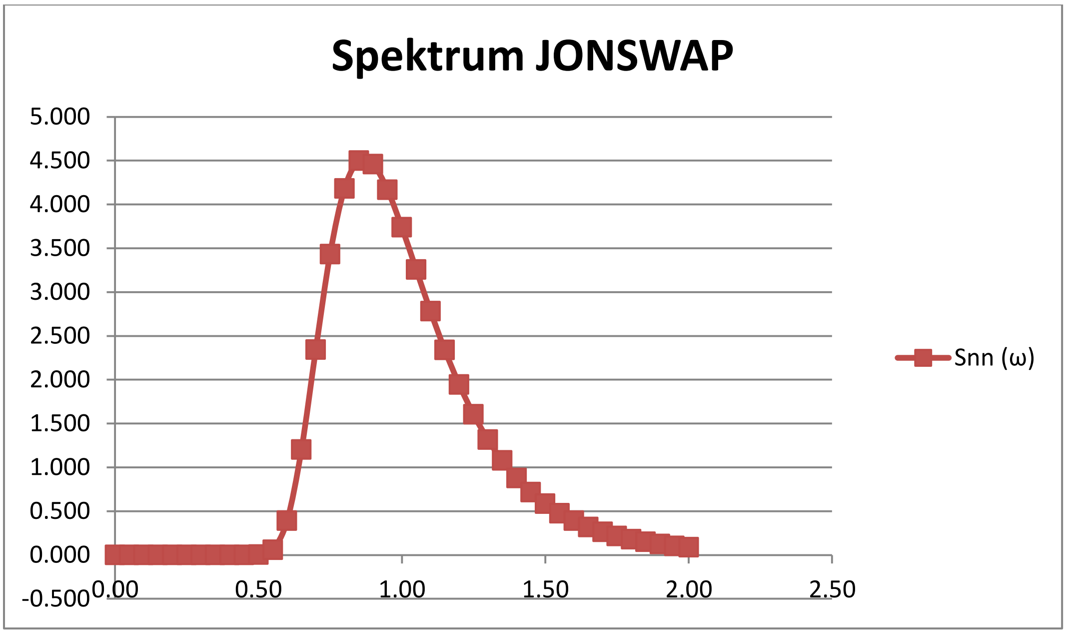
Setelah menemukan nilai konstanta generalized phillipsnya, maka dapat dilanjutkan menghitung spectrum energi gelombang menggunakan JONSWAP dengan menggunakan persamaan 2.1. spektrum energi JONSWAP yang disajikan pada Tabel 4.10 dibawah ini:

Tabel 4.10 Spektrum Gelombang JONSWAP

ω	σ	Snn (ω)
0.00	0.07	0.000
0.05	0.07	0.000
0.10	0.07	0.000
0.15	0.07	0.000
0.20	0.07	0.000
0.25	0.07	0.000
0.30	0.07	0.000
0.35	0.07	0.000
0.40	0.07	0.000
0.45	0.07	0.000
0.50	0.07	0.003
0.55	0.07	0.060
0.60	0.07	0.391
0.65	0.07	1.201
0.70	0.07	2.343
0.75	0.07	3.434
0.80	0.07	4.181
0.85	0.07	4.501
0.90	0.09	4.458
0.95	0.09	4.166
1.00	0.09	3.738

ω	σ	Snn (ω)
1.05	0.09	3.259
1.10	0.09	2.782
1.15	0.09	2.339
1.20	0.09	1.945
1.25	0.09	1.605
1.30	0.09	1.318
1.35	0.09	1.078
1.40	0.09	0.879
1.45	0.09	0.717
1.50	0.09	0.585
1.55	0.09	0.477
1.60	0.09	0.390
1.65	0.09	0.320
1.70	0.09	0.263
1.75	0.09	0.217
1.80	0.09	0.179
1.85	0.09	0.149
1.90	0.09	0.124
1.95	0.09	0.104
2.00	0.09	0.088

Hasil dari perhitungan spektrum energi JONSWAP pada Tabel 4.10 kemudian di plot ke dalam grafik, sehingga didapat :



Gambar 4.2 Grafik Spektrum Energi JONSWAP

Setelah mendapatkan nilai dari spektra gelombang JONSWAP yang ditampilkan pada tabel di atas maka di dapatkan transformasi kecepatan gelombang menjadi kecepatan partikel gelombang disekitar dasar laut.

Nilai k yang akan digunakan untuk transfer function G didapatkan melalui iterasi dengan persamaan 2.7.

Nilai tanh (k.d) diasumsikan bernilai 1 untuk menentukan k awal yang akan digunakan pada iterasi, sehingga:

k awal = 0.002

Kemudian dilakukan iterasi untuk mendapatkan nilai k, seperti yang ditunjukkan pada tabel ini:

Tabel 4.11 Iterasi Nilai k

Kw Asumsi	k	error
0.002	0.296	0.99
0.296	0.062	3.77
0.062	0.062	0.00
0.062	0.062	0.00

Tabel 4.11 Iterasi Nilai k (lanjutan)

Kw Asumsi	k	error
0.062	0.062	0.00
0.062	0.062	0.00
0.062	0.062	0.00
0.062	0.062	0.00
0.062	0.062	0.00
0.062	0.062	0.00

Setelah iterasi maka diperoleh nilai k sebesar 0.062, selanjutnya nilai k dimasukkan ke transfer function G, dengan dimasukkan ke dalam persamaan 2.6 maka didapat nilai transfer function G pada Tabel 4.12 :

Tabel 4.12 Nilai Function G

ω	G(ω)
0.00	0.0000
0.05	0.0001
0.10	0.0003
0.15	0.0004
0.20	0.0005
0.25	0.0007
0.30	0.0008
0.35	0.0009
0.40	0.0011
0.45	0.0012
0.50	0.0014
0.55	0.0015
0.60	0.0016
0.65	0.0018
0.70	0.0019
0.75	0.0020
0.80	0.0022
0.85	0.0023
0.90	0.0024
0.95	0.0026
1.00	0.0027

ω	G(ω)
1.05	0.0028
1.10	0.0030
1.15	0.0031
1.20	0.0032
1.25	0.0034
1.30	0.0035
1.35	0.0036
1.40	0.0038
1.45	0.0039
1.50	0.0041
1.55	0.0042
1.60	0.0043
1.65	0.0045
1.70	0.0046
1.75	0.0047
1.80	0.0049
1.85	0.0050
1.90	0.0051
1.95	0.0053
2.00	0.0054

Setelah spektrum energi dan transfer function G diperoleh, nilainya akan digunakan untuk mencari spectrum kecepatan partikel air di dasar laut akibat gelombang di permukaan laut menggunakan persamaan 2.5, nilainya disajikan pada Tabel 4.13 dibawah ini :

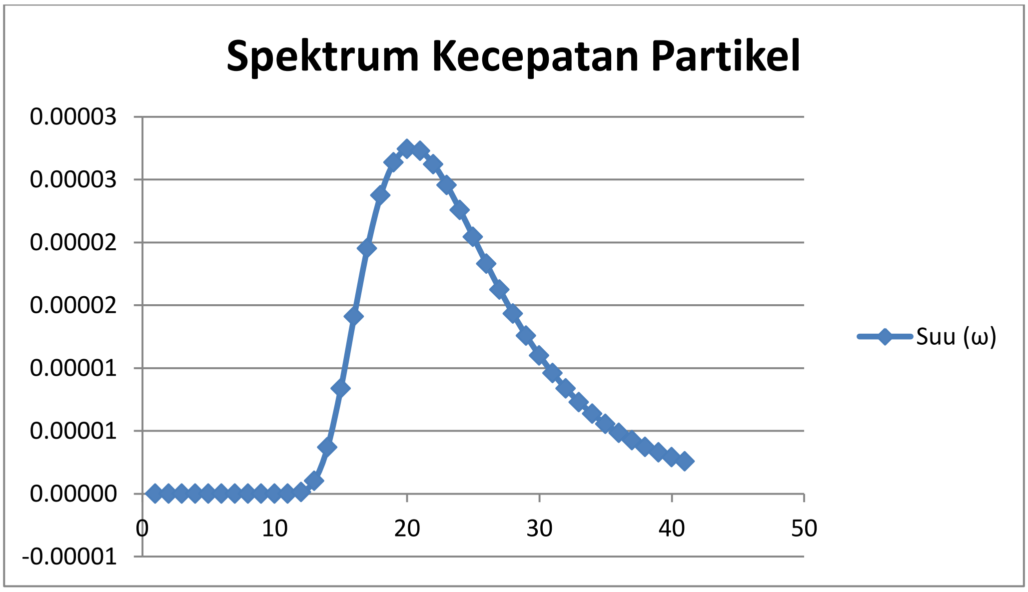
Tabel 4.13 Nilai Spektrum Kecepatan Partikel

ω	σ	Snn (ω)	ϒ	G(ω)2	Suu (ω)	FS	M0	M1	M2	M4
0.00	0.07	0.000	4.39	0.00000	0.00000	1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.05	0.07	0.000	4.39	0.00000	0.00000	4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.10	0.07	0.000	4.39	0.00000	0.00000	2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.15	0.07	0.000	4.39	0.00000	0.00000	4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.20	0.07	0.000	4.39	0.00000	0.00000	2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.25	0.07	0.000	4.39	0.00000	0.00000	4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.30	0.07	0.000	4.39	0.00000	0.00000	2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.35	0.07	0.000	4.39	0.00000	0.00000	4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.40	0.07	0.000	4.39	0.00000	0.00000	2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.45	0.07	0.000	4.39	0.00000	0.00000	4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.50	0.07	0.003	4.39	0.00000	0.00000	2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.55	0.07	0.060	4.39	0.00000	0.00000	4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.60	0.07	0.391	4.39	0.00000	0.00000	2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.65	0.07	1.201	4.39	0.00000	0.00000	4	0.00001	0.00001	0.00001	0.00000
0.70	0.07	2.343	4.39	0.00000	0.00001	2	0.00002	0.00001	0.00001	0.00000
0.75	0.07	3.434	4.39	0.00000	0.00001	4	0.00006	0.00004	0.00003	0.00002
0.80	0.07	4.181	4.39	0.00000	0.00002	2	0.00004	0.00003	0.00002	0.00002
0.85	0.07	4.501	4.39	0.00001	0.00002	4	0.00009	0.00008	0.00007	0.00005
0.90	0.09	4.458	4.39	0.00001	0.00003	2	0.00005	0.00005	0.00004	0.00003
0.95	0.09	4.166	4.39	0.00001	0.00003	4	0.00011	0.00010	0.00010	0.00009
1.00	0.09	3.738	4.39	0.00001	0.00003	2	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005
1.05	0.09	3.259	4.39	0.00001	0.00003	4	0.00010	0.00011	0.00012	0.00013
1.10	0.09	2.782	4.39	0.00001	0.00002	2	0.00005	0.00005	0.00006	0.00007
1.15	0.09	2.339	4.39	0.00001	0.00002	4	0.00009	0.00010	0.00012	0.00016
1.20	0.09	1.945	4.39	0.00001	0.00002	2	0.00004	0.00005	0.00006	0.00008
1.25	0.09	1.605	4.39	0.00001	0.00002	4	0.00007	0.00009	0.00011	0.00018
1.30	0.09	1.318	4.39	0.00001	0.00002	2	0.00003	0.00004	0.00005	0.00009

Tabel 4.13 Nilai Spektrum Kecepatan Partikel (lanjutan)

ω	σ	Snn (ω)	ϒ	G(ω)2	Suu (ω)	FS	M0	M1	M2	M4
1.35	0.09	1.078	4.39	0.00001	0.00001	4	0.00006	0.00008	0.00010	0.00019
1.40	0.09	0.879	4.39	0.00001	0.00001	2	0.00003	0.00004	0.00005	0.00010
1.45	0.09	0.717	4.39	0.00002	0.00001	4	0.00004	0.00006	0.00009	0.00019
1.50	0.09	0.585	4.39	0.00002	0.00001	2	0.00002	0.00003	0.00004	0.00010
1.55	0.09	0.477	4.39	0.00002	0.00001	4	0.00003	0.00005	0.00008	0.00019
1.60	0.09	0.390	4.39	0.00002	0.00001	2	0.00001	0.00002	0.00004	0.00010
1.65	0.09	0.320	4.39	0.00002	0.00001	4	0.00003	0.00004	0.00007	0.00019
1.70	0.09	0.263	4.39	0.00002	0.00001	2	0.00001	0.00002	0.00003	0.00009
1.75	0.09	0.217	4.39	0.00002	0.00000	4	0.00002	0.00003	0.00006	0.00018
1.80	0.09	0.179	4.39	0.00002	0.00000	2	0.00001	0.00002	0.00003	0.00009
1.85	0.09	0.149	4.39	0.00002	0.00000	4	0.00001	0.00003	0.00005	0.00017
1.90	0.09	0.124	4.39	0.00003	0.00000	2	0.00001	0.00001	0.00002	0.00009
1.95	0.09	0.104	4.39	0.00003	0.00000	4	0.00001	0.00002	0.00004	0.00017
2.00	0.09	0.088	4.39	0.00003	0.00000	1	0.00000	0.00001	0.00001	0.00004

Sehingga jika Nilai spectrum kecepatan partikel di plot ke dalam grafik, menjadi (Gambar 4.3) :



Gambar 4.3 Grafik Spektrum Kecepatan Partikel

Perhitungan momen spektra digunakan untuk mencari nilai kecepatan signifikan, periode gelombang, kecepatan dan periode saat kondisi ekstrem kecepatan partikel, dan kecepatan arus. Nilai dari parameter lain Momen Spectra dijabarkan sebagai berikut :

Tabel 4.14 Nilai Momen Spektra Gelombang

Momen Spektra Gelombang	
M0 = 1/3 x Δw x ΣM0	1.9E-05
M1 = 1/3 x Δw x ΣM1	2.2E-05
M2 = 1/3 x Δw x ΣM2	2.6E-05
M4 = 1/3 x Δw x ΣM4	4.8E-05

Setelah mendapatkan momen spectra gelombang, maka dapat ditemukan kecepatan signifikan (persamaan 2.9), periode gelombang (persamaan 2.10), serta kecepatan partikel gelombang (persamaan 2.11) sebagai berikut (lihat Tabel 4.15 dan Tabel 4.16):

Tabel 4.15 Kecepatan Partikel Arus Akibat Gelombang

Kecepatan Akibat Gelombang			
Parameter	**Notasi**	**10 Tahun**	**Satuan**
Kec. Arus Signifikan pada Elevasi Pipa	U_s	0.067	m/s
Mean Zero-Up Crossing Period	T_u	5.295	s
Reduction Factor	R_D	1	-
Kecepatan Partikel Arus Akibat Gelombang	U_w	0.067	m/s

Sementara untuk kecepatan partikel arus akibat gelombang dalam kondisi badai adalah :

Tabel 4.16 Kecepatan Partikel Arus Akibat Gelombang Kondisi Badai

Kecepatan Gelombang Kondisi Badai			
Parameter	**Notasi**	**10 Tahun**	**Satuan**
Mean Zero-Up Crossing Period	T_u	5.295	s
Periode Gelombang Badai	$Tstorm*$	10800	s
Angka Osilasi pada Desain Spektra	τ	2039.554	-
Kecepatan Partikel Arus Akibat Gelombang Kondisi Badai	U_{w*}	0.136	m/s

4.2.1.2. Kecepatan Arus Partikel

Kecepatan arus yang bekerja pada pipa di setiap KP selanjutnya di transformasikan menjadi kecepatan arus partikel. Kecepatan arus juga dapat tereduksi karena efek dasar laut dan arah arus, sehingga kecepatan arus partikel dapat dihitung dengan persamaan 2.16, dengan sudut datang arus kondisi paling kritis yaitu 90^o. Nilai kecepatan arus partikel pada tiap titik span disajikan pada Tabel 4.17 dibawah ini.

Tabel 4.17 Kecepatan Arus Partikel

No. Free Span	Gap (e) [m]	Kec. Arus pada Ketinggian Referensi 1m (V(zr)) [m/s]	Elevasi di Atas Dasar Laut (z) [m]	Kec. Arus Efektif 100 tahun (V(z)) [m/s]
FS-1	0.2	0.694	0.500	0.654
FS-2	0.9	0.694	1.200	0.704
FS-3	1.7	0.694	2.000	0.734
FS-4	1.4	0.694	1.700	0.724
FS-5	0.8	0.694	1.100	0.699
FS-6	2	0.694	2.300	0.704
FS-7	2.9	0.694	3.200	0.723
FS-8	2.5	0.694	2.800	0.716

Tabel 4.17 Kecepatan Arus Partikel (lanjutan)

No. Free Span	Gap (e) [m]	Kec. Arus pada Ketinggian Referensi 1m (V(zr)) [m/s]	Elevasi di Atas Dasar Laut (z) [m]	Kec. Arus Efektif 100 tahun (V(z)) [m/s]
FS-9	0.4	0.694	0.700	0.636
FS-10	1.8	0.694	2.100	0.699
FS-11	0.9	0.694	1.200	0.667
FS-12	0.7	0.694	1.000	0.657
FS-13	0.2	0.694	0.500	0.617
FS-14	0.4	0.694	0.700	0.636
FS-15	0.8	0.694	1.100	0.662
FS-16	0.3	0.694	0.600	0.665
FS-17	0.2	0.694	0.500	0.654
FS-18	1.2	0.694	1.500	0.717
FS-19	0.3	0.694	0.600	0.665
FS-20	1	0.694	1.300	0.709
FS-22	0.5	0.694	0.800	0.681
FS-23	0.8	0.694	1.100	0.699
FS-24	0.8	0.694	1.100	0.699
FS-26	0.5	0.694	0.800	0.681
FS-27	0.3	0.694	0.600	0.665
FS-28	1	0.694	1.300	0.709
FS-30	0.6	0.694	0.900	0.688
FS-31	0.1	0.694	0.400	0.642
FS-32	0.1	0.694	0.400	0.642
FS-33	0.4	0.694	0.700	0.674
FS-34	0.4	0.694	0.700	0.674

4.2.2. Perhitungan Berat Terendam dan Massa Efektif Pipa

Perhitungan submerged weight dari pipa ini akan digunakan untuk menghitung kriteria stabilitas on-bottom pipa ketika beroperasi dibawah laut. Untuk mendapatkan submerged weight dari pipa nilainya bisa didapatkan dengan menambahkan berat dari pipa, berat coating, berat concrete, dan berat fluida yang mengalir didalam pipa, setelah itu dikurangi dengan buoyancy dari pipa. Sehingga nilai submerged weight pipa menjadi (lihat Tabel 4.18) :

Tabel 4.18 *Submerged Weight*

No.	Deskripsi	Simbol	Nilai	Satuan
1	Massa Konten Pipa	M_{fluida}	19.15	N/m
2	Massa Pipa Baja	M_{st}	192.86	N/m
3	Massa Lapisan Anti Korosi	M_{cc}	13.12	N/m
4	Massa Lapisan Concrete	M_{conc}	209.51	N/m
5	Massa Struktur Pipa	M_{str}	415.50	N/m
6	Massa Displacement	M_{disp}	288.96	N/m
7	Gaya Apung	F_b	2829.26	N/m
8	Berat Terendam Pipa	W_{sub}	1471.54	N/m

Selanjutnya massa efektif perlu di perhitungkan dengan menambahkan berat pipa, berat concrete dan berat coating dengan massa tambah (lihat persamaan 2.27). Massa tambah didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.31. Massa efektif nantinya akan dibutuhkan untuk memperhitungkan frekuensi natural dari pipa. Hasil analisis massa efektif dapat dilihat pada table 4.19 dibawah ini.

Tabel 4.19 Massa Efektif

No. Free Span	Massa Struktur Pipa [N/m]	Massa Bouyancy [N/m]	Massa Tambah [N/m]	Massa Efektif [N/m]
FS-1	415.50	288.963	369.692	804.344
FS-2	415.50	288.963	288.963	723.615

Tabel 4.19 Massa Efektif (lanjutan)

No. Free Span	Massa Struktur Pipa [N/m]	Massa Bouyancy [N/m]	Massa Tambah [N/m]	Massa Efektif [N/m]
FS-3	415.50	288.963	288.963	723.615
FS-4	415.50	288.963	288.963	723.615
FS-5	415.50	288.963	288.963	723.615
FS-6	415.50	288.963	288.963	723.615
FS-7	415.50	288.963	288.963	723.615
FS-8	415.50	288.963	288.963	723.615
FS-9	415.50	288.963	303.052	737.704
FS-10	415.50	288.963	288.963	723.615
FS-11	415.50	288.963	288.963	723.615
FS-12	415.50	288.963	288.963	723.615
FS-13	415.50	288.963	369.692	804.344
FS-14	415.50	288.963	303.052	737.704
FS-15	415.50	288.963	288.963	723.615
FS-16	415.50	288.963	328.435	763.087

4.2.3. Kriteria Stabilitas On-bottom

Sesuai DNV RP F109, Untuk menghindari pipa mengapung ketika berada di dalam air, maka pipa harus memenuhi kriteria stabilitas vertical. Selain itu, pipa yang beroperasi juga harus memenuhi syarat absolut statis untuk perpindahan lateral pipa didasar laut berdasarkan penyamaan gaya yang memastikan gaya tahanan pipa mencukupi untuk bertahan terhadap beban hidrodinamis maksimum.

Namun sebelum menghitung desain kriteria, beban maksimal vertical dan horizontal haruslah diketahui terlebih dahulu. Untuk menghitungnya dapat menggunakan persamaan 2.20 dan 2.21.

Nilai *peak horizontal load coefficient* (Cy*) dan *peak vertical load coefficient* (Cz*) Koefisien C_Y* dan C_z* didapat dari DNV RP F109 yang ditampilakn pada Gambar 4.4 dan 4.5. Dengan melakukan interpolasi maka didapatkan nilai C_Y* dan C_z* pada arah pembebanan 90^o sebagai berikut :

Table 3-9 Peak horizontal load coefficients

C_Y^*		K^*										
		2.5	5	10	20	30	40	50	60	70	100	≥140
	0.0	13.0	6.80	4.55	3.33	2.72	2.40	2.15	1.95	1.80	1.52	1.30
	0.1	10.7	5.76	3.72	2.72	2.20	1.90	1.71	1.58	1.49	1.33	1.22
	0.2	9.02	5.00	3.15	2.30	1.85	1.58	1.42	1.33	1.27	1.18	1.14
	0.3	7.64	4.32	2.79	2.01	1.63	1.44	1.33	1.26	1.21	1.14	1.09
	0.4	6.63	3.80	2.51	1.78	1.46	1.32	1.25	1.19	1.16	1.10	1.05
M^*	0.6	5.07	3.30	2.27	1.71	1.43	1.34	1.29	1.24	1.18	1.08	1.00
	0.8	4.01	2.70	2.01	1.57	1.44	1.37	1.31	1.24	1.17	1.05	1.00
	1.0	3.25	2.30	1.75	1.49	1.40	1.34	1.27	1.20	1.13	1.01	1.00
	2.0	1.52	1.50	1.45	1.39	1.34	1.20	1.08	1.03	1.00	1.00	1.00
	5.0	1.11	1.10	1.07	1.06	1.04	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Gambar 4.4 Nilai Cy*

Table 3-10 Peak vertical load coefficients

C_Z^*		K^*										
		≤2.5	5	10	20	30	40	50	60	70	100	≥140
	0.0	5.00	5.00	4.85	3.21	2.55	2.26	2.01	1.81	1.63	1.26	1.05
	0.1	3.87	4.08	4.23	2.87	2.15	1.77	1.55	1.41	1.31	1.11	0.97
	0.2	3.16	3.45	3.74	2.60	1.86	1.45	1.26	1.16	1.09	1.00	0.90
	0.3	3.01	3.25	3.53	2.14	1.52	1.26	1.10	1.01	0.99	0.95	0.90
	0.4	2.87	3.08	3.35	1.82	1.29	1.11	0.98	0.90	0.90	0.90	0.90
M^*	0.6	2.21	2.36	2.59	1.59	1.20	1.03	0.92	0.90	0.90	0.90	0.90
	0.8	1.53	1.61	1.80	1.18	1.05	0.97	0.92	0.90	0.90	0.90	0.90
	1.0	1.05	1.13	1.28	1.12	0.99	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	2.0	0.96	1.03	1.05	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	5.0	0.91	0.92	0.93	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	10	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

Gambar 4.5 Nilai Cz*

Maka didapat nilai Cy*, Cz*, Fy*, dan Fz* pada Tabel 4.20 dibawah ini :

Tabel 4.20 Nilai Beban maksimum horizontal dan vertical

Cy*	Cz*	Fy*	Fz*
1	0.9	213.753	220.712

Sehingga dengan menggunakan persamaan 2.17, 2.18, dan 2.19, Nilai kriteria desain stabilitas vertical dan absolute lateral on bottom pada pipeline menjadi Tabel 4.21 dibawah ini :

Tabel 4.21 Kriteria Stabilitas Vertikal dan Absolute Lateral

Stabilitas	Nilai	Batas	Kondisi
Vertikal	0.724	≤ 1	STABIL
Absolut Lateral	0.690		
	0.274		

Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai kriteria stabilitas vertical dari pipeline adalah 0.724, sehingga pipeline tersebut tidak akan mengapung ketika berada di dasar laut karena telah memenuhi kriteria batas yaitu ≤ 1.0.

Untuk pengecekan stabilitas absolut lateral, nilai γ_{SC} yang dipakai adalah faktor keamanan pada saat badai musim dingin di North Sea, yaitu sebesar 1,5. Maka didapatkan hasilnya adalah 0.690 untuk pergerakan stabilitas kearah vertikalnya dan 0.274 untuk pergerakan stabilitas kearah horizontal, dimana nilai tersebut juga memenuhi kriteria batas yaitu ≤ 1.0. Sehingga hal ini menurut kode DNV RPF109, pipa ini memenuhi persyaratan.

4.2.4. Parameter *Vortex Induced Vibration*

Sebelum menganalisis respon dinamik dari pipeline, terlebih dahulu menganalisis parameter VIV untuk mengetahui bentuk aliran yang terjadi pada pipeline. Ada beberapa parameter yang dianalisis dalam parameter VIV ini, yaitu parameter stabilitas (Ks), reduced velocity dan Reynold number.

4.2.4.1. Reynold Number

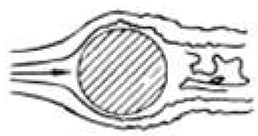
Pada analisis ini menghitung harga Reynold Number (Re) dengan menggunakan persamaan 2.26. Hasil dari perhitungan Reynold number akan menggambarkan aliran yang terjadi dibelakang struktur pipa. Berikut hasil perhitungan Reynold number disajikan pada Tabel 4.22:

Tabel 4.22 Reynold Number

No. Free Span	Re
FS-1	376909.07
FS-2	405694.33
FS-3	422484.54
FS-4	417143.04
FS-5	402834.07
FS-6	405654.23
FS-7	416507.35
FS-8	412119.03
FS-9	366550.54
FS-10	402664.40
FS-11	384270.65
FS-12	378277.19
FS-13	355485.38
FS-14	366550.54
FS-15	381410.38

No. Free Span	Re
FS-16	382905.24
FS-17	376909.07
FS-18	413029.13
FS-19	382905.24
FS-20	408325.43
FS-22	392364.72
FS-23	402834.07
FS-24	402834.07
FS-26	392364.72
FS-27	382905.24
FS-28	408325.43
FS-30	396237.12
FS-31	369568.85
FS-32	369568.85
FS-33	387974.22
FS-34	387974.22

Dari hasil perhitungan Reynold number tersebut, diketahui aliran yang terbentuk di belakang struktur *pipeline* adalah aliran yang berupa perubahan aliran laminar ke aliran turbulen. Ini dikarenakan nilai dari Reynold number terjadi pada rentang $3 \times 10^5 < Re < 3 \times 10^6$. Sehingga bentuk aliran yang terjadi adalah :



b Aliran yang terjadi Pada Pipeline

4.2.4.2. Parameter Stabilitas

Seperti yang sudah dijelas di bab sebelumnya, VIV akan terjadi pada pipeline apabila memenuhi syarat :

Inline : Ks < 12 , 1.2 < Ur < 3.5

Crossflow : Ks < 16 , 3.5 < Ur <10

Maka dengan menggunakan rumus 2.25, nilai Ks menjadi (lihat table 4.23) :

Tabel 4.23 Parameter Stabilitas (Ks)

No. Free Span	Ks
FS-1	0.41
FS-2	0.37
FS-3	0.37
FS-4	0.37
FS-5	0.37
FS-6	0.37
FS-7	0.37
FS-8	0.37
FS-9	0.38
FS-10	0.37
FS-11	0.37
FS-12	0.37
FS-13	0.41
FS-14	0.38
FS-15	0.37

No. Free Span	Ks
FS-16	0.39
FS-17	0.41
FS-18	0.37
FS-19	0.39
FS-20	0.37
FS-22	0.37
FS-23	0.37
FS-24	0.37
FS-26	0.37
FS-27	0.39
FS-28	0.37
FS-30	0.37
FS-31	0.45
FS-32	0.45
FS-33	0.38
FS-34	0.38

Sementara untuk nilai Ur (reduced velocity) dapat didapatkan dari grafik pada gambar 2.2 dan gambar 2.3 dengan memasukkan nilai Ks dan Re, sehingga nilianya menjadi (Tabel 4.24) :

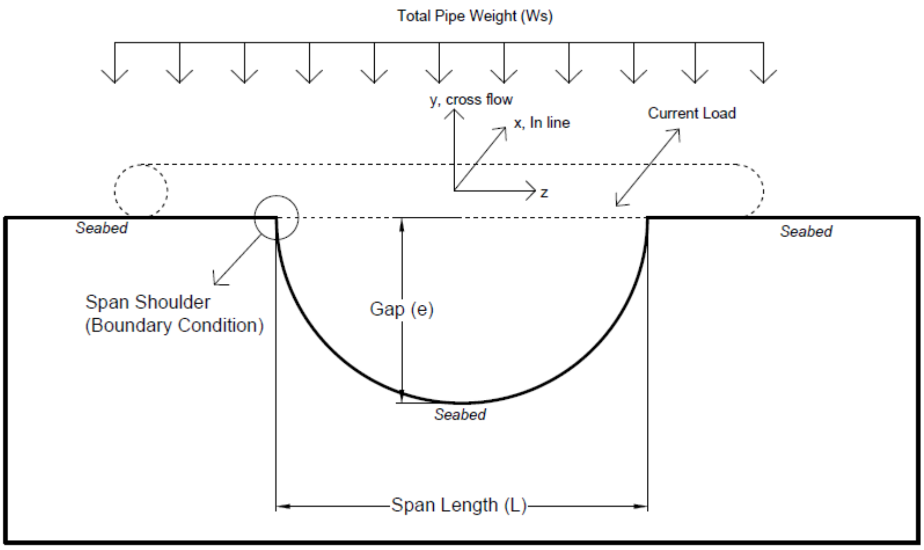
Tabel 4.24 Nilai Ur

Ur In line	Ur Crossflow
1.45	5.8

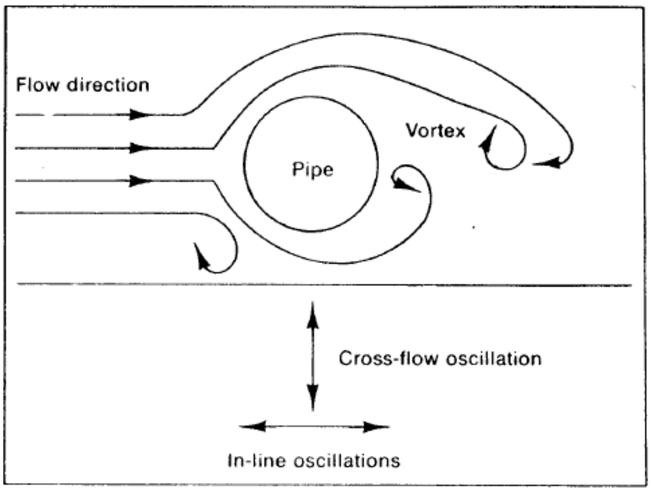
Maka dari hasil pada Tabel 4.23 dan Tabel 4.24, dapat disimpulkan bahwa pipeline akan mengalami VIV.

4.2.5. Analisa Dinamis Freespan

Dalam analisis dinamis freespan ini, hal utama yang akan dianalisis adalah frekuensi natural pipeline dan frekuensi *vortex shedding*. Nilai dari frekuensi natural dan frekuensi *vortex shedding* ini nantinya akan di screening sesuai kriteria DNV RP105 untuk menentukan apakah diperlukan mitigasi penambahan *support* pada titik span yang dianggap kritis. Sebelum menghitung frekuensi natural dari pipeline, diperlukan beberapa variable pendukung seperti *Concrete Stiffness Factor* (CSF), Panjang Span Efektif (Leff), *Effective Axial Force* (Seff) *Critical Buckling* (Pcr), dan Defleksi. Panjang span maksimum pada arah Inline dan crossflow juga dapat diketahui ketika nilai dari frekuensi natural sudah didapatkan. Osilasi, defleksi dan aliran vortex yang terjadi pada pipeline digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4.7 Konfigurasi *Freespan*



Gambar 4.8 Aliran Vortex yang terjadi Pipeline

4.2.5.1. Concrete Stiffness Factor (CSF)

Nilai CSF menunjukkan kekakuan lapisan concrete relative terhadap kekakuan pipa baja. Dalam menghitung CSF terdapat beberapa parameter yang perlu diketahui disajikan pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Parameter CSF

Parameter Concrete Stiffness Factor			
Parameter	**Notasi**	**Nilai**	**Satuan**
Konstanta Empiris	k_C	0.330	-
Momen Inersia Pipa Baja	I_{st}	0.001	m4
Momen Inersia Selimut Beton	I_{conc}	0.003	m4
Young's Modulus Pipa Baja	E_{st}	207000	MPa
Young's Modulus Selimut Beton	E_{conc}	31330.242	MPa

Sehingga nilai dari CSF dapat ditemukan dengan menggunakan persamaan 2.36, dimana nilainya menjadi (Tabel 4.26) :

Tabel 4.26 Concrete Stiffness Factor

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Concrete Stiffness Factor	CSF	0.214	-

4.2.5.2. Panjang Span Efektif (Leff)

Pada kondisi pinned-pinned, nilai panjang span efektif tidak sama dengan panjang span aktualnya dikarenakan DNV RP F105 mensyaratkan bahwa untuk menghitung nilai panjang span efektif pada kondisi pinned-pinned, harus dihitung dalam keadaan diam atau keadaan *fully fixed.* Maka untuk kondisi pinned-pinned, nilai panjang span efektif didapat dengan menggunakan persamaan 2.39, dimana terdapat 2 persamaan yang ditentukan dari nilai β (parameter kekakuan tanah) yang didapat pada kondisi pada arah crossflow maupun arah inline. Untuk menentukan nilai β dapat menggunakan persamaan 2.40. Nilai Panjang span efektif dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Panjang Span Efektif

No. Free Span	β Crossflow	β Inline	Leff Cross Flow [m]	Leff In-Line [m]
FS-1	7.29	7.21	22.980	23.008
FS-2	6.09	6.00	11.910	11.962
FS-3	7.46	7.38	25.262	25.281
FS-4	7.52	7.43	26.064	26.081
FS-5	7.10	7.01	20.587	20.622
FS-6	7.19	7.10	21.627	21.658
FS-7	8.71	8.62	52.358	52.235
FS-8	8.44	8.36	44.729	44.654
FS-9	8.04	7.95	35.165	35.141
FS-10	7.56	7.48	26.752	26.766
FS-11	8.08	7.99	36.054	36.026
FS-12	7.92	7.83	32.885	32.873
FS-13	6.59	6.50	15.533	15.579
FS-14	6.98	6.90	19.311	19.350
FS-15	7.70	7.62	29.011	29.016
FS-16	6.61	6.52	15.738	15.784
FS-17	5.19	5.10	7.510	7.564
FS-18	6.63	6.54	15.881	15.927
FS-19	7.09	7.01	20.532	20.566
FS-20	6.64	6.55	15.964	16.009
FS-22	6.41	6.32	14.116	14.165
FS-23	6.57	6.49	15.410	15.457
FS-24	5.74	5.65	9.923	9.977
FS-26	6.05	5.97	11.688	11.740
FS-27	5.90	5.81	10.768	10.820

Tabel 4.27 Panjang Span Efektif (lanjutan)

No. Free Span	β Crossflow	β Inline	Leff Cross Flow [m]	Leff In-Line [m]
FS-28	6.45	6.37	14.449	14.498
FS-30	7.66	7.58	28.321	28.329
FS-31	5.89	5.80	10.738	10.791
FS-32	5.29	5.21	7.920	7.974
FS-33	6.59	6.51	15.588	15.635
FS-34	7.07	6.99	20.321	20.357

4.2.5.3. Effective Axial Force (Seff)

Dalam menghitung *effective axial force,* terdapat beberapa parameter yang harus dipenuhi, dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 4.28 Parameter Effective Axial Force

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Tekanan internal	Pi	4140000	Pa
Tekanan Eksternal	Pe	1069792.5	Pa
Luas Melintang Pipa Terluar	Ao	0.282	m2
Luas Melintang Pipa Terdalam	Ai	0.253	m2
Pipe Steel Cross Section Area	As	0.029	m2
Temperature Difference	ΔT	8.6	˚C
Temperature Expansion Coefficient	αe	0.0000117	˚C
Poisson Ratio	v	0.3	-

Dari parameter diatas, maka *effective axial force* dapat dipenuhi dengan persamaan 2.42, sehingga nilainya menjadi (Tabel 4.29).

Tabel 4.29 Effective Axial Force

Effective axial force (Seff)	
Nilai	**Satuan**
-312641	N

Dari Tabel 4.29, pipeline mengalami gaya tekan sebesar -312641 N.

4.2.5.4. Critical Buckling (Pcr)

Critical buckling atau Pcr merupakan kemampuan pipeline dalam menahan beban serta tekanan sebelum terjadinya *buckling*. Dalam menghitung nilai Pcr, terdapat beberapa parameter serta *boundary condition* sesuai DNV RPF105 (lihat Tabel 4.30 dan Tabel 4.31).

Tabel 4.30 Parameter Pcr

Parameter	Notasi	Nilai	Ket
Modulus Young	E	2.07E+11	Pa
Momen Inersia Pipa	I	0.0007	m^4
End Condition	Ce	9.87	Pinned-pinned

Tabel 4.31 Boundary Condition

Boundary Condition (Pinned-Pinned)	
C1	1.57
C2	1
C3	0.8
C4	4.93
C5	0.125
C6	0.013

Untuk mendapatkan nilai Pcr pada arah crossflow maupun inline, dapat menggunakan persamaan 2.37.

Tabel 4.32 Nilai Pcr pada Arah Crossflow dan Inline

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Pcr pada Arah Crossflow [N/m]	Pcr pada Arah Inline [N/m]
FS-1	22.15	3492111.24	3483841.53
FS-2	11.06	13000657.40	12887947.65
FS-3	24.39	2889813.87	2885384.40
FS-4	25.17	2714672.57	2711254.12
FS-5	19.78	4351335.89	4336739.17
FS-6	20.81	3943052.57	3931576.77
FS-7	49.90	672737.64	675910.00
FS-8	42.90	921784.98	924891.36
FS-9	33.94	1491406.22	1493376.29
FS-10	25.84	2576921.71	2574261.84
FS-11	34.78	1418725.29	1420901.67
FS-12	31.76	1705349.63	1706625.48
FS-13	14.73	7643812.94	7598049.38
FS-14	18.51	4945095.95	4925624.88
FS-15	28.04	2191167.36	2190446.15
FS-16	14.93	7445699.43	7402066.65
FS-17	6.58	32696516.27	32235405.21
FS-18	15.08	7312166.73	7269953.83
FS-19	19.73	4374827.19	4360044.98
FS-20	15.16	7236767.52	7195350.47
FS-22	13.30	9255269.09	9191164.87
FS-23	14.60	7766205.11	7719110.94
FS-24	9.04	18728567.68	18528626.19
FS-26	10.84	13500268.66	13380524.08
FS-27	9.90	15906432.35	15751205.58
FS-28	13.64	8833172.07	8774038.24
FS-30	27.37	2299198.25	2297963.10
FS-31	9.87	15994880.77	15838301.53
FS-32	7.00	29397887.73	29003743.07
FS-33	14.78	7589779.73	7544600.15
FS-34	19.52	4465803.71	4450297.24

4.2.5.5. Defleksi

Defleksi dapat terjadi pada pipeline apabila pipeline terkena gaya, beban maupun tekanan selama masa operasinya. Defleksi juga terbagi menjadi 2 arah gerakan, yaitu crossflow dan inline. Pada analisis defleksi ini, salah satu variable yang berpengaruh adalah nilai q , dimana nilai q adalah berat terendam pipa dikurangi gaya lift, dan pada arah inline nilai q adalah gaya drag ditambah gaya inersia. Untuk menghitung nilai defleksi pada pipeline ini, dapat menggunakan persamaan 2.38. Hasil perhitungan defleksi pada arah crossflow maupun inline dapat dilihat pada Tabel 4.33 dibawah ini.

Tabel 4.33 Perhitungan Defleksi

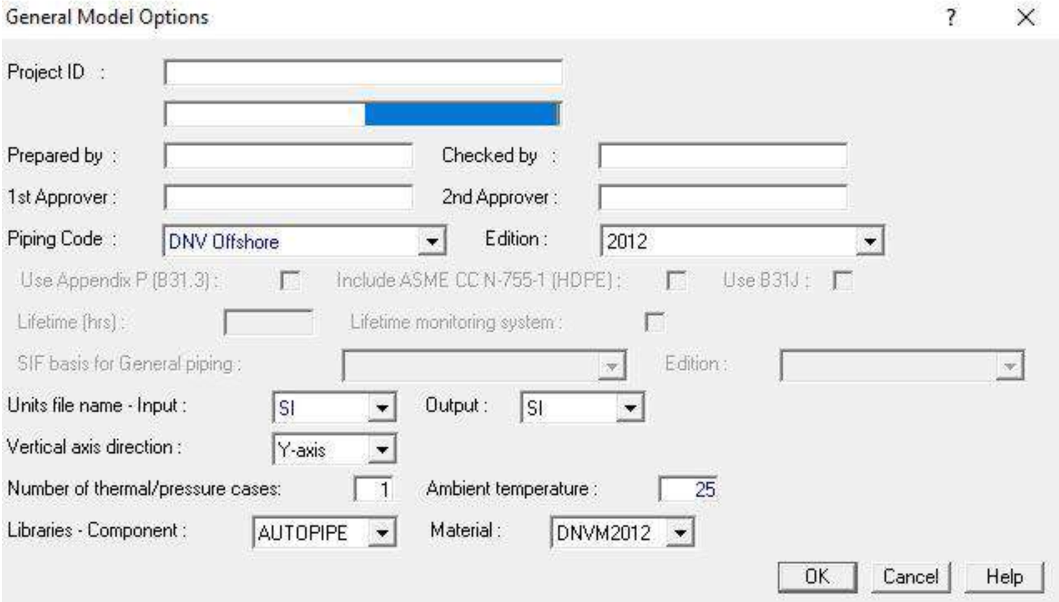
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Defleksi Crossflow (δ_{cf}) [m]	Defleksi Inline (δ_{il}) [m]
FS-1	22.15	0.0306	0.0071
FS-2	11.06	0.0021	0.0005
FS-3	24.39	0.0453	0.0116
FS-4	25.17	0.0517	0.0129
FS-5	19.78	0.0194	0.0047
FS-6	20.81	0.0238	0.0058
FS-7	49.90	1.1714	0.2064
FS-8	42.90	0.5468	0.1082
FS-9	33.94	0.1853	0.0343
FS-10	25.84	0.0576	0.0134
FS-11	34.78	0.2067	0.0405
FS-12	31.76	0.1385	0.0273
FS-13	14.73	0.0061	0.0013
FS-14	18.51	0.0149	0.0031
FS-15	28.04	0.0811	0.0168

Tabel 4.33 Perhitungan Defleksi (lanjutan)

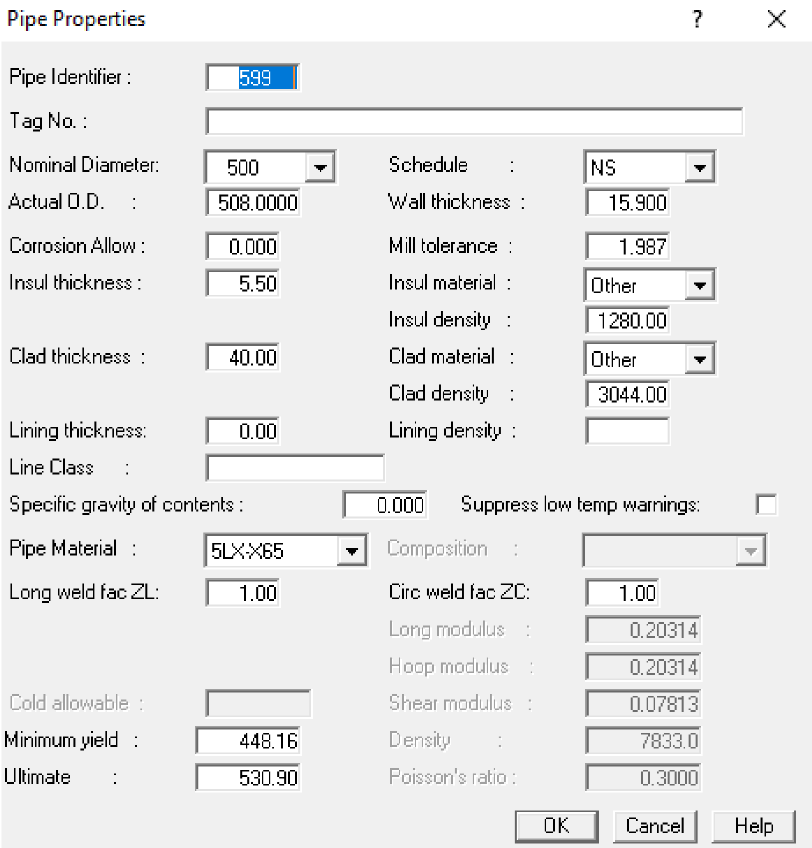
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Defleksi Crossflow (δ_{cf}) [m]	Defleksi Inline (δ_{il}) [m]
FS-16	14.93	0.0065	0.0015
FS-17	6.58	0.0003	0.0001
FS-18	15.08	0.0067	0.0018
FS-19	19.73	0.0192	0.0045
FS-20	15.16	0.0069	0.0018
FS-22	13.30	0.0042	0.0010
FS-23	14.60	0.0060	0.0015
FS-24	9.04	0.0010	0.0003
FS-26	10.84	0.0019	0.0005
FS-27	9.90	0.0014	0.0003
FS-28	13.64	0.0046	0.0012
FS-30	27.37	0.0733	0.0163
FS-31	9.87	0.0014	0.0004
FS-32	7.00	0.0004	0.0001
FS-33	14.78	0.0062	0.0015
FS-34	19.52	0.0184	0.0043

Setelah melakukan analisis defleksi crossflow dan inline dengan perhitungan analitik, selanjutnya melakukan validasi software dengan menggunakan software AUTOPIPE sebagai opsi pembanding untuk mendapat frekuensi natural kritis. Hasil analisis software dapat dilihat dari Tabel 4.34.

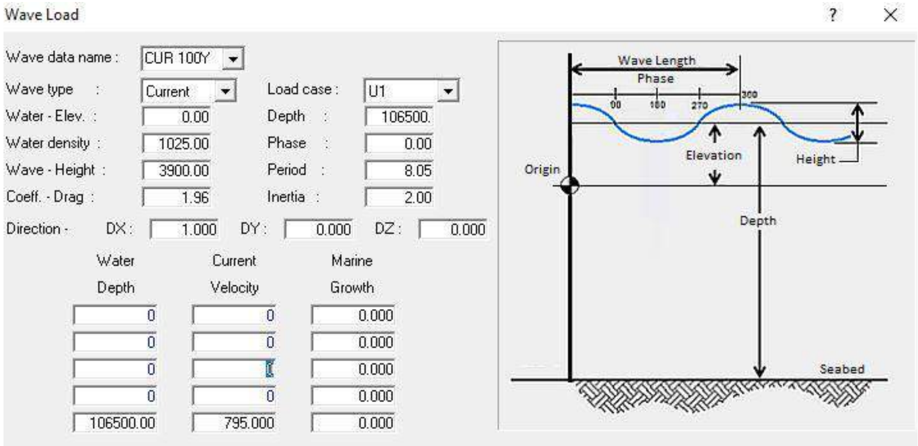
Namun sebelum melakukan analisis software, diperlukan memasukkan data pipeline dan beban yang akan bekerja pada pipeline. Berikut input yang dilakukan pada software autopipe.



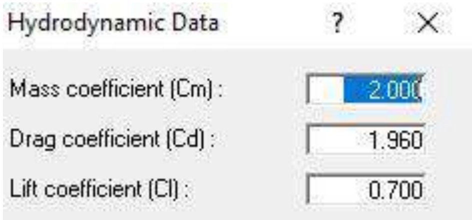
Gambar 4.9 Input Piping Code



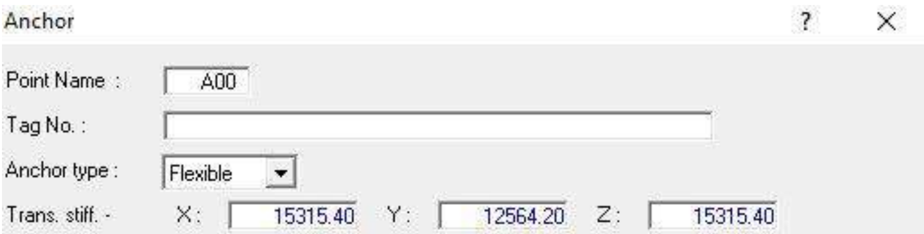
Gambar 4.10 Input Properti Pipa



Gambar 4.11 Input Beban Arus



Gambar 4.12 Input Data Hidrodinamik



Gambar 4.13 Input Kekakuan Tanah Vertikal dan Horizontal

Sehingga setelah menginput semua data properti pipeline dan beban yang bekerja, didapat hasil analisis defleksi pada software pada Tabel 4.34 dibawah ini.

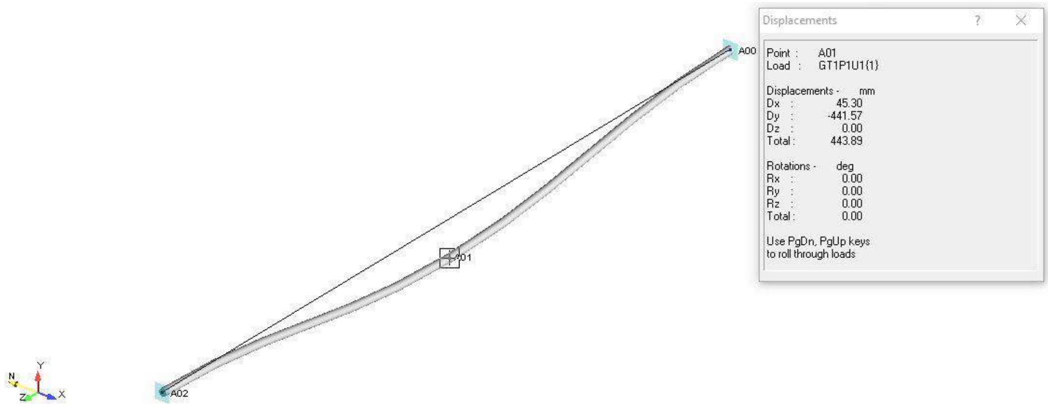
Tabel 4.34 Perhitungan Defleksi dengan Software

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Defleksi Crossflow (δ_{cf}) [m]	Defleksi Inline (δ_{il}) [m]	Defleksi Crossflow Software(δ_{cf}) [m]	Defleksi Inline Software (δ_{il}) [m]
FS-1	22.15	0.0306	0.0071	0.0201	0.0018
FS-2	11.06	0.0021	0.0005	0.0011	0.0002
FS-3	24.39	0.0453	0.0116	0.0283	0.0027

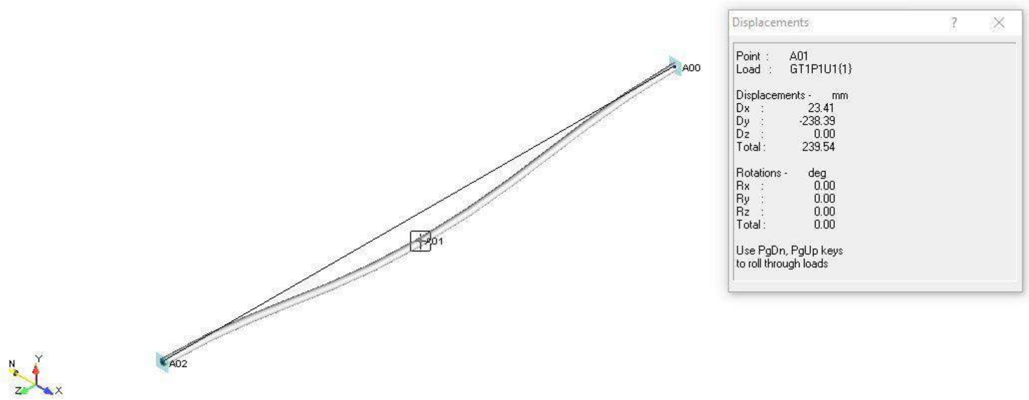
Tabel 4.34 Perhitungan Defleksi dengan Software (lanjutan)

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Defleksi Crossflow (δ_{cf}) [m]	Defleksi Inline (δ_{il}) [m]	Defleksi Crossflow Software(δ_{cf}) [m]	Defleksi Inline Software (δ_{il}) [m]
FS-4	25.17	0.0517	0.0129	0.0320	0.0025
FS-5	19.78	0.0194	0.0047	0.0108	0.0009
FS-6	20.81	0.0238	0.0058	0.0164	0.0012
FS-7	49.90	1.1714	0.2064	0.4416	0.0453
FS-8	42.90	0.5468	0.1082	0.2384	0.0234
FS-9	33.94	0.1853	0.0343	0.0965	0.0077
FS-10	25.84	0.0576	0.0134	0.0346	0.0032
FS-11	34.78	0.2067	0.0405	0.1068	0.0091
FS-12	31.76	0.1385	0.0273	0.0755	0.0063
FS-13	14.73	0.0061	0.0013	0.0057	0.0004
FS-14	18.51	0.0149	0.0031	0.0111	0.0009
FS-15	28.04	0.0811	0.0168	0.0469	0.0039
FS-16	14.93	0.0065	0.0015	0.0058	0.0005
FS-17	6.58	0.0003	0.0001	0.0002	0.0001
FS-18	15.08	0.0067	0.0018	0.0060	0.0006
FS-19	19.73	0.0192	0.0045	0.0136	0.0012
FS-20	15.16	0.0069	0.0018	0.0062	0.0006
FS-22	13.30	0.0042	0.0010	0.0040	0.0004
FS-23	14.60	0.0060	0.0015	0.0055	0.0005
FS-24	9.04	0.0010	0.0003	0.0005	0.0001
FS-26	10.84	0.0019	0.0005	0.0010	0.0004
FS-27	9.90	0.0014	0.0003	0.0007	0.0002
FS-28	13.64	0.0046	0.0012	0.0042	0.0004
FS-30	27.37	0.0733	0.0163	0.0432	0.0039
FS-31	9.87	0.0014	0.0004	0.0007	0.0002
FS-32	7.00	0.0004	0.0001	0.0002	0.0001
FS-33	14.78	0.0062	0.0015	0.0057	0.0005
FS-34	19.52	0.0184	0.0043	0.0132	0.0011

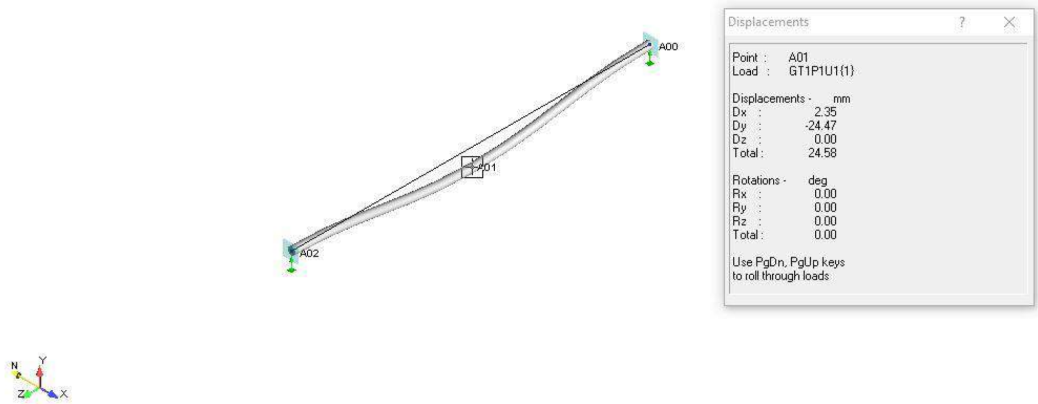
Dari hasil analisis menggunakan AUTOPIPE juga didapat hasil pemodelan defleksi dari pipa yang mengalami *freespan*. Berikut contoh hasil permodelan defleksi dari AUTOPIPE, diambil dari 5 titik span terpanjang (Lihat Gambar 4.7 sampai Gambar 4.11).



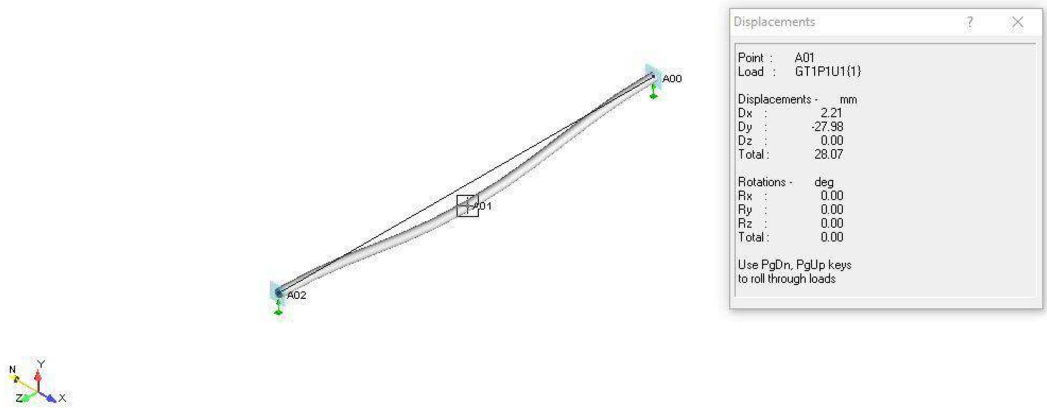
Gambar 4.14 Hasil Defleksi FS-7 dengan Panjang Span 49.9 m



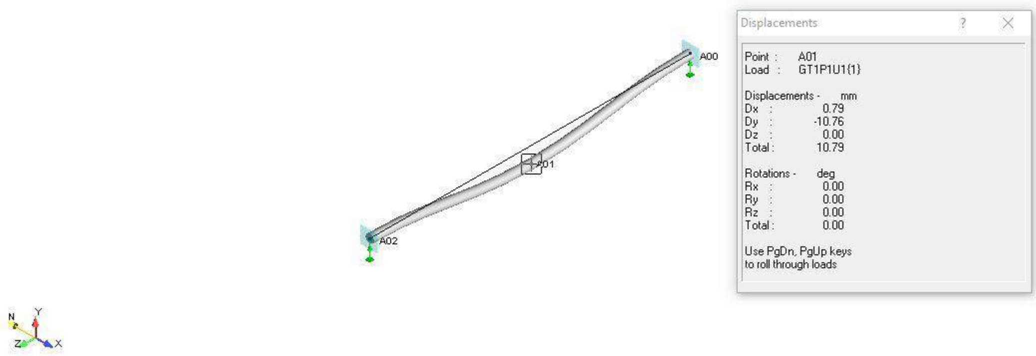
Gambar 4.15 Hasil Defleksi FS-8 dengan Panjang Span 42.9 m.



Gambar 4.16 Hasil Defleksi FS-9 dengan Panjang Span 33.94 m.

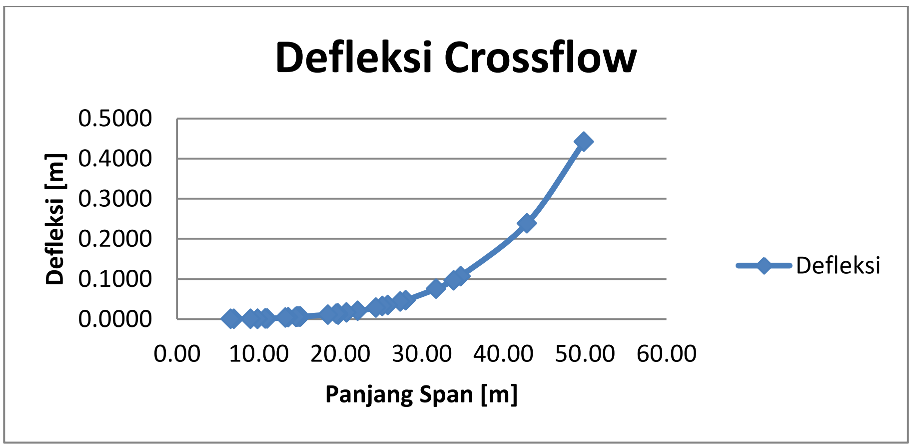


Gambar 4.17 Hasil Defleksi FS-11 dengan Panjang Span 34.78 m

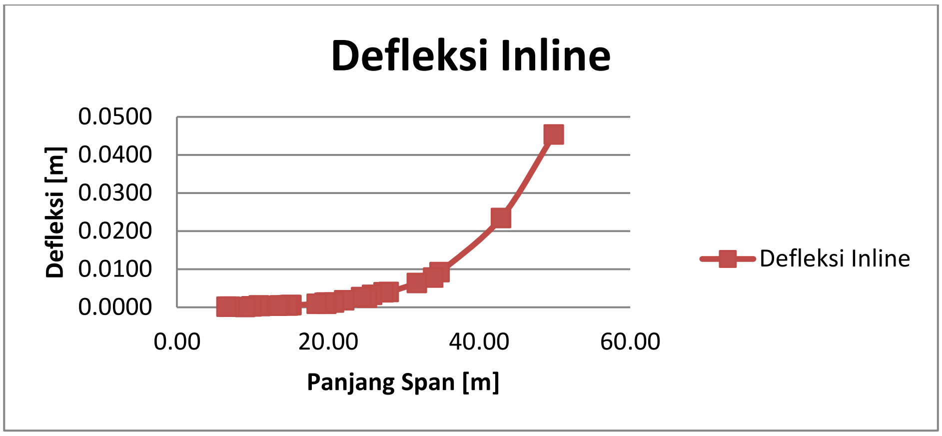


Gambar 4.18 Hasil Defleksi FS-12 dengan Panjang Span 31.76 m

Sementara itu, grafik hubungan antara panjang span dan defleksi yang terjadi adalah sebagai berikut (lihat Gambar 4.19 dan Gambar 4.20).



Gambar 4.19 Grafik Hubungan Defleksi dengan Panjang Span pada Arah Crossflow



Gambar 4.20 Grafik Hubungan Defleksi dengan Panjang Span pada Arah Inline

Dari grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin panjang span maka semakin besar pula defleksinya, sehingga frekuensi natural yang terjadi pada pipeline pun akan semakin kecil. Ketika frekuensi natural pada pipeline semakin kecil, maka nilainya akan semakin mendekati frekuensi *vortex shedding* yang dapat mengakibatkan osilasi pada pipeline.

4.2.5.6. Frekuensi *Vortex Shedding* dan Frekuensi Natural

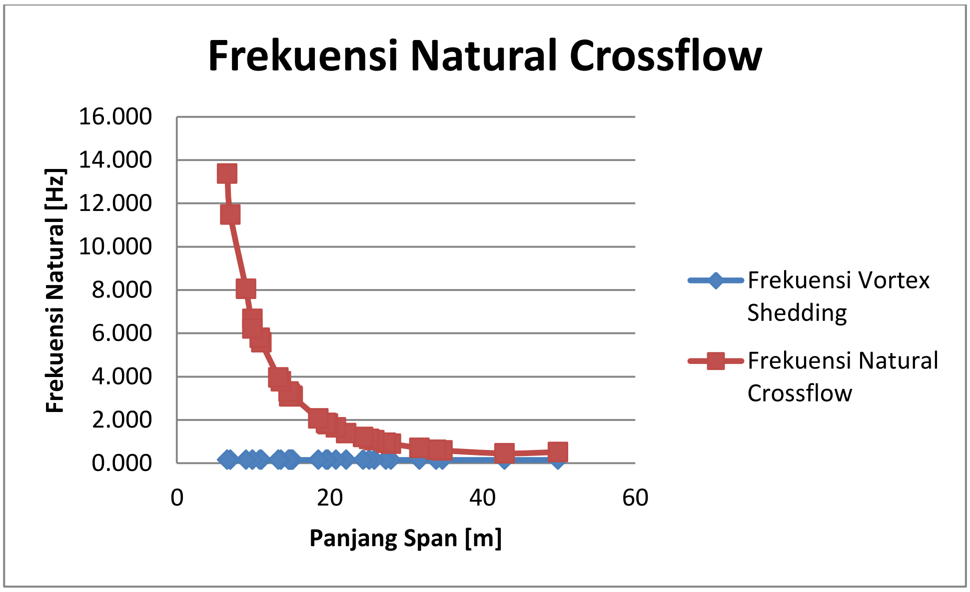
Untuk mendapatkan nilai dari frekuensi *vortex shedding* dapat menggunakan persamaan 2.22, dimana untuk nilai strouhal numbernya adalah 0.121 yang didapat dengan menggunakan persamaan 2.23.

Sementara itu, frekuensi natural pipa dapat dihitung dengan persamaan 2.35. Frekuensi natural ini juga terbagi menjadi dua arah yaitu crossflow dan inline. Jika nilai dari 0.7 kali frekuensi natural lebih kecil dari frekuensi *vortex shedding*, maka artinya akan terjadi resonansi yang menyebabkan osilasi pada pipeline. Sehingga nilai frekuensi vortex shedding , frekuensi natural arah inline maupun crossflow dapat dilihat pada Tabel 4.35 dibawah ini.

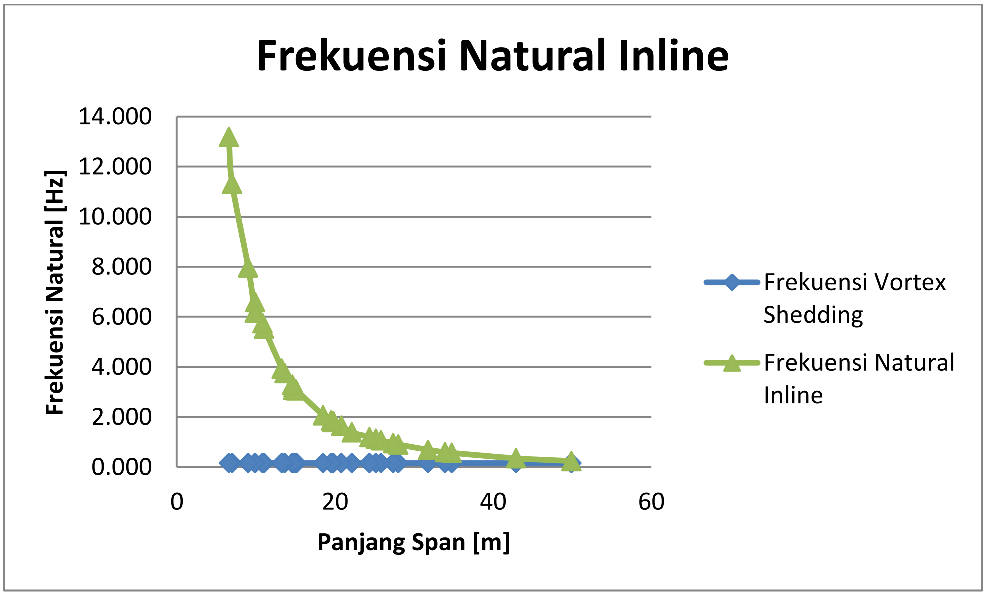
Tabel 4.35 Frekuensi Vortex Shedding dan Frekuensi Natural

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Frekuensi Vortex Shedding (fs) [Hz]	Frekuensi Natural Cross Flow (fn_{cf}) [Hz]	Frekuensi Natural In-Line (fn_{il}) [Hz]
FS-1	22.15	0.245	1.386	1.382
FS-2	11.06	0.245	5.577	5.528
FS-3	24.39	0.245	1.201	1.198
FS-4	25.17	0.245	1.125	1.122
FS-5	19.78	0.245	1.833	1.826
FS-6	20.81	0.245	1.657	1.651
FS-7	49.90	0.245	0.304	0.238
FS-8	42.90	0.245	0.374	0.347
FS-9	33.94	0.245	0.595	0.589
FS-10	25.84	0.245	1.066	1.063
FS-11	34.78	0.245	0.570	0.563
FS-12	31.76	0.245	0.691	0.687
FS-13	14.73	0.245	3.090	3.072
FS-14	18.51	0.245	2.070	2.061
FS-15	28.04	0.245	0.900	0.897
FS-16	14.93	0.245	3.089	3.071
FS-17	6.58	0.245	13.376	13.186
FS-18	15.08	0.245	3.115	3.096
FS-19	19.73	0.245	1.795	1.788
FS-20	15.16	0.245	3.082	3.064
FS-22	13.30	0.245	3.956	3.928
FS-23	14.60	0.245	3.311	3.291
FS-24	9.04	0.245	8.056	7.970
FS-26	10.84	0.245	5.793	5.741
FS-27	9.90	0.245	6.656	6.590
FS-28	13.64	0.245	3.773	3.747
FS-30	27.37	0.245	0.946	0.943
FS-31	9.87	0.245	6.221	6.160
FS-32	7.00	0.245	11.473	11.318
FS-33	14.78	0.245	3.204	3.184
FS-34	19.52	0.245	1.865	1.858

Dari analisis diatas, dapat diketahui hubungan antara frekuensi natural, frekuensi vortex shedding dan panjang span. Berikut tampilan grafik hubungannya.



Gambar 4.21 Grafik Hubungan antara Frekuensi Natural Crossflow, Frekuensi Vortex Shedding dan Panjang Span.



Gambar 4.22 Grafik Hubungan antara Frekuensi Natural Inline, Frekuensi Vortex Shedding dan Panjang Span.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin panjang span, maka frekuensi natural semakin kecil dan mendekati frekuensi vortex shedding, ini menunjukkan bahwa semakin panjang span , kemungkinan terjadinya resonansi juga semakin besar, sehingga menyebabkan Vortex Induced Vibration pada pipeline.

4.2.5.7. Panjang Span Maksimum

Panjang span aktual tidak boleh melebihi dari panjang maksimum span yang diijinkan pada arah crossflow maupun inline untuk menghindari kegagalan pada pipa. Panjang span maksimum pada arah crossflow dan inline dapat dihitung dengan persamaan 2.46 dan 2.47. Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.36 berikut :

Tabel 4.36 Panjang Span Maksimum

No. Freesspan	Panjang Span (L) [m]	Panjang Span Maksimum pada arah Crossflow (Lc) [m]	Panjang Span Maksimum pada arah Inline (Lc) [m]
FS-1	22.15	24.898	30.835
FS-2	11.06	25.455	63.321
FS-3	24.39	25.397	29.476
FS-4	25.17	25.415	28.533
FS-5	19.78	25.465	36.397
FS-6	20.81	25.455	34.605
FS-7	49.90	25.417	15.186
FS-8	42.90	25.432	15.879
FS-9	33.94	25.486	20.566
FS-10	25.84	25.466	27.769
FS-11	34.78	25.535	20.208
FS-12	31.76	25.559	22.323
FS-13	14.73	24.989	45.968
FS-14	18.51	25.486	38.481
FS-15	28.04	25.547	25.504
FS-16	14.93	25.204	46.572
FS-17	6.58	24.898	95.243
FS-18	15.08	25.429	47.389
FS-19	19.73	25.204	35.541
FS-20	15.16	25.446	47.141
FS-22	13.30	25.504	53.375
FS-23	14.60	25.465	48.854
FS-24	9.04	25.465	76.028
FS-26	10.84	25.504	64.530
FS-27	9.90	25.204	68.224
FS-28	13.64	25.446	52.134
FS-30	27.37	25.489	26.158
FS-31	9.87	24.352	63.594

Tabel 4.36 Panjang Span Maksimum (lanjutan)

No. Freesspan	Panjang Span (L) [m]	Panjang Span Maksimum pada arah Crossflow (Lc) [m]	Panjang Span Maksimum pada arah Inline (Lc) [m]
FS-32	7.00	24.352	86.201
FS-33	14.78	25.398	47.827
FS-34	19.52	25.398	36.530

4.2.5.8. Kriteria Screening

Screening kriteria VIV pada arah crossflow maupun inline perlu dilakukan untuk mengetahui apakah VIV yang terjadi pada pipeline masih dalam batas aman kriteria DNV RP F105 atau tidak. Screening kriteria ini nantinya akan menjadi salah satu faktor untuk melakukan mitigasi pada pipeline. Screening kriteria yang dilakukan mengacu pada DNV RP F105 dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.48 untuk arah inline dan persamaan 2.51 untuk arah crossflow. Berikut hasil screening pada arah inline maupun crossflow (lihat Tabel 4.37 dan Tabel 4.38)

Tabel 4.37 Screening Kriteria VIV arah Crossflow

Screening Kriteria pada Arah Crossflow				
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	fn_{cf} [Hz]	Nilai Kriteria	KONDISI
FS-1	22.147	1.386	0.843	TIDAK TERJADI VIV
FS-2	11.063	5.577	0.902	TIDAK TERJADI VIV
FS-3	24.387	1.201	0.936	TIDAK TERJADI VIV
FS-4	25.171	1.125	0.925	TIDAK TERJADI VIV
FS-5	19.781	1.833	0.896	TIDAK TERJADI VIV
FS-6	20.811	1.657	0.902	TIDAK TERJADI VIV
FS-7	49.897	0.304	0.924	TERJADI VIV
FS-8	42.905	0.374	0.915	TERJADI VIV
FS-9	33.935	0.595	0.822	TERJADI VIV
FS-10	25.842	1.066	0.895	TIDAK TERJADI VIV
FS-11	34.779	0.570	0.858	TERJADI VIV
FS-12	31.762	0.691	0.846	TERJADI VIV
FS-13	14.728	3.090	0.800	TIDAK TERJADI VIV
FS-14	18.513	2.070	0.822	TIDAK TERJADI VIV
FS-15	28.035	0.900	0.852	TIDAK TERJADI VIV

Tabel 4.37 Screening Kriteria VIV arah Crossflow (lanjutan)

Screening Kriteria pada Arah Crossflow				
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	fn_{cf} [Hz]	Nilai Kriteria	KONDISI
FS-16	14.935	3.089	0.855	TIDAK TERJADI VIV
FS-17	6.581	13.376	0.843	TIDAK TERJADI VIV
FS-18	15.078	3.115	0.916	TIDAK TERJADI VIV
FS-19	19.726	1.795	0.855	TIDAK TERJADI VIV
FS-20	15.161	3.082	0.907	TIDAK TERJADI VIV
FS-22	13.298	3.956	0.875	TIDAK TERJADI VIV
FS-23	14.604	3.311	0.896	TIDAK TERJADI VIV
FS-24	9.042	8.056	0.896	TIDAK TERJADI VIV
FS-26	10.837	5.793	0.875	TIDAK TERJADI VIV
FS-27	9.902	6.656	0.855	TIDAK TERJADI VIV
FS-28	13.635	3.773	0.907	TIDAK TERJADI VIV
FS-30	27.367	0.946	0.882	TIDAK TERJADI VIV
FS-31	9.871	6.221	0.828	TIDAK TERJADI VIV
FS-32	6.999	11.473	0.828	TIDAK TERJADI VIV
FS-33	14.783	3.204	0.866	TIDAK TERJADI VIV
FS-34	19.517	1.865	0.866	TIDAK TERJADI VIV

Tabel 4.38 Screening Kriteria VIV arah Inline

Screening Kriteria pada Arah Inline				
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	fn_{il} [Hz]	Nilai Kriteria	KONDISI
FS-1	22.147	1.382	1.855	TERJADI VIV
FS-2	11.063	5.528	1.983	TIDAK TERJADI VIV
FS-3	24.387	1.198	2.058	TERJADI VIV
FS-4	25.171	1.122	2.035	TERJADI VIV
FS-5	19.781	1.826	1.971	TERJADI VIV
FS-6	20.811	1.651	1.983	TERJADI VIV
FS-7	49.897	0.238	2.032	TERJADI VIV
FS-8	42.905	0.347	2.012	TERJADI VIV
FS-9	33.935	0.589	1.809	TERJADI VIV
FS-10	25.842	1.063	1.970	TERJADI VIV
FS-11	34.779	0.563	1.888	TERJADI VIV
FS-12	31.762	0.687	1.861	TERJADI VIV
FS-13	14.728	3.072	1.759	TIDAK TERJADI VIV
FS-14	18.513	2.061	1.809	TIDAK TERJADI VIV

Tabel 4.38 Screening Kriteria VIV arah Inline (lanjutan)

Screening Kriteria pada Arah Inline				
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	fn_{il} [Hz]	Nilai Kriteria	KONDISI
FS-15	28.035	0.897	1.875	TERJADI VIV
FS-16	14.935	3.071	1.882	TIDAK TERJADI VIV
FS-17	6.581	13.186	1.855	TIDAK TERJADI VIV
FS-18	15.078	3.096	2.016	TIDAK TERJADI VIV
FS-19	19.726	1.788	1.882	TERJADI VIV
FS-20	15.161	3.064	1.995	TIDAK TERJADI VIV
FS-22	13.298	3.928	1.924	TIDAK TERJADI VIV
FS-23	14.604	3.291	1.971	TIDAK TERJADI VIV
FS-24	9.042	7.970	1.971	TIDAK TERJADI VIV
FS-26	10.837	5.741	1.924	TIDAK TERJADI VIV
FS-27	9.902	6.590	1.882	TIDAK TERJADI VIV
FS-28	13.635	3.747	1.995	TIDAK TERJADI VIV
FS-30	27.367	0.943	1.941	TERJADI VIV
FS-31	9.871	6.160	1.822	TIDAK TERJADI VIV
FS-32	6.999	11.318	1.822	TIDAK TERJADI VIV
FS-33	14.783	3.184	1.904	TIDAK TERJADI VIV
FS-34	19.517	1.858	1.904	TERJADI VIV

Dari hasil screening kriteria VIV diatas, terdapat beberapa titik pada pipeline yang mengalami VIV, namun diperlukan kriteria screening lain untuk memastikan kembali titik pada pipeline yang perlu di mitigasi. Seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, menurut Guo,dkk. (2005) ada beberapa factor yang perlu di perhitungkan dalam melakukan mitigasi pada pipeline yang mengalami *free span*. Terdapat 5 faktor yang perlu diperhitungkan (Tabel 2.8). Berikut hasil analisisinya (Lihat Tabel 4.39 sampai Tabel 4.43) :

Tabel 4.39 Screening Osilasi

Screening Osilasi					
No. Free Span	Vortex Shedding (fs)	0.7 fn cf	0.7 fn il	Kondisi Crossflow	Kondisi Inline
FS-1	0.245	0.970	0.967	AMAN	AMAN
FS-2	0.245	3.904	3.870	AMAN	AMAN
FS-3	0.245	0.841	0.839	AMAN	AMAN

Tabel 4.39 Screening Osilasi (lanjutan)

Screening Osilasi					
No. Free Span	Vortex Shedding (fs)	0.7 fn cf	0.7 fn il	Kondisi Crossflow	Kondisi Inline
FS-4	0.245	0.788	0.786	AMAN	AMAN
FS-5	0.245	1.283	1.279	AMAN	AMAN
FS-6	0.245	1.160	1.156	AMAN	AMAN
FS-7	0.245	0.213	0.167	TIDAK AMAN	TIDAK AMAN
FS-8	0.245	0.261	0.243	AMAN	TIDAK AMAN
FS-9	0.245	0.416	0.412	AMAN	AMAN
FS-10	0.245	0.746	0.744	AMAN	AMAN
FS-11	0.245	0.399	0.394	AMAN	AMAN
FS-12	0.245	0.484	0.481	AMAN	AMAN
FS-13	0.245	2.163	2.150	AMAN	AMAN
FS-14	0.245	1.449	1.443	AMAN	AMAN
FS-15	0.245	0.630	0.628	AMAN	AMAN
FS-16	0.245	2.163	2.150	AMAN	AMAN
FS-17	0.245	9.363	9.230	AMAN	AMAN
FS-18	0.245	2.180	2.167	AMAN	AMAN
FS-19	0.245	1.257	1.252	AMAN	AMAN
FS-20	0.245	2.157	2.145	AMAN	AMAN
FS-22	0.245	2.769	2.750	AMAN	AMAN
FS-23	0.245	2.318	2.304	AMAN	AMAN
FS-24	0.245	5.639	5.579	AMAN	AMAN
FS-26	0.245	4.055	4.019	AMAN	AMAN
FS-27	0.245	4.659	4.613	AMAN	AMAN
FS-28	0.245	2.641	2.623	AMAN	AMAN
FS-30	0.245	0.662	0.660	AMAN	AMAN
FS-31	0.245	4.355	4.312	AMAN	AMAN
FS-32	0.245	8.031	7.923	AMAN	AMAN
FS-33	0.245	2.243	2.229	AMAN	AMAN
FS-34	0.245	1.305	1.300	AMAN	AMAN

Pada hasil screening yang pertama, yaitu dimana frekuensi vortex shedding tidak boleh lebih besar daripada 0.7 kalinya frekuensi natural pada arah crossflow maupun inline, terlihat pada Tabel 4.39, terdapat 2 titik span yang mengalami kondisi kritis, kondisi dimana terjadi resonansi pada pipeline sehingga menimbulkan osilasi.

Pada Tabel 4.40, merupakan hasil analisis screening panjang maksimum. Screening dilakukan dengan dua kondisi, yaitu pada kondisi arah crossflow dan kondisi pada arah inline, ini disebabkan karena pada kedua arah tersebut memiliki karakteristik respon struktur masing-masing yang berbeda. Dari hasil analisis pada Tabel 4.40 juga terlihat terdapat total ada 8 titik span yang melebihi panjang maksimumnya.

Tabel 4.40 Screening Panjang Maksimum

Screening Panjang Maksimum					
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Panjang Span Maksimum Crossflow (Lc_{cf}) [m]	Panjang Span Maksimum Inline (Lc_{il}) [m]	Kondisi Crossflow	Kondisi Inline
FS-1	22.15	24.90	30.83	AMAN	AMAN
FS-2	11.06	25.45	63.32	AMAN	AMAN
FS-3	24.39	25.40	29.48	AMAN	AMAN
FS-4	25.17	25.42	28.53	AMAN	AMAN
FS-5	19.78	25.47	36.40	AMAN	AMAN
FS-6	20.81	25.46	34.60	AMAN	AMAN
FS-7	49.90	25.42	15.15	KRITIS	KRITIS
FS-8	42.90	25.43	15.87	KRITIS	KRITIS
FS-9	33.94	25.49	20.56	KRITIS	KRITIS
FS-10	25.84	25.47	27.77	KRITIS	AMAN
FS-11	34.78	25.54	20.21	KRITIS	KRITIS
FS-12	31.76	25.56	22.32	KRITIS	KRITIS
FS-13	14.73	24.99	45.97	AMAN	AMAN
FS-14	18.51	25.49	38.48	AMAN	AMAN
FS-15	28.04	25.55	25.50	KRITIS	KRITIS
FS-16	14.93	25.20	46.57	AMAN	AMAN
FS-17	6.58	24.90	95.24	AMAN	AMAN
FS-18	15.08	25.43	47.39	AMAN	AMAN
FS-19	19.73	25.20	35.54	AMAN	AMAN
FS-20	15.16	25.45	47.14	AMAN	AMAN
FS-22	13.30	25.50	53.38	AMAN	AMAN
FS-23	14.60	25.47	48.85	AMAN	AMAN
FS-24	9.04	25.47	76.03	AMAN	AMAN
FS-26	10.84	25.50	64.53	AMAN	AMAN
FS-27	9.90	25.20	68.22	AMAN	AMAN
FS-28	13.64	25.45	52.13	AMAN	AMAN
FS-30	27.37	25.49	26.16	KRITIS	KRITIS

Tabel 4.40 Screening Panjang Maksimum (lanjutan)

Screening Panjang Maksimum					
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Panjang Span Maksimum Crossflow (Lc_{cf}) [m]	Panjang Span Maksimum Inline (Lc_{il}) [m]	Kondisi Crossflow	Kondisi Inline
FS-31	9.87	24.35	63.59	AMAN	AMAN
FS-32	7.00	24.35	86.20	AMAN	AMAN
FS-33	14.78	25.40	47.83	AMAN	AMAN
FS-34	19.52	25.40	36.53	AMAN	AMAN

Pada kriteria screening selanjutnya yaitu beban critical buckling atau beban yang mampu ditahan oleh pipeline sebelum terjadinya buckling. DNV RP F105 mensyaratkan gaya aksial efektif dibagi dengan nilai kritikal buckling tidak boleh kurang dari -0.5. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4.41 dan Tabel 4.42 dibawah ini.

Tabel 4.41 Screening nilai Pcr Crossflow

Screening Nilai Critical Buckling (Pcr) Crossflow						
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Gaya Aksial Efektif (Seff) [N]	Critical Buckling (Pcr) [N/m]	Seff/Pcr	Nilai Batas	Kondisi
FS-1	22.15	-312641	3492111.24	-0.07	-0.5	AMAN
FS-2	11.06	-312641	13000657.40	-0.02	-0.5	AMAN
FS-3	24.39	-312641	2889813.87	-0.08	-0.5	AMAN
FS-4	25.17	-312641	2714672.57	-0.08	-0.5	AMAN
FS-5	19.78	-312641	4351335.89	-0.05	-0.5	AMAN
FS-6	20.81	-312641	3943052.57	-0.06	-0.5	AMAN
FS-7	49.90	-312641	672737.64	-0.34	-0.5	AMAN
FS-8	42.90	-312641	921784.98	-0.25	-0.5	AMAN
FS-9	33.94	-312641	1491406.22	-0.15	-0.5	AMAN
FS-10	25.84	-312641	2576921.71	-0.09	-0.5	AMAN
FS-11	34.78	-312641	1418725.29	-0.16	-0.5	AMAN
FS-12	31.76	-312641	1705349.63	-0.14	-0.5	AMAN
FS-13	14.73	-312641	7643812.94	-0.03	-0.5	AMAN
FS-14	18.51	-312641	4945095.95	-0.05	-0.5	AMAN
FS-15	28.04	-312641	2191167.36	-0.11	-0.5	AMAN
FS-16	14.93	-312641	7445699.43	-0.03	-0.5	AMAN
FS-17	6.58	-312641	32696516.27	-0.01	-0.5	AMAN
FS-18	15.08	-312641	7312166.73	-0.03	-0.5	AMAN

Tabel 4.41 Screening nilai Pcr Crossflow (lanjutan)

Screening Nilai Critical Buckling (Pcr) Crossflow						
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Gaya Aksial Efektif (Seff) [N]	Critical Buckling (Pcr) [N/m]	Seff/Pcr	Nilai Batas	Kondisi
FS-19	19.73	-312641	4374827.19	-0.05	-0.5	AMAN
FS-20	15.16	-312641	7236767.52	-0.03	-0.5	AMAN
FS-22	13.30	-312641	9255269.09	-0.02	-0.5	AMAN
FS-23	14.60	-312641	7766205.11	-0.03	-0.5	AMAN
FS-24	9.04	-312641	18728567.68	-0.01	-0.5	AMAN
FS-26	10.84	-312641	13500268.66	-0.02	-0.5	AMAN
FS-27	9.90	-312641	15906432.35	-0.01	-0.5	AMAN
FS-28	13.64	-312641	8833172.07	-0.03	-0.5	AMAN
FS-30	27.37	-312641	2299198.25	-0.10	-0.5	AMAN
FS-31	9.87	-312641	15994880.77	-0.01	-0.5	AMAN
FS-32	7.00	-312641	29397887.73	-0.01	-0.5	AMAN
FS-33	14.78	-312641	7589779.73	-0.03	-0.5	AMAN
FS-34	19.52	-312641	4465803.71	-0.05	-0.5	AMAN

Tabel 4.42 Screening Nilai Pcr Inline

Screening Nilai Critical Buckling (Pcr) Inline						
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Gaya Aksial Efektif (Seff) [N]	Critical Buckling (Pcr) [N/m]	Seff/Pcr	Nilai Batas	Kondisi
FS-1	22.15	-312641	3483841.53	-0.07	-0.5	AMAN
FS-2	11.06	-312641	12887947.65	-0.02	-0.5	AMAN
FS-3	24.39	-312641	2885384.40	-0.08	-0.5	AMAN
FS-4	25.17	-312641	2711254.12	-0.09	-0.5	AMAN
FS-5	19.78	-312641	4336739.17	-0.05	-0.5	AMAN
FS-6	20.81	-312641	3931576.77	-0.06	-0.5	AMAN
FS-7	49.90	-312641	675910.00	-0.34	-0.5	AMAN
FS-8	42.90	-312641	924891.36	-0.25	-0.5	AMAN
FS-9	33.94	-312641	1493376.29	-0.15	-0.5	AMAN
FS-10	25.84	-312641	2574261.84	-0.09	-0.5	AMAN
FS-11	34.78	-312641	1420901.67	-0.16	-0.5	AMAN
FS-12	31.76	-312641	1706625.48	-0.14	-0.5	AMAN
FS-13	14.73	-312641	7598049.38	-0.03	-0.5	AMAN
FS-14	18.51	-312641	4925624.88	-0.05	-0.5	AMAN
FS-15	28.04	-312641	2190446.15	-0.11	-0.5	AMAN
FS-16	14.93	-312641	7402066.65	-0.03	-0.5	AMAN

Tabel 4.42 Screening Nilai Pcr Inline (lanjutan)

Screening Nilai Critical Buckling (Pcr) Inline						
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Gaya Aksial Efektif (Seff) [N]	Critical Buckling (Pcr) [N/m]	Seff/Pcr	Nilai Batas	Kondisi
FS-17	6.58	-312641	32235405.21	-0.01	-0.5	AMAN
FS-18	15.08	-312641	7269953.83	-0.03	-0.5	AMAN
FS-19	19.73	-312641	4360044.98	-0.05	-0.5	AMAN
FS-20	15.16	-312641	7195350.47	-0.03	-0.5	AMAN
FS-22	13.30	-312641	9191164.87	-0.03	-0.5	AMAN
FS-23	14.60	-312641	7719110.94	-0.03	-0.5	AMAN
FS-24	9.04	-312641	18528626.19	-0.01	-0.5	AMAN
FS-26	10.84	-312641	13380524.08	-0.02	-0.5	AMAN
FS-27	9.90	-312641	15751205.58	-0.01	-0.5	AMAN
FS-28	13.64	-312641	8774038.24	-0.03	-0.5	AMAN
FS-30	27.37	-312641	2297963.10	-0.10	-0.5	AMAN
FS-31	9.87	-312641	15838301.53	-0.01	-0.5	AMAN
FS-32	7.00	-312641	29003743.07	-0.01	-0.5	AMAN
FS-33	14.78	-312641	7544600.15	-0.03	-0.5	AMAN
FS-34	19.52	-312641	4450297.24	-0.05	-0.5	AMAN

Pada Tabel 4.43 dibawah ini, merupakan hasil analisis screening defleksi batas pada arah crossflow maupun pada arah inline. Nilai rasio antara defleksi yang terjadi pada arah crossflow maupun inline dengan diameter terluar pipeline tidak boleh melebihi 2.5.

Tabel 4.43 Screening Nilai Defleksi

Screening Defleksi							
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Defleksi Crossflow (δ_{cf}) [m]	Defleksi Inline (δ_{il}) [m]	δ_{cf}/D	δ_{il}/D	Kondisi Crossflow	Kondisi Inline
FS-1	22.15	0.0306	0.0071	0.05	0.01	AMAN	AMAN
FS-2	11.06	0.0021	0.0005	0.00	0.00	AMAN	AMAN
FS-3	24.39	0.0453	0.0116	0.08	0.02	AMAN	AMAN
FS-4	25.17	0.0517	0.0129	0.09	0.02	AMAN	AMAN
FS-5	19.78	0.0194	0.0047	0.03	0.01	AMAN	AMAN
FS-6	20.81	0.0238	0.0058	0.04	0.01	AMAN	AMAN
FS-7	49.90	1.1714	0.2064	1.96	0.34	AMAN	AMAN
FS-8	42.90	0.5468	0.1082	0.91	0.18	AMAN	AMAN
FS-9	33.94	0.1853	0.0343	0.31	0.06	AMAN	AMAN
FS-10	25.84	0.0576	0.0134	0.10	0.02	AMAN	AMAN

Tabel 4.43 Screening Nilai Defleksi (lanjutan)

Screening Defleksi							
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Defleksi Crossflow (δ_{cf}) [m]	Defleksi Inline (δ_{il}) [m]	δ_{cf}/D	δ_{il}/D	Kondisi Crossflow	Kondisi Inline
FS-11	34.78	0.2067	0.0405	0.35	0.07	AMAN	AMAN
FS-12	31.76	0.1385	0.0273	0.23	0.05	AMAN	AMAN
FS-13	14.73	0.0061	0.0013	0.01	0.00	AMAN	AMAN
FS-14	18.51	0.0149	0.0031	0.02	0.01	AMAN	AMAN
FS-15	28.04	0.0811	0.0168	0.14	0.03	AMAN	AMAN
FS-16	14.93	0.0065	0.0015	0.01	0.00	AMAN	AMAN
FS-17	6.58	0.0003	0.0001	0.00	0.00	AMAN	AMAN
FS-18	15.08	0.0067	0.0018	0.01	0.00	AMAN	AMAN
FS-19	19.73	0.0192	0.0045	0.03	0.01	AMAN	AMAN
FS-20	15.16	0.0069	0.0018	0.01	0.00	AMAN	AMAN
FS-22	13.30	0.0042	0.0010	0.01	0.00	AMAN	AMAN
FS-23	14.60	0.0060	0.0015	0.01	0.00	AMAN	AMAN
FS-24	9.04	0.0010	0.0003	0.00	0.00	AMAN	AMAN
FS-26	10.84	0.0019	0.0005	0.00	0.00	AMAN	AMAN
FS-27	9.90	0.0014	0.0003	0.00	0.00	AMAN	AMAN
FS-28	13.64	0.0046	0.0012	0.01	0.00	AMAN	AMAN
FS-30	27.37	0.0733	0.0163	0.12	0.03	AMAN	AMAN
FS-31	9.87	0.0014	0.0004	0.00	0.00	AMAN	AMAN
FS-32	7.00	0.0004	0.0001	0.00	0.00	AMAN	AMAN
FS-33	14.78	0.0062	0.0015	0.01	0.00	AMAN	AMAN
FS-34	19.52	0.0184	0.0043	0.03	0.01	AMAN	AMAN

Tabel 4.44 dibawah ini menjelaskan hasil analisis screening yang terakhir, dimana Gap atau jarak pipeline dengan seabed yang terjadi akibat *free span*, nilainya harus kurang dari 5 kali diameternya. Dari hasil tersebut, pipeline dikatakan aman dari kriteria screening ini

Tabel 4.44 Screening Gap

Screening Gap			
No. Free Span	Gap (e) [m]	5D	Kondisi
FS-1	0.2	2.995	AMAN
FS-2	0.9	2.995	AMAN
FS-3	1.7	2.995	AMAN
FS-4	1.4	2.995	AMAN

Tabel 4.44 Screening Gap (lanjutan)

Screening Gap			
No. Free Span	**Gap (e) [m]**	**5D**	**Kondisi**
FS-5	0.8	2.995	AMAN
FS-6	2	2.995	AMAN
FS-7	2.9	2.995	AMAN
FS-8	2.5	2.995	AMAN
FS-9	0.4	2.995	AMAN
FS-10	1.8	2.995	AMAN
FS-11	0.9	2.995	AMAN
FS-12	0.7	2.995	AMAN
FS-13	0.2	2.995	AMAN
FS-14	0.4	2.995	AMAN
FS-15	0.8	2.995	AMAN
FS-16	0.3	2.995	AMAN
FS-17	0.2	2.995	AMAN
FS-18	1.2	2.995	AMAN
FS-19	0.3	2.995	AMAN
FS-20	1	2.995	AMAN
FS-22	0.5	2.995	AMAN
FS-23	0.8	2.995	AMAN
FS-24	0.8	2.995	AMAN
FS-26	0.5	2.995	AMAN
FS-27	0.3	2.995	AMAN
FS-28	1	2.995	AMAN
FS-30	0.6	2.995	AMAN
FS-31	0.1	2.995	AMAN
FS-32	0.1	2.995	AMAN
FS-33	0.4	2.995	AMAN
FS-34	0.4	2.995	AMAN

4.2.6. Mitigasi (Penambahan *Support*)

Setelah melakukan screening kriteria, terdapat 15 titik span yang perlu dilakukan mitigasi. Menurut DNV RP F105, dalam peletakkan *support* minimal adalah 0.5 kali dari panjang span, namun dalam pengaplikasiannya diharapkan semua factor mitigasi dapat terpenuhi. Jarak support yang dikonfigurasikan pada Tugas Akhir ini adalah berjarak 15 meter antar *support*. Pemilihan jarak *support* berdasarkan nilai panjang maksimum paling minimum yang terjadi pada arah crossflow maupun inline agar semua kriteria yang disyaratkan oleh DNV RP F105 dapat terpenuhi. Berikut Tabel 4.45 menyajikan hasil konfigurasi span setelah penambahan *support*.

Tabel 4.45 Konfigurasi Peletakkan Support dengan Jarak 15m

Panjang Span dengan Jarak Support 15m					
No. Free Span	**Panjang Span (L) [m]**	**Panjang Span setelah di support [m]**	**Panjang Span setelah di support [m]**	**Panjang Span setelah di support [m]**	**Panjang Span setelah di support [m]**
FS-1	22.15	15	7.15	-	-
FS-3	24.39	15	9.39	-	-
FS-4	25.17	15	10.17	-	-
FS-5	19.78	15	4.78	-	-
FS-6	20.81	15	5.81	-	-
FS-7	49.90	15	15	15	4.9
FS-8	42.90	15	15	12.9	-
FS-9	33.94	15	15	3.94	-
FS-10	25.84	15	10.84	-	-
FS-11	34.78	15	15	4.78	-
FS-12	31.76	15	15	1.76	-
FS-15	28.04	15	13.04	-	-
FS-19	19.73	15	4.73	-	-
FS-30	27.37	15	13.37	-	-
FS-34	19.52	15	4.52	-	-

Setelah panjang span setelah di *support* telah diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menghitung ulang analisis dinamis dengan langkah yang sama untuk memastikan span yang telah di *support* telah dalam kondisi aman.

4.2.6.1. Critical Buckling (Pcr) Setelah Mitigasi

Dengan menggunakan persamaan 2.37, berikut hasil nilai Pcr setelah dilakukan mitigasi (lihat Tabel 4.46) :

Tabel 4.46 Pcr setelah dilakukan Mitigasi

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Pcr pada Arah Crossflow [N/m]	Pcr pada Arah Inline [N/m]
FS-1	15.00	7384513.19	7341532.659
FS-1.1	7.15	28330874.75	27957742.290
FS-3	15.00	7384513.19	7341532.659
FS-3.1	9.39	17501407.47	17321297.696
FS-4	15.00	7384513.19	7341532.659
FS-4.1	10.17	15154668.77	15010802.797
FS-5	15.00	7384513.19	7341532.659
FS-5.1	4.78	55950947.43	54942947.644
FS-6	15.00	7384513.19	7341532.659
FS-6.1	5.81	40432209.68	39802970.081
FS-7	15.00	7384513.19	7341532.659
FS-7.1	15.00	7384513.19	7341532.659
FS-7.2	15.00	7384513.19	7341532.659
FS-7.3	4.90	53717825.59	52767475.568
FS-8	15.00	7384513.19	7341532.659
FS-8.1	15.00	7384513.19	7341532.659
FS-8.2	12.90	9794524.60	9723908.968
FS-9	15.00	7384513.19	7341532.659
FS-9.1	15.00	7384513.19	7341532.659
FS-9.2	3.94	76412513.05	74831627.450
FS-10	15.00	7384513.19	7341532.659

Tabel 4.46 Pcr setelah dilakukan Mitigasi (lanjutan)

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Pcr pada Arah Crossflow [N/m]	Pcr pada Arah Inline [N/m]
FS-10.1	10.84	13494439.77	13374777.946
FS-11	15.00	7384513.19	7341532.659
FS 11.1	15.00	7384513.19	7341532.659
FS 11.2	4.78	55950947.43	54942947.644
FS-12	15.00	7384513.19	7341532.659
FS 12.1	15.00	7384513.19	7341532.659
FS 12.2	1.76	244295045.49	235453073.677
FS-15	15.00	7384513.19	7341532.659
FS 15.1	13.04	9599885.01	9531640.075
FS-19	15.00	7384513.19	7341532.659
FS 19.1	4.73	56923003.32	55889595.352
FS-30	15.00	7384513.19	7341532.659
FS 30.1	13.37	9163180.48	9100170.269
FS-34	15.00	7384513.19	7341532.659
FS 34.1	4.52	61297756.44	60147689.448

4.2.6.2. Defleksi Setelah Mitigasi

Menggunakan persamaan 2.38, defleksi setelah di mitigasi untuk arah crossflow dan inline adalah (lihat Tabel 4.47) :

Tabel 4.47 Defleksi setelah Mitigasi

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Defleksi Crossflow (δ_{cf}) [m]	Defleksi Inline (δ_{il}) [m]
FS-1	15.00	0.0066	0.0016
FS-1.1	7.15	0.0064	0.0016

Tabel 4.47 Defleksi setelah Mitigasi (lanjutan)

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Defleksi Crossflow (δ_{cf}) [m]	Defleksi Inline (δ_{il}) [m]
FS-3	15.00	0.0066	0.0019
FS-3.1	9.39	0.0065	0.0018
FS-4	15.00	0.0066	0.0018
FS-4.1	10.17	0.0065	0.0018
FS-5	15.00	0.0066	0.0017
FS-5.1	4.78	0.0064	0.0017
FS-6	15.00	0.0066	0.0017
FS-6.1	5.81	0.0064	0.0017
FS-7	15.00	0.0066	0.0018
FS-7.1	15.00	0.0066	0.0018
FS-7.2	15.00	0.0066	0.0018
FS-7.3	4.90	0.0064	0.0018
FS-8	15.00	0.0066	0.0018
FS-8.1	15.00	0.0066	0.0018
FS-8.2	12.90	0.0065	0.0018
FS-9	15.00	0.0066	0.0015
FS-9.1	15.00	0.0066	0.0015
FS-9.2	3.94	0.0064	0.0014
FS-10	15.00	0.0066	0.0017
FS-10.1	10.84	0.0065	0.0017
FS-11	15.00	0.0066	0.0016
FS 11.1	15.00	0.0066	0.0016
FS 11.2	4.78	0.0064	0.0015
FS-12	15.00	0.0066	0.0015

Tabel 4.47 Defleksi setelah Mitigasi (lanjutan)

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Defleksi Crossflow (δ_{cf}) [m]	Defleksi Inline (δ_{il}) [m]
FS 12.1	15.00	0.0066	0.0015
FS 12.2	1.76	0.0064	0.0015
FS-15	15.00	0.0066	0.0015
FS 15.1	13.04	0.0065	0.0015
FS-19	15.00	0.0066	0.0016
FS 19.1	4.73	0.0064	0.0016
FS-30	15.00	0.0066	0.0017
FS 30.1	13.37	0.0066	0.0017
FS-34	15.00	0.0066	0.0016
FS 34.1	4.52	0.0064	0.0016

4.2.6.3. Frekuesi Natural Setelah Mitigasi

Untuk menghitung frekuensi natural pipeline setelah di mitigasi, dapat menggunakan persamaan 2.35. untuk hasil analisanya dapat dilihat pada Tabel 4.48.

Tabel 4.48 Frekuensi Natural Setelah Mitigasi

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Frekuensi Natural Cross Flow (fn_{cf}) [Hz]	Frekuensi Natural In-Line (fn_{il}) [Hz]
FS-1	15.00	2.98	2.97
FS-1.1	7.15	11.58	11.43
FS-3	15.00	3.15	3.13
FS-3.1	9.39	7.53	7.45
FS-4	15.00	3.15	3.13
FS-4.1	10.17	6.51	6.45
FS-5	15.00	3.15	3.13

Tabel 4.48 Frekuensi Natural Setelah Mitigasi (lanjutan)

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Frekuensi Natural Cross Flow (fn_{cf}) [Hz]	Frekuensi Natural In-Line (fn_{il}) [Hz]
FS-5.1	4.78	24.17	23.73
FS-6	15.00	3.15	3.13
FS-6.1	5.81	17.45	17.18
FS-7	15.00	3.15	3.13
FS-7.1	15.00	3.15	3.13
FS-7.2	15.00	3.15	3.13
FS-7.3	4.90	23.20	22.79
FS-8	15.00	3.15	3.13
FS-8.1	15.00	3.15	3.13
FS-8.2	12.90	4.19	4.16
FS-9	15.00	3.12	3.10
FS-9.1	15.00	3.12	3.10
FS-9.2	3.94	32.71	32.03
FS-10	15.00	3.15	3.13
FS-10.1	10.84	5.79	5.74
FS-11	15.00	3.15	3.13
FS 11.1	15.00	3.15	3.13
FS 11.2	4.78	24.17	23.73
FS-12	15.00	3.15	3.13
FS 12.1	15.00	3.15	3.13
FS 12.2	1.76	105.69	101.86
FS-15	15.00	3.15	3.13
FS 15.1	13.04	4.11	4.08
FS-19	15.00	3.06	3.05

Tabel 4.48 Frekuensi Natural Setelah Mitigasi (lanjutan)

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Frekuensi Natural Cross Flow (fn_{cf}) [Hz]	Frekuensi Natural In-Line (fn_{il}) [Hz]
FS 19.1	4.73	23.94	23.51
FS-30	15.00	3.15	3.13
FS 30.1	13.37	3.92	3.89
FS-34	15.00	3.12	3.10
FS 34.1	4.52	26.23	25.73

4.2.6.4. Panjang Span Maksimum Setelah Mitigasi

Dengan menggunakan persamaan 2.46 untuk arah crossflow dan persaman 2.47 untuk arah inline, panjang span maksimum setelah mitigasi menjadi (Lihat Tabel 4.49):

Tabel 4.49 Panjang Span Maksimum Setelah Mitigasi

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Panjang Span Maksimum Crossflow (Ls_{cf}) [m]	Panjang Span Maksimum Inline (Ls_{il}) [m]
FS-1	15.00	24.90	45.17
FS-1.1	7.15	24.90	88.67
FS-3	15.00	25.40	47.63
FS-3.1	9.39	25.40	73.49
FS-4	15.00	25.42	47.63
FS-4.1	10.17	25.42	68.38
FS-5	15.00	25.47	47.63
FS-5.1	4.78	25.47	131.19
FS-6	15.00	25.46	47.63
FS-6.1	5.81	25.46	111.62
FS-7	15.00	25.42	47.63

Tabel 4.49 Panjang Span Maksimum Setelah Mitigasi (lanjutan)

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Panjang Span Maksimum Crossflow (Ls_{cf}) [m]	Panjang Span Maksimum Inline (Ls_{il}) [m]
FS-7.1	15.00	25.42	47.63
FS-7.2	15.00	25.42	47.63
FS-7.3	4.90	25.42	128.56
FS-8	15.00	25.43	47.63
FS-8.1	15.00	25.43	47.63
FS-8.2	12.90	25.43	54.92
FS-9	15.00	25.49	47.17
FS-9.1	15.00	25.49	47.17
FS-9.2	3.94	25.49	151.68
FS-10	15.00	25.47	47.63
FS-10.1	10.84	25.47	64.52
FS-11	15.00	25.54	47.63
FS 11.1	15.00	25.54	47.63
FS 11.2	4.78	25.54	131.19
FS-12	15.00	25.56	47.63
FS 12.1	15.00	25.56	47.63
FS 12.2	1.76	25.56	271.81
FS-15	15.00	25.55	47.63
FS 15.1	13.04	25.55	54.37
FS-19	15.00	25.20	46.38
FS 19.1	4.73	25.20	128.85
FS-30	15.00	25.49	47.63
FS 30.1	13.37	25.49	53.11
FS-34	15.00	25.40	47.17

Tabel 4.49 Panjang Span Maksimum Setelah Mitigasi (lanjutan)

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Panjang Span Maksimum Crossflow (Ls_{cf}) [m]	Panjang Span Maksimum Inline (Ls_{il}) [m]
FS 34.1	4.52	25.40	135.96

4.2.6.5. Kriteria Screening

Langkah selanjutnya adalah melakukan screening untuk memastikan apakah span yang telah diberikan *support* dengan jarak 15m telah memenuhi kriteria-kriteria yang telah ditentukan oleh DNV RP F105. Berikut hasilnya pada Tabel 4.50 hingga Tabel 4.56 :

Tabel 4.50 Screening VIV Setelah Mitigasi

Screening Kriteria VIV Setelah Mitigasi					
No. Free Span	fn_{cf} [Hz]	fn_{il} [Hz]	Nilai Kriteria untuk Arah Crossflow	Nilai Kriteria untuk Arah Inline	Kondisi
FS-1	2.98	2.97	0.843	1.713	AMAN
FS-1.1	11.58	11.43	0.843	1.713	AMAN
FS-3	3.15	3.13	0.936	1.718	AMAN
FS-3.1	7.53	7.45	0.936	1.718	AMAN
FS-4	3.15	3.13	0.925	1.718	AMAN
FS-4.1	6.51	6.45	0.925	1.718	AMAN
FS-5	3.15	3.13	0.896	1.716	AMAN
FS-5.1	24.17	23.73	0.896	1.716	AMAN
FS-6	3.15	3.13	0.902	1.716	AMAN
FS-6.1	17.45	17.18	0.902	1.716	AMAN
FS-7	3.15	3.13	0.924	1.718	AMAN
FS-7.1	3.15	3.13	0.924	1.718	AMAN
FS-7.2	3.15	3.13	0.924	1.718	AMAN

Tabel 4.50 Screening VIV Setelah Mitigasi (lanjutan)

Screening Kriteria VIV Setelah Mitigasi					
No. Free Span	fn_{cf} [Hz]	fn_{il} [Hz]	Nilai Kriteria untuk Arah Crossflow	Nilai Kriteria untuk Arah Inline	Kondisi
FS-7.3	23.20	22.79	0.924	1.718	AMAN
FS-8	3.15	3.13	0.915	1.717	AMAN
FS-8.1	3.15	3.13	0.915	1.717	AMAN
FS-8.2	4.19	4.16	0.915	1.717	AMAN
FS-9	3.12	3.10	0.822	1.712	AMAN
FS-9.1	3.12	3.10	0.822	1.712	AMAN
FS-9.2	32.71	32.03	0.822	1.712	AMAN
FS-10	3.15	3.13	0.895	1.716	AMAN
FS-10.1	5.79	5.74	0.895	1.716	AMAN
FS-11	3.15	3.13	0.858	1.714	AMAN
FS 11.1	3.15	3.13	0.858	1.714	AMAN
FS 11.2	24.17	23.73	0.858	1.714	AMAN
FS-12	3.15	3.13	0.846	1.713	AMAN
FS 12.1	3.15	3.13	0.846	1.713	AMAN
FS 12.2	105.69	101.86	0.846	1.713	AMAN
FS-15	3.15	3.13	0.852	1.714	AMAN
FS 15.1	4.11	4.08	0.852	1.714	AMAN
FS-19	3.06	3.05	0.855	1.714	AMAN
FS 19.1	23.94	23.51	0.855	1.714	AMAN
FS-30	3.15	3.13	0.882	1.715	AMAN
FS 30.1	3.92	3.89	0.882	1.715	AMAN
FS-34	3.12	3.10	0.866	1.714	AMAN
FS 34.1	26.23	25.73	0.866	1.714	AMAN

Tabel 4.51 Screening Kriteria Osilasi Setelah Mitigasi

Screening Osilasi						
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Vortex Shedding (fs)	0.7 x fn_{cf}	0.7 x fn_{il}	Kondisi Crossflow	Kondisi Inline
FS-1	15.00	0.245	2.089	2.076	AMAN	AMAN
FS-1.1	7.15	0.245	8.109	8.001	AMAN	AMAN
FS-3	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN
FS-3.1	9.39	0.245	5.268	5.213	AMAN	AMAN
FS-4	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN
FS-4.1	10.17	0.245	4.557	4.513	AMAN	AMAN
FS-5	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN
FS-5.1	4.78	0.245	16.918	16.612	AMAN	AMAN
FS-6	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN
FS-6.1	5.81	0.245	12.216	12.024	AMAN	AMAN
FS-7	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN
FS-7.1	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN
FS-7.2	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN
FS-7.3	4.90	0.245	16.241	15.952	AMAN	AMAN
FS-8	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN
FS-8.1	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN
FS-8.2	12.90	0.245	2.933	2.911	AMAN	AMAN
FS-9	15.00	0.245	2.181	2.168	AMAN	AMAN
FS-9.1	15.00	0.245	2.181	2.168	AMAN	AMAN
FS-9.2	3.94	0.245	22.896	22.420	AMAN	AMAN
FS-10	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN
FS-10.1	10.84	0.245	4.054	4.017	AMAN	AMAN
FS-11	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN

Tabel 4.51 Screening Kriteria Osilasi Setelah Mitigasi (lanjutan)

Screening Osilasi						
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Vortex Shedding (fs)	0.7 x fn_{cf}	0.7 x fn_{il}	Kondisi Crossflow	Kondisi Inline
FS 11.1	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN
FS 11.2	4.78	0.245	16.918	16.612	AMAN	AMAN
FS-12	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN
FS 12.1	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN
FS 12.2	1.76	0.245	73.985	71.302	AMAN	AMAN
FS-15	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN
FS 15.1	13.04	0.245	2.874	2.853	AMAN	AMAN
FS-19	15.00	0.245	2.145	2.132	AMAN	AMAN
FS 19.1	4.73	0.245	16.761	16.456	AMAN	AMAN
FS-30	15.00	0.245	2.202	2.189	AMAN	AMAN
FS 30.1	13.37	0.245	2.741	2.722	AMAN	AMAN
FS-34	15.00	0.245	2.181	2.168	AMAN	AMAN
FS 34.1	4.52	0.245	18.360	18.014	AMAN	AMAN

Tabel 4.52 Screening Kriteria Panjang Maksimum Setelah Mitigasi

Screening Panjang Maksimum Setelah Mitigasi					
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Panjang Span Maksimum Crossflow (Ls) [m]	Panjang Span Maksimum Inline(Ls) [m]	Kondisi Crossflow	Kondisi Inline
FS-1	15.00	24.90	45.17	AMAN	AMAN
FS-1.1	7.15	24.90	88.67	AMAN	AMAN
FS-3	15.00	25.40	47.63	AMAN	AMAN
FS-3.1	9.39	25.40	73.49	AMAN	AMAN
FS-4	15.00	25.42	47.63	AMAN	AMAN

Tabel 4.52 Screening Kriteria Panjang Maksimum Setelah Mitigasi (lanjutan)

Screening Panjang Maksimum Setelah Mitigasi					
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Panjang Span Maksimum Crossflow (Ls) [m]	Panjang Span Maksimum Inline(Ls) [m]	Kondisi Crossflow	Kondisi Inline
FS-4.1	10.17	25.42	68.38	AMAN	AMAN
FS-5	15.00	25.47	47.63	AMAN	AMAN
FS-5.1	4.78	25.47	131.19	AMAN	AMAN
FS-6	15.00	25.46	47.63	AMAN	AMAN
FS-6.1	5.81	25.46	111.62	AMAN	AMAN
FS-7	15.00	25.42	47.63	AMAN	AMAN
FS-7.1	15.00	25.42	47.63	AMAN	AMAN
FS-7.2	15.00	25.42	47.63	AMAN	AMAN
FS-7.3	4.90	25.42	128.56	AMAN	AMAN
FS-8	15.00	25.43	47.63	AMAN	AMAN
FS-8.1	15.00	25.43	47.63	AMAN	AMAN
FS-8.2	12.90	25.43	54.92	AMAN	AMAN
FS-9	15.00	25.49	47.17	AMAN	AMAN
FS-9.1	15.00	25.49	47.17	AMAN	AMAN
FS-9.2	3.94	25.49	151.68	AMAN	AMAN
FS-10	15.00	25.47	47.63	AMAN	AMAN
FS-10.1	10.84	25.47	64.52	AMAN	AMAN
FS-11	15.00	25.54	47.63	AMAN	AMAN
FS 11.1	15.00	25.54	47.63	AMAN	AMAN
FS 11.2	4.78	25.54	131.19	AMAN	AMAN
FS-12	15.00	25.56	47.63	AMAN	AMAN
FS 12.1	15.00	25.56	47.63	AMAN	AMAN
FS 12.2	1.76	25.56	271.81	AMAN	AMAN

Tabel 4.52 Screening Kriteria Panjang Maksimum Setelah Mitigasi (lanjutan)

Screening Panjang Maksimum Setelah Mitigasi					
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Panjang Span Maksimum Crossflow (Ls) [m]	Panjang Span Maksimum Inline(Ls) [m]	Kondisi Crossflow	Kondisi Inline
FS-15	15.00	25.55	47.63	AMAN	AMAN
FS 15.1	13.04	25.55	54.37	AMAN	AMAN
FS-19	15.00	25.20	46.38	AMAN	AMAN
FS 19.1	4.73	25.20	128.85	AMAN	AMAN
FS-30	15.00	25.49	47.63	AMAN	AMAN
FS 30.1	13.37	25.49	53.11	AMAN	AMAN
FS-34	15.00	25.40	47.17	AMAN	AMAN
FS 34.1	4.52	25.40	135.96	AMAN	AMAN

Tabel 4.53 Screening Nilai Pcr Crossflow Setelah Mitigasi

Screening Nilai Critical Buckling (Pcr) Crossflow						
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Gaya Aksial Efektif (Seff) [N]	Critical Buckling (Pcr) [N/m]	Seff/Pcr	Nilai Batas	Kondisi
FS-1	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS-1.1	7.15	-312641	28330874.75	-0.01	-0.5	AMAN
FS-3	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS-3.1	9.39	-312641	17501407.47	-0.01	-0.5	AMAN
FS-4	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS-4.1	10.17	-312641	15154668.77	-0.02	-0.5	AMAN
FS-5	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS-5.1	4.78	-312641	55950947.43	0.00	-0.5	AMAN
FS-6	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS-6.1	5.81	-312641	40432209.68	-0.01	-0.5	AMAN
FS-7	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS-7.1	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS-7.2	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS-7.3	4.90	-312641	53717825.59	0.00	-0.5	AMAN
FS-8	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS-8.1	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN

Tabel 4.53 Screening Nilai Pcr Crossflow Setelah Mitigasi (lanjutan)

Screening Nilai Critical Buckling (Pcr) Crossflow						
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Gaya Aksial Efektif (Seff) [N]	Critical Buckling (Pcr) [N/m]	Seff/Pcr	Nilai Batas	Kondisi
FS-8.2	12.90	-312641	9794524.60	-0.02	-0.5	AMAN
FS-9	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS-9.1	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS-9.2	3.94	-312641	76412513.05	0.00	-0.5	AMAN
FS-10	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS-10.1	10.84	-312641	13494439.77	-0.02	-0.5	AMAN
FS-11	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS 11.1	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS 11.2	4.78	-312641	55950947.43	0.00	-0.5	AMAN
FS-12	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS 12.1	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS 12.2	1.76	-312641	244295045.49	0.00	-0.5	AMAN
FS-15	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS 15.1	13.04	-312641	9599885.01	-0.02	-0.5	AMAN
FS-19	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS 19.1	4.73	-312641	56923003.32	0.00	-0.5	AMAN
FS-30	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS 30.1	13.37	-312641	9163180.48	-0.03	-0.5	AMAN
FS-34	15.00	-312641	7384513.19	-0.03	-0.5	AMAN
FS 34.1	4.52	-312641	61297756.44	0.00	-0.5	AMAN

Tabel 4.54 Screening Nilai Pcr Inline setelah Mitigasi

Screening Nilai Critical Buckling (Pcr) Inline						
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Gaya Aksial Efektif (Seff) [N]	Critical Buckling (Pcr) [N/m]	Seff/Pcr	Nilai Batas	Kondisi
FS-1	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS-1.1	7.15	-312641	27957742.29	-0.01	-0.5	AMAN
FS-3	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS-3.1	9.39	-312641	17321297.70	-0.01	-0.5	AMAN
FS-4	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS-4.1	10.17	-312641	15010802.80	-0.02	-0.5	AMAN
FS-5	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS-5.1	4.78	-312641	54942947.64	0.00	-0.5	AMAN
FS-6	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN

Tabel 4.54 Screening Nilai Pcr Inline setelah Mitigasi (lanjutan)

Screening Nilai Critical Buckling (Pcr) Inline						
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Gaya Aksial Efektif (Seff) [N]	Critical Buckling (Pcr) [N/m]	Seff/Pcr	Nilai Batas	Kondisi
FS-6.1	5.81	-312641	39802970.08	-0.01	-0.5	AMAN
FS-7	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS-7.1	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS-7.2	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS-7.3	4.90	-312641	52767475.57	0.00	-0.5	AMAN
FS-8	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS-8.1	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS-8.2	12.90	-312641	9723908.97	-0.02	-0.5	AMAN
FS-9	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS-9.1	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS-9.2	3.94	-312641	74831627.45	0.00	-0.5	AMAN
FS-10	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS-10.1	10.84	-312641	13374777.95	-0.02	-0.5	AMAN
FS-11	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS 11.1	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS 11.2	4.78	-312641	54942947.64	0.00	-0.5	AMAN
FS-12	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS 12.1	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS 12.2	1.76	-312641	235453073.68	0.00	-0.5	AMAN
FS-15	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS 15.1	13.04	-312641	9531640.08	-0.02	-0.5	AMAN
FS-19	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS 19.1	4.73	-312641	55889595.35	0.00	-0.5	AMAN
FS-30	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS 30.1	13.37	-312641	9100170.27	-0.03	-0.5	AMAN
FS-34	15.00	-312641	7341532.66	-0.03	-0.5	AMAN
FS 34.1	4.52	-312641	60147689.45	0.00	-0.5	AMAN

Tabel 4.55 Screening Nilai Defleksi Setelah Mitigasi

Screening Defleksi							
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	defleksi (δ_{cf}) Crossflow	defleksi (δ_{il}) Inline	δ_{cf}/D	δ_{cf}/D	Kondisi Crossflow	Kondisi Inline
FS-1	15.00	0.0066	0.0016	0.0110	0.0027	AMAN	AMAN
FS-1.1	7.15	0.0064	0.0016	0.0108	0.0027	AMAN	AMAN

Tabel 4.55 Screening Nilai Defleksi Setelah Mitigasi (lanjutan)

Screening Defleksi							
No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	defleksi (δ_{cf}) Crossflow	defleksi (δ_{il}) Inline	δ_{cf}/D	δ_{cf}/D	Kondisi Crossflow	Kondisi Inline
FS-3	15.00	0.0066	0.0019	0.0110	0.0031	AMAN	AMAN
FS-3.1	9.39	0.0065	0.0018	0.0108	0.0030	AMAN	AMAN
FS-4	15.00	0.0066	0.0018	0.0110	0.0030	AMAN	AMAN
FS-4.1	10.17	0.0065	0.0018	0.0108	0.0030	AMAN	AMAN
FS-5	15.00	0.0066	0.0017	0.0110	0.0028	AMAN	AMAN
FS-5.1	4.78	0.0064	0.0017	0.0107	0.0028	AMAN	AMAN
FS-6	15.00	0.0066	0.0017	0.0110	0.0029	AMAN	AMAN
FS-6.1	5.81	0.0064	0.0017	0.0107	0.0028	AMAN	AMAN
FS-7	15.00	0.0066	0.0018	0.0110	0.0030	AMAN	AMAN
FS-7.1	15.00	0.0066	0.0018	0.0110	0.0030	AMAN	AMAN
FS-7.2	15.00	0.0066	0.0018	0.0110	0.0030	AMAN	AMAN
FS-7.3	4.90	0.0064	0.0018	0.0107	0.0029	AMAN	AMAN
FS-8	15.00	0.0066	0.0018	0.0110	0.0030	AMAN	AMAN
FS-8.1	15.00	0.0066	0.0018	0.0110	0.0030	AMAN	AMAN
FS-8.2	12.90	0.0065	0.0018	0.0109	0.0029	AMAN	AMAN
FS-9	15.00	0.0066	0.0015	0.0110	0.0024	AMAN	AMAN
FS-9.1	15.00	0.0066	0.0015	0.0110	0.0024	AMAN	AMAN
FS-9.2	3.94	0.0064	0.0014	0.0107	0.0024	AMAN	AMAN
FS-10	15.00	0.0066	0.0017	0.0110	0.0028	AMAN	AMAN
FS-10.1	10.84	0.0065	0.0017	0.0109	0.0028	AMAN	AMAN
FS-11	15.00	0.0066	0.0016	0.0110	0.0026	AMAN	AMAN
FS 11.1	15.00	0.0066	0.0016	0.0110	0.0026	AMAN	AMAN
FS 11.2	4.78	0.0064	0.0015	0.0107	0.0025	AMAN	AMAN
FS-12	15.00	0.0066	0.0015	0.0110	0.0025	AMAN	AMAN
FS 12.1	15.00	0.0066	0.0015	0.0110	0.0025	AMAN	AMAN
FS 12.2	1.76	0.0064	0.0015	0.0107	0.0025	AMAN	AMAN
FS-15	15.00	0.0066	0.0015	0.0110	0.0026	AMAN	AMAN
FS 15.1	13.04	0.0065	0.0015	0.0109	0.0026	AMAN	AMAN
FS-19	15.00	0.0066	0.0016	0.0110	0.0027	AMAN	AMAN
FS 19.1	4.73	0.0064	0.0016	0.0107	0.0026	AMAN	AMAN
FS-30	15.00	0.0066	0.0017	0.0110	0.0028	AMAN	AMAN
FS 30.1	13.37	0.0066	0.0017	0.0109	0.0028	AMAN	AMAN
FS-34	15.00	0.0066	0.0016	0.0110	0.0027	AMAN	AMAN
FS 34.1	4.52	0.0064	0.0016	0.0107	0.0026	AMAN	AMAN

Tabel 4.56 Screening Gap Setelah Mitigasi

Screening Gap			
No. Free Span	Gap (e) [m]	5D	Kondisi
FS-1	0.2	2.995	AMAN
FS-1.1	0.2	2.995	AMAN
FS-3	1.7	2.995	AMAN
FS-3.1	1.7	2.995	AMAN
FS-4	1.4	2.995	AMAN
FS-4.1	1.4	2.995	AMAN
FS-5	0.8	2.995	AMAN
FS-5.1	0.8	2.995	AMAN
FS-6	2	2.995	AMAN
FS-6.1	2	2.995	AMAN
FS-7	2.9	2.995	AMAN
FS-7.1	2.9	2.995	AMAN
FS-7.2	2.9	2.995	AMAN
FS-7.3	2.9	2.995	AMAN
FS-8	2.5	2.995	AMAN
FS-8.1	2.5	2.995	AMAN
FS-8.2	2.5	2.995	AMAN
FS-9	0.4	2.995	AMAN
FS-9.1	0.4	2.995	AMAN
FS-9.2	0.4	2.995	AMAN
FS-10	1.8	2.995	AMAN
FS-10.1	1.8	2.995	AMAN
FS-11	0.9	2.995	AMAN
FS 11.1	0.9	2.995	AMAN
FS 11.2	0.9	2.995	AMAN
FS-12	0.7	2.995	AMAN
FS 12.1	0.7	2.995	AMAN
FS 12.2	0.7	2.995	AMAN
FS-15	0.8	2.995	AMAN
FS 15.1	0.8	2.995	AMAN
FS-19	0.3	2.995	AMAN
FS 19.1	0.3	2.995	AMAN
FS-30	0.6	2.995	AMAN
FS 30.1	0.6	2.995	AMAN
FS-34	0.4	2.995	AMAN
FS 34.1	0.4	2.995	AMAN

Setelah dilakukan mitigasi, semua titik span yang sebelumnya dalam kondisi kritis menjadi aman. Dapat dilihat dari hasil screening kriteria diatas, semua titik span sudah memenuhi kriteria screening, dengan kata lain pipa telah

4.2.7. Kriteria Ultimate Limit State

Menurut DNVGL OS F101 (2000), dalam kriteria ultimate limit state diperlukan 4 moda kegagalan yang harus dipenuhi oleh pipa sehingga pipa tersebut aman dari terjadinya buckling. Kriteria tersebut adalah kriteria tekanan bursting (persamaan 2.49), kriteria tekanan collapse (persamaan 2.51), kriteria beban kombinasi (persamaan 2.57), kriteria tekanan perambatan buckling (persamaan 2.63). Ketika keempat kriteria kegagalan tersebut telah dipenuhi oleh pipa, maka pipa tergolong aman dari terjadinya buckling.

Pada Tabel 4.57 merupakan hasil perhitungan analisis kriteria tekanan pengamanan. Seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, tujuan dari kriteria tekanan pengamanan ini adalah sebagai sistem control pada pipeline agar tekanan internal yang bekerja tidak melebihi kekuatan maksimum tekanan internal yang dapat diterima pipeline, dalam hal ini nilai kekuatan maksimum pipeline terhadap tekanan internal adalah tekanan bursting. Pada kriteria tekanan pengamanan ini, DNV OS F101 telah menetapkan syarat (lihat persamaan 2.56) bahwa tekanan lokal incidental (tekanan maksimum internal pipeline pada kondisi operasi ekstrim) dikurangi dengan nilai minimum tekanan eksternal, harus lebih kecil dari tekanan burst dibagi dengan safety factornya. Dari hasil analisis yang dilakukan (lihat Tabel 4,57), pipeline telah memenuhi syarat tekanan bursting.

Tabel 4.57 Hasil Analisis Kriteria Tekanan Pengamanan (Ketahanan terhadap Tekanan Internal)

Kriteria Tekanan Pengamanan (Ketahanan terhadap Tekanan Internal)			
Syarat		$P_{li} - P_e \leq P_b / \gamma_m \cdot \gamma_{sc,pc}$	
Deskripsi	**Nilai**	**Satuan**	**Kondisi**
Pli - Pe	4332992.06	Pa	AMAN
Pb	23558140.83	Pa	
Pb / γm.γsc,pc	23312316.75	Pa	

Pada analisis kriteria yang kedua (Tabel 4.58), melakukan pengecekan ketahanan pipa terhadap tekanan eksternal, dimana DNV OS F101 mensyaratkan tekanan eksternal maksimum dikurangi dengan tekanan internal minimum (= 0) yang bekerja pada pipeline, tidak boleh melebihi kapasitas tekanan maksimum eksternal yang dapat diterima oleh pipeline, dimana kapasitas tekanan maksimum pipeline ditandai dengan nilai tekanan collapsenya (lihat persamaan 2.58). Sehingga dari hasil analisis, pipeline aman dari tekanan eksternal yang bekerja (lihat table 4.58).

Tabel 4.58 Hasil Analisis Kriteria Tekanan Collapse (Ketahanan terhadap Tekanan Eksternal)

Kriteria Tekanan Collapse (Ketahanan terhadap Tekanan Eksternal)			
Syarat		Pe - Pmin ≤ Pc / γm.γsc	
Deskripsi	Nilai	Satuan	Kondisi
Pe - Pmin	796568.50	Pa	AMAN
Pc	4830000.00	Pa	
Pc / γm.γsc	3684210.53	Pa	

Setelah kriteria tekanan pengamanan dan kriteria tekanan collapse telah dipenuhi, dilanjukan dengan menganalisis awal mula terjadinya buckling. Analisis ini ditandai dengan melakukan analisis kriteria combined load (lihat persamaan 2.57). Combined load meliputi beban dari momen bending, gaya axial efektif, tekanan internal maupun tekanan eksternal. Ketika kriteria combined load ini tidak terpenuhi (nilainya lebih dari 1), maka artinya ada buckling yang terbentuk pada pipa. Buckling tersebut akan terus merambat pada pipeline hingga pada nilai batas tekanan eksternal lebih kecil dari nilai tekanan perambatan buckling. Apabila nilai tekanan eksternal lebih besar dari tekanan perambatan bucklingnya , maka buckling akan terus merambat sepanjang pipa. Pada Tabel 4.59 dan Tabel 4.60 terlihat bahwa pipa aman dari kegagalan buckling.

Tabel 4.59 Hasil Analisis Kriteria Combined Load

Kriteria Combined Load		
Syarat		Persamaan 2.57
Deskripsi	Nilai	Kondisi
Nilai Desain Kriteria	0.035598035	AMAN

Tabel 4.60 Hasil Analisis Kriteria Tekanan Propagation Buckling

Kriteria Tekanan Propagation			
Syarat		Pe - Pmin ≤ Ppr/ γm.γlb	
Deskripsi	Nilai	Satuan	Kondisi
Pe - Pmin	796568.50	Pa	AMAN
Ppr	1770000	Pa	
Ppr/ γm.γlb	1350114.42	Pa	

Dari keempat moda kegagalan yang disyaratkan oleh DNVGL-ST-F101, pipa milik PT.XYZ aman dari terjadinya buckling dikarenakan telah memenuhi semua kriteria yang disyaratkan, sehingga tidak perlu lagi penambahan buckle arrestor pada pipa.

4.2.8. Tegangan pada Pipa

Setelah dilakukan analisis dinamik dan analisis static, langkah terakhir yang perlu dilakukan adalah melakukan pengecekan tegangan yang terjadi pada pipa sesuai standard ASME B31.8. Tegangan yang terjadi tidak boleh melbihi tegangan ijin yang telah diatur oleh standard. Analisa tegangan yang dilakukan meliputi tegangan hoop, tegangan longitudinal dan gabungan dari kedua tegangan tersebut yaitu tegangan kombinasi.

Sebelum melakukan analisis tegangan hoop, diperlukan beberapa parameter untuk mendapatkan nilai tegangan hoopnya. Parameter-parameter tersebut dijelaskan pada Tabel 4.61 dibawah ini

Tabel 4.61 Parameter Tegangan Hoop

PARAMETER TEGANGAN HOOP			
Parameter	**Notasi**	**Nilai**	**Unit**
Design Pressure	Pd	4140000	Pa
Eksternal Pressure	Pe	797381.3	Pa
Internal Pressure	Pi	4252416.7	Pa
Diameter Tot	Dtot	0.599	m
Tebal Dinding	t	0.0159	m

Dengan menggunakan persamaan 2.65, nilai tegangan hoop tidak boleh melebihi tegangan ijin yang disyaratkan oleh ASME B31.8. Maka didapatkan nilai tegangan hoop seperti pada Tabel 4.62 dibawah ini

Tabel 4.62 Hasil Analisis Tegangan Hoop

TEGANGAN HOOP			
Deskripsi	**Nilai**	**Satuan**	**Kondisi**
Tegangan Hoop (S_H)	65.08	MPa	AMAN
Tegangan Ijin	324	MPa	

Selanjutnya dengan menggunakan persamaan 2.66, tegangan longitudinal dapat dicari dengan menjumlahkan tegangan longitudinal akibat tekanan internal, tegangan ekspansi thermal, tegangan resultan bending moment, dan tegangan aksialnya. Pada Tabel 4.63, merupakan parameter-parameter sebelum melakukan analisis tegangan longitudinal.

Tabel 4.63 Parameter Analisis Tegangan Longitudinal

Parameter	Notasi	Nilai	Unit
Design Pressure	Pd	4140000	Pa
Operating Pressure	P	3000000	Pa
Operating Temp	T_1	36.6	C
Eksternal Pressure	Pe	797381.3	Pa
Internal Pressure	Pi	4252416.7	Pa
Diameter Tot	Dtot	0.599	m
Tebal Dinding	t	0.0159	m
Koef. Ekspansi Thermal		0.0000117	
Temp Ruangan	T_2	25	C
Modulus Young	E	207000	MPa
SMYS		450	MPa
Axial Force	Fa	612952.88	N
Cross Sectional Pipa	As	0.025	m^2
Momen Inersia Pipa	Ist	0.001	m^4
Section Modulus	Z	0.003	

Sehingga dari parameter diatas, didapatkan hasil analisis tegangan longitudinal yang terjadi pada pipeline dengan menjumlahkan semua variable yang dibutuhkan (nilainya disajikan pada Tabel 4.63). sehingga dengan menggunakan persamaan 2.66, nilai tegangan longitudinalnya menjadi (lihat Tabel 4.65).

Tabel 4.64 Hasil Analisis Tegangan Longitudinal akibat Tekanan Internal, Tegangan Aksial, Tegangan Thermal, dan Tegangan Resultant Bending

No. Free Span	Panjang Span [m]	Tegangan Internal (S_P) [MPa]	Tegangan Aksial (S_A) [MPa]	Tegangan Thermal (S_T) [MPa]	Tegangan Resultant Bending (S_B) (MPa)	Tegangan Longitudinal (S_L) [MPa]
FS-1	22.15	19.52	24.94	-28.09	24.19	40.56
FS-2	11.06	19.52	24.94	-28.09	6.08	22.45
FS-3	24.39	19.52	24.94	-28.09	29.38	45.74
FS-4	25.17	19.52	24.94	-28.09	31.47	47.84
FS-5	19.78	19.52	24.94	-28.09	19.46	35.83
FS-6	20.81	19.52	24.94	-28.09	21.47	37.83
FS-7	49.90	19.52	24.94	-28.09	119.86	136.22
FS-8	42.90	19.52	24.94	-28.09	90.75	107.12
FS-9	33.94	19.52	24.94	-28.09	56.95	73.32
FS-10	25.84	19.52	24.94	-28.09	32.86	49.22
FS-11	34.78	19.52	24.94	-28.09	59.90	76.27

Tabel 4.64 Hasil Analisis Tegangan Longitudinal akibat Tekanan Internal, Tegangan Aksial, Tegangan Thermal, dan Tegangan Resultant Bending (lanjutan)

No. Free Span	Panjang Span [m]	Tegangan Internal (S_P) [MPa]	Tegangan Aksial (S_A) [MPa]	Tegangan Thermal (S_T) [MPa]	Tegangan Resultant Bending (S_B) (MPa)	Tegangan Longitudinal (S_L) [MPa]
FS-12	31.76	19.52	24.94	-28.09	50.05	66.41
FS-13	14.73	19.52	24.94	-28.09	10.73	27.09
FS-14	18.51	19.52	24.94	-28.09	16.96	33.33
FS-15	28.04	19.52	24.94	-28.09	38.79	55.16
FS-16	14.93	19.52	24.94	-28.09	10.99	27.35
FS-17	6.58	19.52	24.94	-28.09	2.16	18.52
FS-18	15.08	19.52	24.94	-28.09	11.24	27.61
FS-19	19.73	19.52	24.94	-28.09	19.20	35.57
FS-20	15.16	19.52	24.94	-28.09	11.40	27.76
FS-22	13.30	19.52	24.94	-28.09	8.74	25.11
FS-23	14.60	19.52	24.94	-28.09	10.52	26.89
FS-24	9.04	19.52	24.94	-28.09	4.00	20.36
FS-26	10.84	19.52	24.94	-28.09	5.87	22.24
FS-27	9.90	19.52	24.94	-28.09	4.85	21.22
FS-28	13.64	19.52	24.94	-28.09	9.12	25.49
FS-30	27.37	19.52	24.94	-28.09	37.09	53.45
FS-31	9.87	19.52	24.94	-28.09	5.00	21.37
FS-32	7.00	19.52	24.94	-28.09	2.43	18.80
FS-33	14.78	19.52	24.94	-28.09	10.83	27.20
FS-34	19.52	19.52	24.94	-28.09	18.80	35.17

Tabel 4.65 Hasil Analisis Tegangan Longitudinal

No. Free Span	Panjang Span [m]	Tegangan Longitudinal (S_L) [MPa]	Tegangan Ijin [MPa]	Kondisi
FS-1	22.15	40.56	360	AMAN
FS-2	11.06	22.45	360	AMAN
FS-3	24.39	45.74	360	AMAN
FS-4	25.17	47.84	360	AMAN
FS-5	19.78	35.83	360	AMAN
FS-6	20.81	37.83	360	AMAN
FS-7	49.90	136.22	360	AMAN
FS-8	42.90	107.12	360	AMAN
FS-9	33.94	73.32	360	AMAN

Tabel 4.65 Hasil Analisis Tegangan Longitudinal (lanjutan)

No. Free Span	Panjang Span [m]	Tegangan Longitudinal (S_L) [MPa]	Tegangan Ijin [MPa]	Kondisi
FS-10	25.84	49.22	360	AMAN
FS-11	34.78	76.27	360	AMAN
FS-12	31.76	66.41	360	AMAN
FS-13	14.73	27.09	360	AMAN
FS-14	18.51	33.33	360	AMAN
FS-15	28.04	55.16	360	AMAN
FS-16	14.93	27.35	360	AMAN
FS-17	6.58	18.52	360	AMAN
FS-18	15.08	27.61	360	AMAN
FS-19	19.73	35.57	360	AMAN
FS-20	15.16	27.76	360	AMAN
FS-22	13.30	25.11	360	AMAN
FS-23	14.60	26.89	360	AMAN
FS-24	9.04	20.36	360	AMAN
FS-26	10.84	22.24	360	AMAN
FS-27	9.90	21.22	360	AMAN
FS-28	13.64	25.49	360	AMAN
FS-30	27.37	53.45	360	AMAN
FS-31	9.87	21.37	360	AMAN
FS-32	7.00	18.80	360	AMAN
FS-33	14.78	27.20	360	AMAN
FS-34	19.52	35.17	360	AMAN

Tegangan hoop dan tegangan longitudinal yang sudah didapat, selanjutnya digabungkan menjadi tegangan kombinasi (persamaan 2.69). sehingga nilai tegangan kombinasinya menjadi (Tabel 4.66):

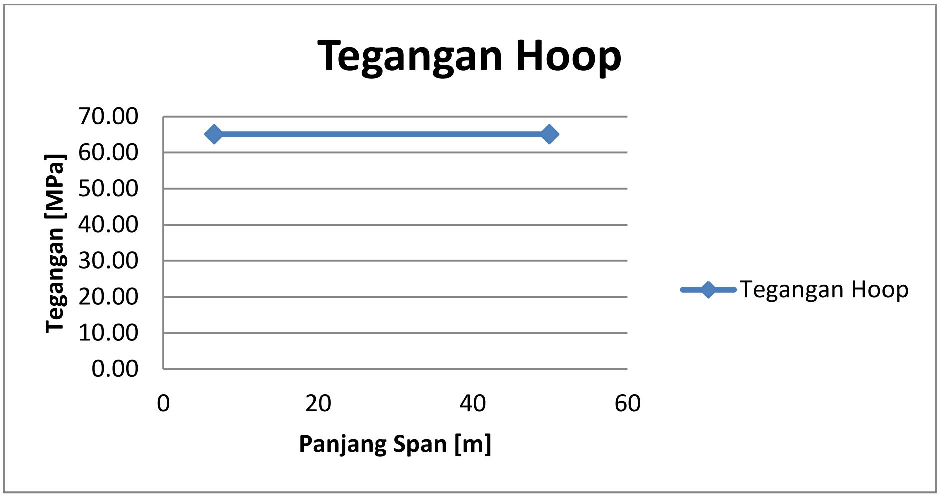
Tabel 4.66 Hasil Analisis Tegangan Kombinasi

No. Free Span	Panjang Span [m]	Tegangan Kombinasi (S_V) [MPa]	Tegangan Ijin [MPa]	Kondisi
FS-1	22.15	92.30	405	AMAN
FS-2	11.06	78.74	405	AMAN
FS-3	24.39	96.46	405	AMAN
FS-4	25.17	98.17	405	AMAN
FS-5	19.78	88.60	405	AMAN

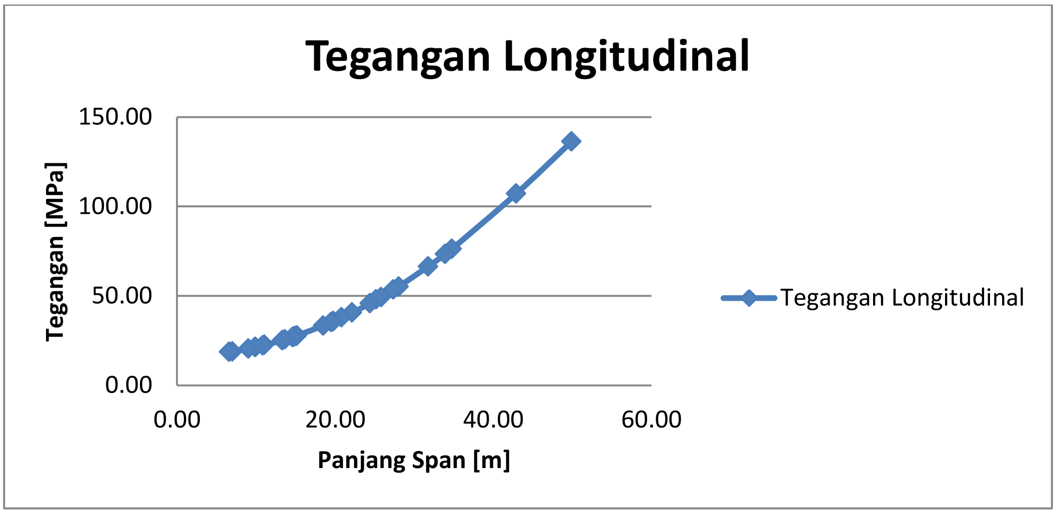
Tabel 4.66 Hasil Analisis Tegangan Kombinasi (lanjutan)

No. Free Span	Panjang Span [m]	Tegangan Kombinasi (S_V) [MPa]	Tegangan Ijin [MPa]	Kondisi
FS-6	20.81	90.16	405	AMAN
FS-7	49.90	177.93	405	AMAN
FS-8	42.90	150.60	405	AMAN
FS-9	33.94	119.93	405	AMAN
FS-10	25.84	99.31	405	AMAN
FS-11	34.78	122.54	405	AMAN
FS-12	31.76	113.88	405	AMAN
FS-13	14.73	82.05	405	AMAN
FS-14	18.51	86.69	405	AMAN
FS-15	28.04	104.25	405	AMAN
FS-16	14.93	82.24	405	AMAN
FS-17	6.58	76.05	405	AMAN
FS-18	15.08	82.43	405	AMAN
FS-19	19.73	88.41	405	AMAN
FS-20	15.16	82.54	405	AMAN
FS-22	13.30	80.62	405	AMAN
FS-23	14.60	81.90	405	AMAN
FS-24	9.04	77.30	405	AMAN
FS-26	10.84	78.59	405	AMAN
FS-27	9.90	77.89	405	AMAN
FS-28	13.64	80.90	405	AMAN
FS-30	27.37	102.82	405	AMAN
FS-31	9.87	77.99	405	AMAN
FS-32	7.00	76.24	405	AMAN
FS-33	14.78	82.13	405	AMAN
FS-34	19.52	88.10	405	AMAN

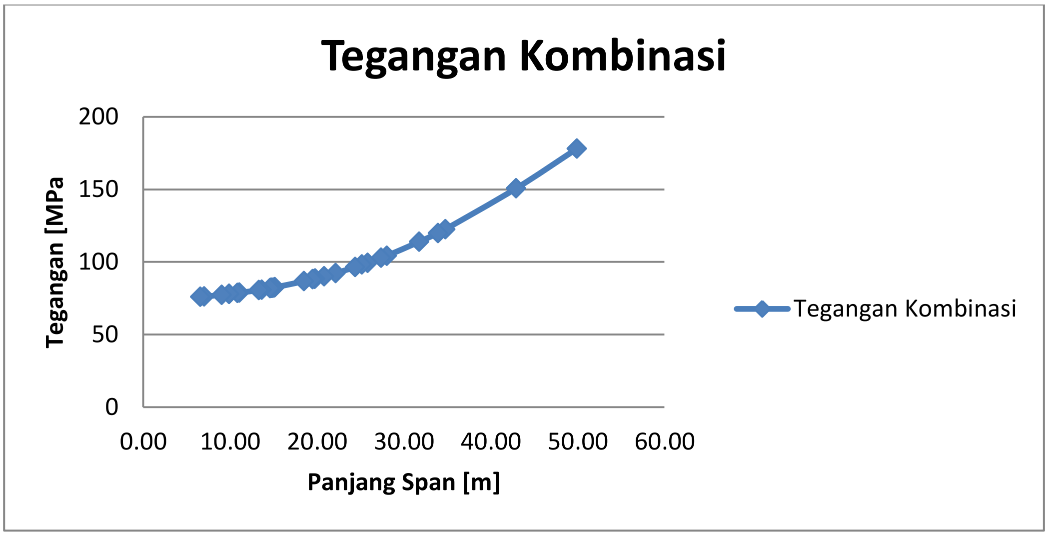
Dari hasil analisis diatas juga terdapat hubungan antara tegangan yang terjadi pipa dengan panjang span. Hubungan tersebut dijelaskan pada Gambar 4.25 hingga Gambar 4.27 dibawah ini.



Gambar 4.23 Grafik Hubungan antara Tegangan Hoop dengan Panjang Span



Gambar 4.24 Grafik Hubungan antara Tegangan Longitudinal dengan Panjang Span



Gambar 4.25 Grafik Hubungan antara Tegangan Kombinasi dengan Panjang Span

Dilihat dari grafik hubungan antara tegangan dan panjang span, panjang span tidak berpengaruh pada besarnya tegangan hoop yang terjadi pada pipa. Namun, pada tegangan longitudinal dan tegangan kombinasi, panjang span sangat berpengaruh pada besarnya tegangan. Semakin panjang bentangan yang terjadi, maka semakin besar tegangan longitudinal dan tegangan kombinasinya. Ini dapat terjadi karena pada tegangan longitudinal memperhitungkan bending moment, dimana bending moment sangat berkaitan pada panjang span.

(Halaman kosong)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dalam pengerjaan tugas akhir ini antara lain :

1. Dari hasil analisis stabilitas *on-bottom*, pipeline milik PT.XYZ telah memenuhi 2 desain krteria yang disyaratkan oleh DNV RP F109, yaitu kriteria *vertical stability* dan kriteria *absolute lateral stability*. Pada kriteria *vertical stability*, nilai yang didapat adalah 0.724 , dengan kriteria batas $\leq$ 1. Lalu untuk kriteria *absolute lateral stability* nilainya adalah 0.690 pada kriteria gaya dragnya dan 0.274 pada kriteria gaya inersianya, dimana nilai tersebut juga memenuhi kriteria batas yaitu $\leq$ 1. Dengan kata lain, pipeline milik PT.XYZ tidak lagi memerlukan penambahan *concrete*, dikarenakan berat pipeline yang beroperasi telah memenuhi persyaratan.
2. Pada analisis dinamis, terdapat 15 titik *freespan* yang tidak memenuhi kriteria DNV GL RP F105, yaitu pada KP 0.176 (FS-1), KP 0.248 (FS-3), KP 0.298 (FS-4), KP 0.441 (FS-5), KP 0.493 (FS-6), KP 0.560 (FS-7), KP 0.634 (FS-8), KP 0.715 (FS-9), KP 0.762 (FS-10), KP 0.825 (FS-11), KP 0.935 (FS-12), KP 1.257 (FS-15), KP 3.206 (FS-19), KP 17.608 (FS-30), KP 19.447 (FS-34). *Vortex Induced Vibration* yang terjadi pada 15 titik tersebut melebihi syarat yang diijinkan, sehingga memungkinkan terjadinya kegagalan pada pipeline. Maka mengacu pada rekomendasi sesuai DNV GL RP F105, dibutuhkan mitigasi berupa penambahan *support* pada 15 titik tersebut. *Support* yang diletakkan berjarak 15 m. Sementara pada analisis statik, pipeline telah memenuhi krieria yang di syaratkan oleh DNV GL ST F101, yaitu kriteria tekanan *bursting*, kriteria tekanan *collapse*, kriteria *combine load*, dan kriteria tekanan propagasi buckling. Maka dapat dinyatakan bahwa pipeline aman dari terjadinya keruntuhan, ledakan, maupun penjalaran buckling.
3. Setelah dilakukan analisis tegangan kombinasi secara perhitungan analitik maupun perhitungan software sesuai dengan standard ASME B31.8, nilai tegangan kombinasi pada masing-masing span tidak melebihi batas tegangan ijinnya yaitu 405 MPa. Sehingga tegangan kombinasi pada pipeline telah memenuhi kriteria yang disyaratkan oleh ASME B31.8 dan telah dianggap aman.

5.2 Saran

Untuk dapat menyempurnakan hasil dari tugas akhir ini, kedepannya beberapa hal yang dapat ditambahkan antara lain :

1. Analisis lebih lanjut seperti analisis *fatigue limit state* untuk memperkirakan umur operasi dari pipeline akibat kelelahan yang terjadi

2. Penempatan *support* yang optimal pada titik span yang kritis beserta optimalisasi biaya
3. Analisis lingkungan dan beban tambahan yang mungkin dapat terjadi seperti gempa, *dropped object* dan kapal karam.

DAFTAR PUSTAKA

Arif, U. 2012. *Studi Kasus Dry Gas Pipeline dari HESS (Indonesia-Pangkah) Ltd yang Menghubungkan Wellhead Platform-A di Perairan Madura Menuju Gresik Onshore Processing Facility (OPF)*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan, ITS Surabaya, Indonesia.

American Society of Mechanical Engineers B31.8., 2012, *Gas Transmission and Distribution Piping Systems,* USA.

Bai,Y ., Bai, Q., 2005, *Subsea Pipeline and Risers*, Elsevier Science, USA.

Bai, Yong., Bai, Qiang., *Subsea Pipeline Design, Analysis, and Installation,* Elsevier Science, USA.

Chakrabarti, S. K., 2005, *Handbook of Offshore Engineering,* Vol I, Elsevier, Oxford.

Chakrabarti, S. K., 2005, *Handbook of Offshore Engineering,* Vol II, Elsevier, Oxford.

Djatmiko, E. B., 2012, *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak,* ITS Press, Surabaya.

Det Norske Veritas Offshore Standard F101, 2000. *Submarine Pipeline System*, Det Norske Veritas, Norway.

Det Norske Veritas Recommended Practice F105, 2017. *Free Spanning Pipelines,* Det Norske Veritas, Norway.

Det Norske Veritas Recommended Practice F109, 2010. *On-bottom Stability Design of Submarine Pipelines*, Det Norske Veritas, Norway.

Guo, B., Song, H., Chacko, J., Ghalambor, A. 2005. *Offshore Pipelines*, Elsevier, USA

Hutama , I.F. 2014, *Analisis Stabilitas Subsea Gas Pipeline Pada Tumpuan MPS (Major Pipeline Suspension) PT. Perusahaan Gas Negara (PERSERO Tbk. SBU TRANSMISI SUMATERA – JAWA*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan, ITS Surabaya, Indonesia.

Kenny, J.P., 1993, *Structural Analysis of Pipeline Spans*, Health & Safety Executive, USA.

Mousselli, A.H. 1981. *Offshore Pipeline Design, Analysis, and Methods*, Penwell Books, Oklahoma, USA.

Pratomo, U.H.B., 2015, *Analisa Stabilitas Pada Pipeline Akibat Dampak Dari Bentangan Bebas*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya, Indonesia

Putra, S.A., 2011, *Studi Kasus Pengaruh Vortex Induced Vibration Pada Freespan Pipa Pertamina Hulu Energi-Offshore North West Java*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya, Indonesia.

Valipour, R., 2007. *Analysis of Offshore Pipeline Alowable Free Span Length*,Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran

LAMPIRAN I
Perhitungan Umum Pipa

1. Data Properties Pipa

Description	Unit	Value	Value2
Density	kg/m3	7850	-
Modulus of Elasticity	MPa (GPa)	207000	207.00
Poisson's Ratio	-	0.3	-
Outside Diameter	mm (m)	508.0	0.51
Inside Diameter	mm (m)	476.2	0.48
Wall Thickness	mm (m)	15.9	0.016
Density of Concrete	kg/m3	3044	3.04
Concrete Coating	mm (m)	40	0.04
Anti-Corrosion Coating Thickness	mm (m)	5.5	0.01
Anti-Corrosion Coating Density	kg/m3	1280	1.28
Steel Coefficient of Thermal Expansion	m/m/K	0.0000117	0.00
Steel Thermal Conductivity	W/m/K	45	0.05
SMYS	psia (Mpa)	65300	65.30
SMTS	psia (Mpa)	77600	77.60
Joint Length	m	0.501	-
Pipe Density	kg/m3	7850	-
Product Density	kg/m3	107.6	-

2. Perhitungan Dimensi Pipa

No.	Description	Simbol	Nilai	Satuan
1	Tebal Dinding Pipa	t_2	0.0159	m
2	Diameter Total Pipa	D_t	0.5990	m
3	Diameter Dalam Pipa	D_i	0.4762	m
4	Diameter Luar Pipa	D	0.5080	
5	Diameter Lapisan Anti Korosi	D_{cc}	0.5190	m
6	Diameter Lapisan Concrete	D_{conc}	0.5990	m
7	Luas Penampang Internal Pipa Baja	A_i	0.2528	m2
8	Luas Penampang Pipa Baja	A_{st}	0.0291	m2
9	Luas Penampang Lapisan Anti Korosi	A_{cc}	0.0104	m2
10	Luas Penampang Lapisan Concrete	A_{conc}	0.0817	m2
11	Momen Inersia Pipa Baja	I_{st}	0.0007	m4
12	Momen Inersia Concrete	I_{conc}	0.0028	m4

3. Perhitungan Berat Terendam Pipa

No.	Deskripsi	Notasi	Nilai	Satuan
1	Massa Konten Pipa	M_{fluida}	19.15	N/m
2	Massa Pipa Baja	M_{st}	192.86	N/m
3	Massa Lapisan Anti Korosi	M_{corr}	13.12	N/m
4	Massa Lapisan Concrete	M_{ccc}	209.51	N/m
5	Massa Struktur Pipa	M_{str}	415.50	N/m
6	Massa Displacement	M_{disp}	288.96	N/m
7	Gaya Apung	F_b	2829.26	N/m
8	Berat Terendam Pipa	W_{sub}	1471.54	N/m

4. Perhitungan Massa Efektif Pipa

MASSA EFEKTIF							
No. Free Span	Panjang Span Aktual	Gap (e)	Rasio (e/Dt)	Ca	Massa Bouyancy	Massa Tambah	Massa Efektif
FS-1	22.147	0.2	0.334	1.279	288.96	369.692	804.34
FS-2	11.063	0.9	1.503	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-3	24.387	1.7	2.838	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-4	25.171	1.4	2.337	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-5	19.781	0.8	1.336	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-6	20.811	2	3.339	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-7	49.897	2.9	4.841	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-8	42.905	2.5	4.174	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-9	33.935	0.4	0.668	1.049	288.96	303.052	737.70
FS-10	25.842	1.8	3.005	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-11	34.779	0.9	1.503	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-12	31.762	0.7	1.169	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-13	14.728	0.2	0.334	1.279	288.96	369.692	804.34
FS-14	18.513	0.4	0.668	1.049	288.96	303.052	737.70
FS-15	28.035	0.8	1.336	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-16	14.935	0.3	0.501	1.137	288.96	328.435	763.09
FS-17	6.581	0.2	0.334	1.279	288.96	369.692	804.34
FS-18	15.078	1.2	2.003	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-19	19.726	0.3	0.501	1.137	288.96	328.435	763.09
FS-20	15.161	1	1.669	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-22	13.298	0.5	0.835	1.000	288.96	288.963	723.61

MASSA EFEKTIF							
No. Free Span	**Panjang Span Aktual**	**Gap (e)**	**Rasio (e/Dt)**	**Ca**	**Massa Bouyancy**	**Massa Tambah**	**Massa Efektif**
FS-23	14.604	0.8	1.336	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-24	9.042	0.8	1.336	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-26	10.837	0.5	0.835	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-27	9.902	0.3	0.501	1.137	288.96	328.435	763.09
FS-28	13.635	1	1.669	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-30	27.367	0.6	1.002	1.000	288.96	288.963	723.61
FS-31	9.871	0.1	0.167	1.552	288.96	448.489	883.14
FS-32	6.999	0.1	0.167	1.552	288.96	448.489	883.14
FS-33	14.783	0.4	0.668	1.049	288.96	303.052	737.70
FS-34	19.517	0.4	0.668	1.049	288.96	303.052	737.70

LAMPIRAN II
Perhitungan Arus dan Gelombang

1. Parameter JONSWAP

Parameter	Notasi	Nilai (10 Tahun)	Nilai (100 Tahun)	Satuan
Kedalaman	h	106.5	106.5	m
Tinggi Gelombang Signifikan	H_s	3.9	5.09	m
Periode Gelombang Signifikan	T_s	8.05	8.87	s
Parameter JONSWAP				
Parameter	**Notasi**	**Nilai (10 Tahun)**	**Nilai (100 Tahun)**	**Satuan**
Tinggi Gelombang Signifikan	H_s	3.9	5.09	m
Periode Gelombang Signifikan	T_s	8.05	8.87	s
Periode Gelombang Signifikan	ω_s	1.61	1.23	rad/s
Percepatan Gravitasi	g	9.8	9.8	m/s
Periode Puncak Gelombang	T_p	7.24	7.93	s
Frekuensi Puncak Gelombang	ω_p	0.87	0.79	rad/s
Fungsi Distribusi	φ	3.71	3.12	
Peakedness Parameter	Υ	4.39	5.00	
Konstanta Generalized Philips	α	0.02	0.02	
LN Peakedness Parameter	$LN\ (\Upsilon)$	1.48	1.61	
Parameter Spektral	σ	0.09	0.09	

2. **Perhitungan spektra Kecepatan Partikel Gelombang**

σ	Snn (ω)	G(ω)	ϒ	G(ω)2	Suu (ω)	FS	M0	M1	M2	M4
0.07	0.000	0.0000	4.39	0.00000	0.00000	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.07	0.000	0.0001	4.39	0.00000	0.00000	4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.07	0.000	0.0003	4.39	0.00000	0.00000	2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.07	0.000	0.0004	4.39	0.00000	0.00000	4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.07	0.000	0.0005	4.39	0.00000	0.00000	2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.07	0.000	0.0007	4.39	0.00000	0.00000	4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.07	0.000	0.0008	4.39	0.00000	0.00000	2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.07	0.000	0.0009	4.39	0.00000	0.00000	4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.07	0.000	0.0011	4.39	0.00000	0.00000	2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.07	0.000	0.0012	4.39	0.00000	0.00000	4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.07	0.003	0.0014	4.39	0.00000	0.00000	2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.07	0.060	0.0015	4.39	0.00000	0.00000	4	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000
0.07	0.391	0.0016	4.39	0.00000	0.00000	2	0.000002	0.000001	0.000001	0.000000
0.07	1.201	0.0018	4.39	0.00000	0.00000	4	0.000015	0.000010	0.000006	0.000003
0.07	2.343	0.0019	4.39	0.00000	0.00001	2	0.000017	0.000012	0.000008	0.000004
0.07	3.434	0.0020	4.39	0.00000	0.00001	4	0.000056	0.000042	0.000032	0.000018
0.07	4.181	0.0022	4.39	0.00000	0.00002	2	0.000039	0.000031	0.000025	0.000016
0.07	4.501	0.0023	4.39	0.00001	0.00002	4	0.000095	0.000081	0.000069	0.000050
0.09	4.458	0.0024	4.39	0.00001	0.00003	2	0.000053	0.000047	0.000043	0.000035
0.09	4.166	0.0026	4.39	0.00001	0.00003	4	0.000110	0.000104	0.000099	0.000089
0.09	3.738	0.0027	4.39	0.00001	0.00003	2	0.000055	0.000055	0.000055	0.000055
0.09	3.259	0.0028	4.39	0.00001	0.00003	4	0.000105	0.000110	0.000116	0.000127
0.09	2.782	0.0030	4.39	0.00001	0.00002	2	0.000049	0.000054	0.000059	0.000072
0.09	2.339	0.0031	4.39	0.00001	0.00002	4	0.000090	0.000104	0.000119	0.000158
0.09	1.945	0.0032	4.39	0.00001	0.00002	2	0.000041	0.000049	0.000059	0.000085

σ	Snn (ω)	G(ω)	ϒ	G(ω)2	Suu (ω)	FS	M0	M1	M2	M4
0.09	1.605	0.0034	4.39	0.00001	0.00002	4	0.000073	0.000092	0.000114	0.000179
0.09	1.318	0.0035	4.39	0.00001	0.00002	2	0.000033	0.000042	0.000055	0.000093
0.09	1.078	0.0036	4.39	0.00001	0.00001	4	0.000057	0.000077	0.000104	0.000190
0.09	0.879	0.0038	4.39	0.00001	0.00001	2	0.000025	0.000035	0.000049	0.000097
0.09	0.717	0.0039	4.39	0.00002	0.00001	4	0.000044	0.000064	0.000093	0.000195
0.09	0.585	0.0041	4.39	0.00002	0.00001	2	0.000019	0.000029	0.000043	0.000097
0.09	0.477	0.0042	4.39	0.00002	0.00001	4	0.000033	0.000052	0.000080	0.000193
0.09	0.390	0.0043	4.39	0.00002	0.00001	2	0.000015	0.000023	0.000037	0.000096
0.09	0.320	0.0045	4.39	0.00002	0.00001	4	0.000025	0.000042	0.000069	0.000188
0.09	0.263	0.0046	4.39	0.00002	0.00001	2	0.000011	0.000019	0.000032	0.000093
0.09	0.217	0.0047	4.39	0.00002	0.00000	4	0.000019	0.000034	0.000059	0.000182
0.09	0.179	0.0049	4.39	0.00002	0.00000	2	0.000008	0.000015	0.000027	0.000089
0.09	0.149	0.0050	4.39	0.00002	0.00000	4	0.000015	0.000028	0.000051	0.000175
0.09	0.124	0.0051	4.39	0.00003	0.00000	2	0.000007	0.000012	0.000024	0.000085
0.09	0.104	0.0053	4.39	0.00003	0.00000	4	0.000012	0.000023	0.000044	0.000168
0.09	0.088	0.0054	4.39	0.00003	0.00000	1	0.000003	0.000005	0.000010	0.000041
						SUM	0.001126	0.001292	0.001584	0.002871

3. Perhitungan Kecepatan Arus Partikel akibat Gelombang

Momen Spektra Gelombang	
M0 = 1/3 x Δw x ΣM0	1.9E-05
M1 = 1/3 x Δw x ΣM1	2.2E-05
M2 = 1/3 x Δw x ΣM2	2.6E-05
M4 = 1/3 x Δw x ΣM4	4.8E-05

Kecepatan Arus Akibat Gelombang 10 Tahun			
Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kec. Arus Signifikan pada Elevasi Pipa	U_s	0.067	m/s
Mean Zero-Up Crossing Period	T_u	5.295	s
Reduction Factor	R_D	1	-
Kecepatan Arus Partikel Akibat Gelombang	U_w	0.067	m/s

Kecepatan Arus Akibat Gelombang Kondisi Badai 10 Tahun			
Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Mean Zero-Up Crossing Period	T_u	5.295	s
Periode Gelombang Badai	$Tstorm_*$	10800	s
Angka Osilasi pada Desain Spektra	τ	2039.554	-
Kecepatan Partikel Arus Akibat Gelombang Kondisi Badai	U_{w*}	0.136	m/s

4. Perhitungan Kecepatan Arus Efektif

Perhitungan Kecepatan Arus pada Elevasi Pipa													
No. Free Span	Panjang Span Aktual	Gap	Kec. Arus pada Ketinggian Referensi 10 Tahun U(zr)	Kec. Arus pada Ketinggian Referensi 100 Tahun U(zr)	Faktor Reduksi	Elevasi di Atas Dasar Laut (z)	Parameter Kekasaran Dasar Laut	Tinggi Referensi (zr)	Kec. Arus Efektif 10 tahun V(z) [m/s]	Kec. Arus Efektif 100 tahun V(z) [m/s]	Ln (z)	Ln (zr)	Ln (z0)
FS-1	22.15	0.2	0.618	0.694	1	0.500	0.000005	1.000	0.583	0.654	-0.694	0.000	-12.165
FS-2	11.06	0.9	0.618	0.694	1	1.200	0.000005	1.000	0.627	0.704	0.182	0.000	-12.165
FS-3	24.39	1.7	0.618	0.694	1	2.000	0.000005	1.000	0.653	0.734	0.693	0.000	-12.165
FS-4	25.17	1.4	0.618	0.694	1	1.700	0.000005	1.000	0.645	0.724	0.530	0.000	-12.165
FS-5	19.78	0.8	0.618	0.694	1	1.100	0.000005	1.000	0.623	0.699	0.095	0.000	-12.165
FS-6	20.81	2	0.618	0.694	1	2.300	0.000005	1.000	0.627	0.704	0.833	0.000	-11.513
FS-7	49.90	2.9	0.618	0.694	1	3.200	0.000010	1.000	0.644	0.723	1.163	0.000	-11.513
FS-8	42.90	2.5	0.618	0.694	1	2.800	0.000010	1.000	0.637	0.716	1.029	0.000	-11.513
FS-9	33.94	0.4	0.618	0.694	1	0.700	0.000010	1.000	0.567	0.636	-0.357	0.000	-11.513
FS-10	25.84	1.8	0.618	0.694	1	2.100	0.000010	1.000	0.623	0.699	0.742	0.000	-11.513
FS-11	34.78	0.9	0.618	0.694	1	1.200	0.000010	1.000	0.594	0.667	0.182	0.000	-11.513
FS-12	31.76	0.7	0.618	0.694	1	1.000	0.000010	1.000	0.585	0.657	-0.001	0.000	-11.513
FS-13	14.73	0.2	0.618	0.694	1	0.500	0.000010	1.000	0.550	0.617	-0.694	0.000	-11.513
FS-14	18.51	0.4	0.618	0.694	1	0.700	0.000010	1.000	0.567	0.636	-0.357	0.000	-11.513
FS-15	28.04	0.8	0.618	0.694	1	1.100	0.000010	1.000	0.590	0.662	0.095	0.000	-11.513
FS-16	14.93	0.3	0.618	0.694	1	0.600	0.000010	1.000	0.592	0.665	-0.512	0.000	-12.165
FS-17	6.58	0.2	0.618	0.694	1	0.500	0.000010	1.000	0.583	0.654	-0.694	0.000	-12.165
FS-18	15.08	1.2	0.618	0.694	1	1.500	0.000010	1.000	0.639	0.717	0.405	0.000	-12.165

Perhitungan Kecepatan Arus pada Elevasi Pipa													
No. Free Span	Panjang Span Aktual	Gap	Kec. Arus pada Ketinggian Referensi 10 Tahun U(zr)	Kec. Arus pada Ketinggian Referensi 100 Tahun U(zr)	Faktor Reduksi	Elevasi di Atas Dasar Laut (z)	Parameter Kekasaran Dasar Laut	Tinggi Referensi (zr)	Kec. Arus Efektif 10 tahun V(z) [m/s]	Kec. Arus Efektif 100 tahun V(z) [m/s]	Ln (z)	Ln (zr)	Ln (z0)
FS-19	19.73	0.3	0.618	0.694	1	0.600	0.000010	1.000	0.592	0.665	-0.512	0.000	-12.165
FS-20	15.16	1	0.618	0.694	1	1.300	0.000010	1.000	0.631	0.709	0.262	0.000	-12.165
FS-22	13.30	0.5	0.618	0.694	1	0.800	0.000010	1.000	0.607	0.681	-0.224	0.000	-12.165
FS-23	14.60	0.8	0.618	0.694	1	1.100	0.000010	1.000	0.623	0.699	0.095	0.000	-12.165
FS-24	9.04	0.8	0.618	0.694	1	1.100	0.000010	1.000	0.623	0.699	0.095	0.000	-12.165
FS-26	10.84	0.5	0.618	0.694	1	0.800	0.000005	1.000	0.607	0.681	-0.224	0.000	-12.165
FS-27	9.90	0.3	0.618	0.694	1	0.600	0.000005	1.000	0.592	0.665	-0.512	0.000	-12.165
FS-28	13.64	1	0.618	0.694	1	1.300	0.000005	1.000	0.631	0.709	0.262	0.000	-12.165
FS-30	27.37	0.6	0.618	0.694	1	0.900	0.000005	1.000	0.613	0.688	-0.106	0.000	-12.165
FS-31	9.87	0.1	0.618	0.694	1	0.400	0.000005	1.000	0.571	0.642	-0.918	0.000	-12.165
FS-32	7.00	0.1	0.618	0.694	1	0.400	0.000005	1.000	0.571	0.642	-0.918	0.000	-12.165
FS-33	14.78	0.4	0.618	0.694	1	0.700	0.000005	1.000	0.600	0.674	-0.357	0.000	-12.165
FS-34	19.52	0.4	0.618	0.694	1	0.700	0.000005	1.000	0.600	0.674	-0.357	0.000	-12.165

LAMPIRAN III
Perhitungan On bottom Stability

1. Perhitungan On bottom stability

Data			
Deskripsi	**Notasi**	**Nilai**	**Satuan**
Clay shear strength	*Su*	2000	Pa
Diameter pipa	D	0.599	m
Dry unit soil weight	γs	14000	N/m3
Submerged weight	Ws	1471.542	N/m
Penetration depth	Zp	0.034	m
Penetration depth dibagi Diameter Pipa	Zp/D	0.056	m
Koefisien friksi	μ	0.2	-
Safety factor lateral stability	γsc	1.83	-
Safety factor vertical stability	γw	1.1	-
Load Reduction Factor due to Penetration (horizontal)	rtot,y	0.921	
Load Reduction Factor due to Penetration (Vertikal)	rtot,z	1.057	

Deskripsi	Notasi	Nilai	Satuan
Mean Zero Upcrossing Period	T*	5.295	s
Kecepatan Arus Partikel Akibat Gelombang	Uw*	0.136	m/s
Kecepatan Arus Efektif	V*	0.734	m/s
Diameter pipa	D	0.599	m
Keulegan Carpenter	K*	1.202	-
Rasio Kecepatan Arus dan Gelombang	M*	10.929	-
Koefisien Beban Horizontal	Cy*	1	-
Koefisien Beban Vertikal	Cz*	0.9	-

Deskripsi	Notasi	Nilai	Satuan
Beban Hidrodinamis Horizontal	Fy*	213.753	N/m
Beban Hidrodinamis Vertikal	Fz*	220.712	N/m
Koefisien Friksi	μ	0.2	-
Passive Soil Resistance	Fr	389.306	N/m
Berat Terendam Pipa	Ws	1471.542	N/m

Stabilitas	Nilai	Batas	Kondisi
Vertikal	0.724	≤ 1	STABIL
Absolut Lateral	0.690		
	0.274		

LAMPIRAN IV
Perhitungan Analisis Dinamis, Statis dan Tegangan

1. Perhitungan Stability Parameter dan Reynold Number

Deskripsi	Notasi	Nilai	Satuan
Structural Damping	ζtot	0.015	-
Densitas Air Laut	ρ_w	1025	kg/m3
Diameter Total Pipa	D_I	0.599	m
Viskositas Kinematis Air Laut	V_k	0.000001	m2/s
Kecepatan Arus	U	0.73	m/s

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Densitas Air Laut	ρ_w	1025	kg/m3
Stability Parameter Safety Factor	γ_k	1.15	-
Soil Damping	ζ_{soil}	0.01	-
Hydrodynamic Damping	ζ_h	0	-
Structural Damping	ζ_{str}	0.005	-
Damping Total	ζtot	0.015	
Diameter Total Pipa	D_I	0.599	m
Rasio k/Di	K/DI	0.005	-
Frek. Gelombang Signifikan (10 Tahun)	ω_s	1.61	rad/s
Frek. Gelombang Signifikan (100 Tahun)	ω_s	1.23	rad/s
Viskositas Kinematis Air Laut	V_k	0.000001	m2/s

Panjang Span (L)	No. Free Span	Gap (e)	Me	Uc (10 Tahun)	Uc (100 Tahun)	Uw (10 Tahun)	Uw (100 Tahun)	Re (10 Tahun)	Re (100 Tahun)	Ksd	Ks
22.15	FS-1	0.2	804.34	0.58	0.65	0.07	0.09	335633.72	376909.07	0.36	0.41
11.06	FS-2	0.9	723.61	0.63	0.70	0.07	0.09	361266.71	405694.33	0.32	0.37
24.39	FS-3	1.7	723.61	0.65	0.73	0.07	0.09	376218.22	422484.54	0.32	0.37
25.17	FS-4	1.4	723.61	0.64	0.72	0.07	0.09	371461.67	417143.04	0.32	0.37
19.78	FS-5	0.8	723.61	0.62	0.70	0.07	0.09	358719.68	402834.07	0.32	0.37
20.81	FS-6	2.0	723.61	0.63	0.70	0.07	0.09	361231.00	405654.23	0.32	0.37
49.90	FS-7	2.9	723.61	0.64	0.72	0.07	0.09	370895.60	416507.35	0.32	0.37
42.90	FS-8	2.5	723.61	0.64	0.72	0.07	0.09	366987.84	412119.03	0.32	0.37
33.94	FS-9	0.4	737.70	0.57	0.64	0.07	0.09	326409.56	366550.54	0.33	0.38
25.84	FS-10	1.8	723.61	0.62	0.70	0.07	0.09	358568.58	402664.40	0.32	0.37
34.78	FS-11	0.9	723.61	0.59	0.67	0.07	0.09	342189.14	384270.65	0.32	0.37
31.76	FS-12	0.7	723.61	0.58	0.66	0.07	0.09	336852.02	378277.19	0.32	0.37
14.73	FS-13	0.2	804.34	0.55	0.62	0.07	0.09	316556.15	355485.38	0.36	0.41
18.51	FS-14	0.4	737.70	0.57	0.64	0.07	0.09	326409.56	366550.54	0.33	0.38
28.04	FS-15	0.8	723.61	0.59	0.66	0.07	0.09	339642.10	381410.38	0.32	0.37
14.93	FS-16	0.3	763.09	0.59	0.66	0.07	0.09	340973.26	382905.24	0.34	0.39
6.58	FS-17	0.2	804.34	0.58	0.65	0.07	0.09	335633.72	376909.07	0.36	0.41
15.08	FS-18	1.2	723.61	0.64	0.72	0.07	0.09	367798.27	413029.13	0.32	0.37
19.73	FS-19	0.3	763.09	0.59	0.66	0.07	0.09	340973.26	382905.24	0.34	0.39
15.16	FS-20	1.0	723.61	0.63	0.71	0.07	0.09	363609.68	408325.43	0.32	0.37
13.30	FS-22	0.5	723.61	0.61	0.68	0.07	0.09	349396.83	392364.72	0.32	0.37
14.60	FS-23	0.8	723.61	0.62	0.70	0.07	0.09	358719.68	402834.07	0.32	0.37
9.04	FS-24	0.8	723.61	0.62	0.70	0.07	0.09	358719.68	402834.07	0.32	0.37
10.84	FS-26	0.5	723.61	0.61	0.68	0.07	0.09	349396.83	392364.72	0.32	0.37
9.90	FS-27	0.3	763.09	0.59	0.66	0.07	0.09	340973.26	382905.24	0.34	0.39

Panjang Span (L)	No. Free Span	Gap (e)	Me	Uc (10 Tahun)	Uc (100 Tahun)	Uw (10 Tahun)	Uw (100 Tahun)	Re (10 Tahun)	Re (100 Tahun)	Ksd	Ks
13.64	FS-28	1.0	723.61	0.63	0.71	0.07	0.09	363609.68	408325.43	0.32	0.37
27.37	FS-30	0.6	723.61	0.61	0.69	0.07	0.09	352845.15	396237.12	0.32	0.37
9.87	FS-31	0.1	883.14	0.57	0.64	0.07	0.09	329097.33	369568.85	0.39	0.45
7.00	FS-32	0.1	883.14	0.57	0.64	0.07	0.09	329097.33	369568.85	0.39	0.45
14.78	FS-33	0.4	737.70	0.60	0.67	0.07	0.09	345487.13	387974.22	0.33	0.38
19.52	FS-34	0.4	737.70	0.60	0.67	0.07	0.09	345487.13	387974.22	0.33	0.38

2. Parameter Perhitungan Coefficient Drag

KC	ΨKC	Ψproxi	e/D	Ψtrench	ΨVIV	CD0
10.007	1.000	1.087	0.334	1.000	1.963	1.00
10.679	1.000	1.000	1.503	1.000	1.963	1.00
11.070	1.000	1.000	2.838	1.000	1.963	1.00
10.946	1.000	1.000	2.337	1.000	1.963	1.00
10.612	1.000	1.000	1.336	1.000	1.963	1.00
10.678	1.000	1.000	3.339	1.000	1.963	1.00
10.931	1.000	1.000	4.841	1.000	1.963	1.00
10.829	1.000	1.000	4.174	1.000	1.963	1.00
9.765	1.000	1.015	0.668	1.000	1.963	1.00
10.608	1.000	1.000	3.005	1.000	1.963	1.00
10.179	1.000	1.000	1.503	1.000	1.963	1.00
10.039	1.000	1.000	1.169	1.000	1.963	1.00
9.507	1.000	1.087	0.334	1.000	1.963	1.00
9.765	1.000	1.015	0.668	1.000	1.963	1.00
10.112	1.000	1.000	1.336	1.000	1.963	1.00
10.147	1.000	1.043	0.501	1.000	1.963	1.00
10.007	1.000	1.087	0.334	1.000	1.963	1.00
10.850	1.000	1.000	2.003	1.000	1.963	1.00
10.147	1.000	1.043	0.501	1.000	1.963	1.00
10.740	1.000	1.000	1.669	1.000	1.963	1.00
10.368	1.000	1.000	0.835	1.000	1.963	1.00
10.612	1.000	1.000	1.336	1.000	1.963	1.00
10.612	1.000	1.000	1.336	1.000	1.963	1.00
10.368	1.000	1.000	0.835	1.000	1.963	1.00
10.147	1.000	1.043	0.501	1.000	1.963	1.00
10.740	1.000	1.000	1.669	1.000	1.963	1.00
10.458	1.000	1.000	1.002	1.000	1.963	1.00
9.836	1.000	1.173	0.167	1.000	1.963	1.00
9.836	1.000	1.173	0.167	1.000	1.963	1.00
10.265	1.000	1.015	0.668	1.000	1.963	1.00
10.265	1.000	1.015	0.668	1.000	1.963	1.00

3. Perhitungan Gaya Hidrodinamis

No. Free Span	L	e	FD	FL	Fi	FL	Ftot	Utot	Tu	CD	CM	CL	KC
FS-1	22.15	0.20	362.89	294.31	658.06	119.15	482.039	0.745	8.050	2.13	2.28	0.70	11.03
FS-2	11.06	0.90	380.06	294.31	577.40	135.68	515.737	0.795	8.050	1.96	2.00	0.70	11.77
FS-3	24.39	1.70	408.46	294.31	577.40	145.82	554.273	0.824	8.050	1.96	2.00	0.70	12.20
FS-4	25.17	1.40	399.31	294.31	577.40	142.55	541.863	0.814	8.050	1.96	2.00	0.70	12.06
FS-5	19.78	0.80	375.32	294.31	577.40	133.99	509.311	0.790	8.050	1.96	2.00	0.70	11.69
FS-6	20.81	2.00	379.99	294.31	577.40	135.66	515.647	0.795	8.050	1.96	2.00	0.70	11.77
FS-7	49.90	2.90	398.23	294.31	577.40	142.17	540.395	0.813	8.050	1.96	2.00	0.70	12.04
FS-8	42.90	2.50	390.80	294.31	577.40	139.52	530.319	0.806	8.050	1.96	2.00	0.70	11.93
FS-9	33.94	0.40	322.67	294.31	591.48	113.46	436.130	0.727	8.050	1.99	2.05	0.70	10.76
FS-10	25.84	1.80	375.04	294.31	577.40	133.89	508.931	0.789	8.050	1.96	2.00	0.70	11.69
FS-11	34.78	0.90	345.31	294.31	577.40	123.27	468.582	0.757	8.050	1.96	2.00	0.70	11.22
FS-12	31.76	0.70	335.89	294.31	577.40	119.91	455.795	0.747	8.050	1.96	2.00	0.70	11.06
FS-13	14.73	0.20	327.54	294.31	658.06	107.54	435.083	0.707	8.050	2.13	2.28	0.70	10.48
FS-14	18.51	0.40	322.67	294.31	591.48	113.46	436.130	0.727	8.050	1.99	2.05	0.70	10.76

No. Free Span	L	e	FD	F_l	Fi	FL	Ftot	Utot	Tu	CD	CM	CL	KC
FS-15	28.04	0.80	340.80	294.31	577.40	121.66	462.458	0.752	8.050	1.96	2.00	0.70	11.14
FS-16	14.93	0.30	357.80	294.31	616.84	122.50	480.302	0.755	8.050	2.04	2.14	0.70	11.18
FS-17	6.58	0.20	362.89	294.31	658.06	119.15	482.039	0.745	8.050	2.13	2.28	0.70	11.03
FS-18	15.08	1.20	392.34	294.31	577.40	140.06	532.401	0.807	8.050	1.96	2.00	0.70	11.95
FS-19	19.73	0.30	357.80	294.31	616.84	122.50	480.302	0.755	8.050	2.04	2.14	0.70	11.18
FS-20	15.16	1.00	384.44	294.31	577.40	137.24	521.684	0.799	8.050	1.96	2.00	0.70	11.83
FS-22	13.30	0.50	358.24	294.31	577.40	127.89	486.132	0.771	8.050	1.96	2.00	0.70	11.42
FS-23	14.60	0.80	375.32	294.31	577.40	133.99	509.311	0.790	8.050	1.96	2.00	0.70	11.69
FS-24	9.04	0.80	375.32	294.31	577.40	133.99	509.311	0.790	8.050	1.96	2.00	0.70	11.69
FS-26	10.84	0.50	358.24	294.31	577.40	127.89	486.132	0.771	8.050	1.96	2.00	0.70	11.42
FS-27	9.90	0.30	357.80	294.31	616.84	122.50	480.302	0.755	8.050	2.04	2.14	0.70	11.18
FS-28	13.64	1.00	384.44	294.31	577.40	137.24	521.684	0.799	8.050	1.96	2.00	0.70	11.83
FS-30	27.37	0.60	364.51	294.31	577.40	130.13	494.642	0.778	8.050	1.96	2.00	0.70	11.52
FS-31	9.87	0.10	378.05	294.31	736.78	115.10	493.155	0.732	8.050	2.30	2.55	0.70	10.84
FS-32	7.00	0.10	378.05	294.31	736.78	115.10	493.155	0.732	8.050	2.30	2.55	0.70	10.84
FS-33	14.78	0.40	356.55	294.31	591.48	125.38	481.923	0.764	8.050	1.99	2.05	0.70	11.31

No. Free Span	L	e	FD	F_l	Fi	FL	Ftot	Utot	Tu	CD	CM	CL	KC
FS-34	19.52	0.40	356.55	294.31	591.48	125.38	481.923	0.764	8.050	1.99	2.05	0.70	11.31

4. Perhitungan CSF (Concrete Stiffnes Factor)

Parameter Concrete Stiffness Factor			
Parameter	**Notasi**	**Nilai**	**Satuan**
Konstanta Empiris (Asphalt)	k_C	0.330	-
Momen Inersia Pipa Baja	I_{st}	0.001	m4
Momen Inersia Selimut Beton	I_{conc}	0.003	m4
Young's Modulus Pipa Baja	E_{st}	207000	Mpa
Young's Modulus Selimut Beton	E_{conc}	31330.242	Mpa
Kekuatan Material Selimut Beton	f_{cn}	45	Mpa

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Concrete Stiffness Factor	CSF	0.214	-

5. Perhitungan Panjang Span Efektif Crossflow

No. Free Span	L	e	K_V	*A*	B (= Log *A*)	Leff/L	Leff
FS-1	22.15	0.20	15315.40	19700531.50	7.29	1.04	22.98
FS-2	11.06	0.90	15315.40	1226718.87	6.09	1.08	11.91
FS-3	24.39	1.70	15315.40	28963504.76	7.46	1.04	25.26
FS-4	25.17	1.40	15315.40	32870972.17	7.52	1.04	26.06
FS-5	19.78	0.80	15315.40	12535957.50	7.10	1.04	20.59
FS-6	20.81	2.00	15315.40	15358136.52	7.19	1.04	21.63
FS-7	49.90	2.90	15315.40	507571445.90	8.71	1.05	52.36
FS-8	42.90	2.50	15315.40	277456831.80	8.44	1.04	44.73
FS-9	33.94	0.40	15315.40	108587036.68	8.04	1.04	35.16
FS-10	25.84	1.80	15315.40	36515314.12	7.56	1.04	26.75
FS-11	34.78	0.90	15315.40	119802468.83	8.08	1.04	36.05
FS-12	31.76	0.70	15315.40	83328268.71	7.92	1.04	32.88
FS-13	14.73	0.20	15315.40	3852488.58	6.59	1.05	15.53
FS-14	18.51	0.40	15315.40	9617475.97	6.98	1.04	19.31
FS-15	28.04	0.80	15315.40	50581784.94	7.70	1.03	29.01
FS-16	14.93	0.30	15315.40	4073312.45	6.61	1.05	15.74
FS-17	6.58	0.20	15315.40	153588.46	5.19	1.14	7.51
FS-18	15.08	1.20	15315.40	4232630.26	6.63	1.05	15.88
FS-19	19.73	0.30	15315.40	12397296.72	7.09	1.04	20.53
FS-20	15.16	1.00	15315.40	4326600.57	6.64	1.05	15.96
FS-22	13.30	0.50	15315.40	2560898.35	6.41	1.06	14.12
FS-23	14.60	0.80	15315.40	3724624.33	6.57	1.06	15.41
FS-24	9.04	0.80	15315.40	547214.67	5.74	1.10	9.92
FS-26	10.84	0.50	15315.40	1129505.25	6.05	1.08	11.69
FS-27	9.90	0.30	15315.40	787025.52	5.90	1.09	10.77
FS-28	13.64	1.00	15315.40	2830312.78	6.45	1.06	14.45
FS-30	27.37	0.60	15315.40	45930318.72	7.66	1.03	28.32
FS-31	9.87	0.10	15315.40	777421.88	5.89	1.09	10.74
FS-32	7.00	0.10	15315.40	196515.63	5.29	1.13	7.92
FS-33	14.78	0.40	15315.40	3910964.13	6.59	1.05	15.59
FS-34	19.52	0.40	15315.40	11880911.56	7.07	1.04	20.32

6. Perhitungan Panjang Span Efektif Inline

No. Free Span	L	e	K_L	*A*	β (= Log *A*)	Leff/L	Leff
FS-1	22.15	0.20	12564.20	16161606.34	7.21	1.04	23.01
FS-2	11.06	0.90	12564.20	1006355.97	6.00	1.08	11.96
FS-3	24.39	1.70	12564.20	23760615.91	7.38	1.04	25.28
FS-4	25.17	1.40	12564.20	26966161.41	7.43	1.04	26.08
FS-5	19.78	0.80	12564.20	10284047.93	7.01	1.04	20.62
FS-6	20.81	2.00	12564.20	12599261.93	7.10	1.04	21.66
FS-7	49.90	2.90	12564.20	416393329.18	8.62	1.05	52.23
FS-8	42.90	2.50	12564.20	227615589.55	8.36	1.04	44.65
FS-9	33.94	0.40	12564.20	89080893.10	7.95	1.04	35.14
FS-10	25.84	1.80	12564.20	29955848.26	7.48	1.04	26.77
FS-11	34.78	0.90	12564.20	98281629.60	7.99	1.04	36.03
FS-12	31.76	0.70	12564.20	68359509.78	7.83	1.03	32.87
FS-13	14.73	0.20	12564.20	3160442.85	6.50	1.06	15.58
FS-14	18.51	0.40	12564.20	7889830.82	6.90	1.05	19.35
FS-15	28.04	0.80	12564.20	41495474.18	7.62	1.03	29.02
FS-16	14.93	0.30	12564.20	3341598.79	6.52	1.06	15.78
FS-17	6.58	0.20	12564.20	125998.44	5.10	1.15	7.56
FS-18	15.08	1.20	12564.20	3472297.39	6.54	1.06	15.93
FS-19	19.73	0.30	12564.20	10170295.62	7.01	1.04	20.57
FS-20	15.16	1.00	12564.20	3549387.24	6.55	1.06	16.01
FS-22	13.30	0.50	12564.20	2100868.75	6.32	1.07	14.17
FS-23	14.60	0.80	12564.20	3055547.62	6.49	1.06	15.46
FS-24	9.04	0.80	12564.20	448915.20	5.65	1.10	9.98
FS-26	10.84	0.50	12564.20	926605.42	5.97	1.08	11.74
FS-27	9.90	0.30	12564.20	645647.39	5.81	1.09	10.82
FS-28	13.64	1.00	12564.20	2321886.65	6.37	1.06	14.50
FS-30	27.37	0.60	12564.20	37679578.86	7.58	1.04	28.33
FS-31	9.87	0.10	12564.20	637768.91	5.80	1.09	10.79
FS-32	7.00	0.10	12564.20	161214.34	5.21	1.14	7.97
FS-33	14.78	0.40	12564.20	3208414.08	6.51	1.06	15.63
FS-34	19.52	0.40	12564.20	9746671.84	6.99	1.04	20.36

7. Perhitungan Gaya Aksial Efektif

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Tekanan internal	Pi	4140000	Pa
Tekanan Eksternal	Pe	1069792.5	Pa
Internal Pressure Difference Relative to Laying	Δpi	3342618.68	Pa
Luas Melintang Pipa Terluar	A0	0.282	m2
Luas Melintang Pipa Terdalam	Ai	0.253	m2
Pipe Steel Cross Section Area	As	0.029	m2
Temperature Difference	ΔT	8.6	˚C
Temperature Expansion Coefficient	αe	0.0000117	˚C
Poisson Ratio	v	0.3	-

Deskripsi	Notasi	Nilai	
True Wall Force in Inner pipe	Ni	465685.721	N
True Wall Force in Outer pipe	No	4431465.317	N
Gaya axial pada dinding pipa	Ntr	4897151.038	N
Effective Axial Force	Seff	-312641.46	N

8. Perhitungan Defleksi Crossflow dan Inline

Defleksi Crossflow					
No. Freespan	q [N/m]	Leff [m]	Seff/Pcr	CSF	defleksi (δ_{il}) [m]
FS-1	1471.54	22.98	-0.07	0.214	0.031
FS-2	1471.54	11.91	-0.02	0.214	0.002
FS-3	1471.54	25.26	-0.08	0.214	0.045
FS-4	1471.54	26.06	-0.08	0.214	0.052
FS-5	1471.54	20.59	-0.05	0.214	0.019
FS-6	1471.54	21.63	-0.06	0.214	0.024
FS-7	1471.54	52.36	-0.34	0.214	1.171
FS-8	1471.54	44.73	-0.25	0.214	0.547
FS-9	1471.54	35.16	-0.15	0.214	0.185
FS-10	1471.54	26.75	-0.09	0.214	0.058
FS-11	1471.54	36.05	-0.16	0.214	0.207
FS-12	1471.54	32.88	-0.14	0.214	0.139
FS-13	1471.54	15.53	-0.03	0.214	0.006
FS-14	1471.54	19.31	-0.05	0.214	0.015
FS-15	1471.54	29.01	-0.11	0.214	0.081
FS-16	1471.54	15.74	-0.03	0.214	0.006
FS-17	1471.54	7.51	-0.01	0.214	0.000

Defleksi Crossflow					
No. Freespan	q [N/m]	Leff [m]	Seff/Pcr	CSF	defleksi (δ_{il}) [m]
FS-18	1471.54	15.88	-0.03	0.214	0.007
FS-19	1471.54	20.53	-0.05	0.214	0.019
FS-20	1471.54	15.96	-0.03	0.214	0.007
FS-22	1471.54	14.12	-0.02	0.214	0.004
FS-23	1471.54	15.41	-0.03	0.214	0.006
FS-24	1471.54	9.92	-0.01	0.214	0.001
FS-26	1471.54	11.69	-0.02	0.214	0.002
FS-27	1471.54	10.77	-0.01	0.214	0.001
FS-28	1471.54	14.45	-0.03	0.214	0.005
FS-30	1471.54	28.32	-0.10	0.214	0.073
FS-31	1471.54	10.74	-0.01	0.214	0.001
FS-32	1471.54	7.92	-0.01	0.214	0.000
FS-33	1471.54	15.59	-0.03	0.214	0.006
FS-34	1471.54	20.32	-0.05	0.214	0.018

Defleksi Inline					
No. Freespan	q [N/m]	Leff [m]	Seff/Pcr	CSF	defleksi (δ_{il})
FS-1	362.89	23.01	-0.07	0.214	0.0071
FS-2	380.06	11.96	-0.02	0.214	0.0005
FS-3	408.46	25.28	-0.08	0.214	0.0116
FS-4	399.31	26.08	-0.09	0.214	0.0129
FS-5	375.32	20.62	-0.05	0.214	0.0047
FS-6	379.99	21.66	-0.06	0.214	0.0058
FS-7	398.23	52.23	-0.34	0.214	0.2064
FS-8	390.80	44.65	-0.25	0.214	0.1082
FS-9	322.67	35.14	-0.15	0.214	0.0343
FS-10	375.04	26.77	-0.09	0.214	0.0134
FS-11	345.31	36.03	-0.16	0.214	0.0405
FS-12	335.89	32.87	-0.14	0.214	0.0273
FS-13	327.54	15.58	-0.03	0.214	0.0013
FS-14	322.67	19.35	-0.05	0.214	0.0031
FS-15	340.80	29.02	-0.11	0.214	0.0168
FS-16	357.80	15.78	-0.03	0.214	0.0015
FS-17	362.89	7.56	-0.01	0.214	0.0001
FS-18	392.34	15.93	-0.03	0.214	0.0018
FS-19	357.80	20.57	-0.05	0.214	0.0045
FS-20	384.44	16.01	-0.03	0.214	0.0018

Defleksi Inline					
No. Freespan	q [N/m]	Leff [m]	Seff/Pcr	CSF	defleksi (δ_{il})
FS-22	358.24	14.17	-0.03	0.214	0.0010
FS-23	375.32	15.46	-0.03	0.214	0.0015
FS-24	375.32	9.98	-0.01	0.214	0.0003
FS-26	358.24	11.74	-0.02	0.214	0.0005
FS-27	357.80	10.82	-0.01	0.214	0.0003
FS-28	384.44	14.50	-0.03	0.214	0.0012
FS-30	364.51	28.33	-0.10	0.214	0.0163
FS-31	378.05	10.79	-0.01	0.214	0.0004
FS-32	378.05	7.97	-0.01	0.214	0.0001
FS-33	356.55	15.63	-0.03	0.214	0.0015
FS-34	356.55	20.36	-0.05	0.214	0.0043

9. Perhitungan Frekuensi Natural Crossflow dan Inline

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Massa Efektif (Me) [kg/m]	Vortex Shedding (fs) [Hz]	Frekuensi Natural Cross Flow (fn cf) [Hz]	Frekuensi Natural In-Line (fn il) [Hz]
FS-1	22.147	804.344	0.245	1.387	1.382
FS-2	11.063	723.615	0.245	5.577	5.528
FS-3	24.387	723.615	0.245	1.202	1.198
FS-4	25.171	723.615	0.245	1.127	1.123
FS-5	19.781	723.615	0.245	1.833	1.826
FS-6	20.811	723.615	0.245	1.657	1.651
FS-7	49.897	723.615	0.245	0.517	0.239
FS-8	42.905	723.615	0.245	0.454	0.347
FS-9	33.935	737.704	0.245	0.610	0.589
FS-10	25.842	723.615	0.245	1.068	1.063
FS-11	34.779	723.615	0.245	0.588	0.563
FS-12	31.762	723.615	0.245	0.701	0.687
FS-13	14.728	804.344	0.245	3.090	3.072
FS-14	18.513	737.704	0.245	2.070	2.061
FS-15	28.035	723.615	0.245	0.903	0.897
FS-16	14.935	763.087	0.245	3.089	3.071
FS-17	6.581	804.344	0.245	13.376	13.186
FS-18	15.078	723.615	0.245	3.115	3.096
FS-19	19.726	763.087	0.245	1.795	1.788
FS-20	15.161	723.615	0.245	3.082	3.064
FS-22	13.298	723.615	0.245	3.956	3.928

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Massa Efektif (Me) [kg/m]	Vortex Shedding (fs) [Hz]	Frekuensi Natural Cross Flow (fn cf) [Hz]	Frekuensi Natural In-Line (fn il) [Hz]
FS-23	14.604	723.615	0.245	3.311	3.291
FS-24	9.042	723.615	0.245	8.056	7.970
FS-26	10.837	723.615	0.245	5.793	5.741
FS-27	9.902	763.087	0.245	6.656	6.590
FS-28	13.635	723.615	0.245	3.773	3.747
FS-30	27.367	723.615	0.245	0.949	0.943
FS-31	9.871	883.141	0.245	6.221	6.160
FS-32	6.999	883.141	0.245	11.473	11.318
FS-33	14.783	737.704	0.245	3.204	3.184
FS-34	19.517	737.704	0.245	1.865	1.858

10. Panjang Span Maksimum

No. Freesspan	Panjang Span	Massa Efektif (Me)	Frekuensi Natural Crossflow(fn)	Frekuensi Natural Inline (fn)	Reduced Velocity (Ur)	Panjang Span Crossflow (Ls) [m]	Panjang Span Inline(Ls) [m]
FS-1	22.15	804.34	1.386	1.382	0.98	24.90	30.83
FS-2	11.06	723.61	5.577	5.528	1.05	25.45	63.32
FS-3	24.39	723.61	1.201	1.198	1.09	25.40	29.48
FS-4	25.17	723.61	1.125	1.122	1.08	25.42	28.53
FS-5	19.78	723.61	1.833	1.826	1.04	25.47	36.40
FS-6	20.81	723.61	1.656	1.651	1.05	25.46	34.60
FS-7	49.90	723.61	0.302	0.238	1.08	25.42	13.15
FS-8	42.90	723.61	0.372	0.347	1.07	25.43	15.87
FS-9	33.94	737.70	0.594	0.589	0.96	25.49	20.56
FS-10	25.84	723.61	1.065	1.063	1.04	25.47	27.77
FS-11	34.78	723.61	0.570	0.563	1.00	25.54	20.21
FS-12	31.76	723.61	0.691	0.687	0.99	25.56	22.32
FS-13	14.73	804.34	3.090	3.072	0.94	24.99	45.97
FS-14	18.51	737.70	2.070	2.061	0.96	25.49	38.48
FS-15	28.04	723.61	0.899	0.897	0.99	25.55	25.50
FS-16	14.93	763.09	3.089	3.071	1.00	25.20	46.57
FS-17	6.58	804.34	13.376	13.186	0.98	24.90	95.24
FS-18	15.08	723.61	3.115	3.096	1.07	25.43	47.39
FS-19	19.73	763.09	1.795	1.788	1.00	25.20	35.54
FS-20	15.16	723.61	3.082	3.064	1.06	25.45	47.14
FS-22	13.30	723.61	3.956	3.928	1.02	25.50	53.38

No. Freesspan	Panjang Span	Massa Efektif (Me)	Frekuensi Natural Crossflow(fn)	Frekuensi Natural Inline (fn)	Reduced Velocity (Ur)	Panjang Span Crossflow (Ls) [m]	Panjang Span Inline(Ls) [m]
FS-23	14.60	723.61	3.311	3.291	1.04	25.47	48.85
FS-24	9.04	723.61	8.056	7.970	1.04	25.47	76.03
FS-26	10.84	723.61	5.793	5.741	1.02	25.50	64.53
FS-27	9.90	763.09	6.656	6.590	1.00	25.20	68.22
FS-28	13.64	723.61	3.773	3.747	1.06	25.45	52.13
FS-30	27.37	723.61	0.946	0.943	1.03	25.49	26.16
FS-31	9.87	883.14	6.221	6.160	0.97	24.35	63.59
FS-32	7.00	883.14	11.473	11.318	0.97	24.35	86.20
FS-33	14.78	737.70	3.204	3.184	1.01	25.40	47.83
FS-34	19.52	737.70	1.865	1.858	1.01	25.40	36.53

11. Kriteria Screening

Screening VIV Criteria arah Crossflow				
No. Free Span	Uextreme CF	Nilai Kriteria	Frekuensi Natural Cross Flow (fn cf) [Hz]	KONDISI
FS-1	0.722	0.843	1.386	TIDAK TERJADI VIV
FS-2	0.771	0.902	5.577	TIDAK TERJADI VIV
FS-3	0.801	0.936	1.201	TIDAK TERJADI VIV
FS-4	0.791	0.925	1.125	TIDAK TERJADI VIV
FS-5	0.767	0.896	1.833	TIDAK TERJADI VIV
FS-6	0.771	0.902	1.656	TIDAK TERJADI VIV
FS-7	0.790	0.924	0.302	TERJADI VIV
FS-8	0.783	0.915	0.372	TERJADI VIV
FS-9	0.704	0.822	0.594	TERJADI VIV
FS-10	0.766	0.895	1.065	TIDAK TERJADI VIV
FS-11	0.734	0.858	0.570	TERJADI VIV
FS-12	0.724	0.846	0.691	TERJADI VIV
FS-13	0.684	0.800	3.090	TIDAK TERJADI VIV
FS-14	0.704	0.822	2.070	TIDAK TERJADI VIV
FS-15	0.729	0.852	0.899	TIDAK TERJADI VIV
FS-16	0.732	0.855	3.089	TIDAK TERJADI VIV
FS-17	0.722	0.843	13.376	TIDAK TERJADI VIV
FS-18	0.784	0.916	3.115	TIDAK TERJADI VIV
FS-19	0.732	0.855	1.795	TIDAK TERJADI VIV
FS-20	0.776	0.907	3.082	TIDAK TERJADI VIV
FS-22	0.748	0.875	3.956	TIDAK TERJADI VIV
FS-23	0.767	0.896	3.311	TIDAK TERJADI VIV

Screening VIV Criteria arah Crossflow				
No. Free Span	**Uextreme CF**	**Nilai Kriteria**	**Frekuensi Natural Cross Flow (fn cf) [Hz]**	**KONDISI**
FS-24	0.767	0.896	8.056	TIDAK TERJADI VIV
FS-26	0.748	0.875	5.793	TIDAK TERJADI VIV
FS-27	0.732	0.855	6.656	TIDAK TERJADI VIV
FS-28	0.776	0.907	3.773	TIDAK TERJADI VIV
FS-30	0.755	0.882	0.946	TIDAK TERJADI VIV
FS-31	0.709	0.828	6.221	TIDAK TERJADI VIV
FS-32	0.709	0.828	11.473	TIDAK TERJADI VIV
FS-33	0.741	0.866	3.204	TIDAK TERJADI VIV
FS-34	0.741	0.866	1.865	TIDAK TERJADI VIV

Screening Kriteria VIV arah Inline				
No. Free Span	**Vr onset**	**Nilai Kriteria**	**Frekuensi Natural In-Line (fn il) [Hz]**	**KONDISI**
FS-1	0.909	1.855	1.382	TERJADI VIV
FS-2	0.909	1.983	5.528	TIDAK TERJADI VIV
FS-3	0.909	2.058	1.198	TERJADI VIV
FS-4	0.909	2.035	1.122	TERJADI VIV
FS-5	0.909	1.971	1.826	TERJADI VIV
FS-6	0.909	1.983	1.651	TERJADI VIV
FS-7	0.909	2.032	0.238	TERJADI VIV
FS-8	0.909	2.012	0.347	TERJADI VIV
FS-9	0.909	1.809	0.589	TERJADI VIV
FS-10	0.909	1.970	1.063	TERJADI VIV
FS-11	0.909	1.888	0.563	TERJADI VIV
FS-12	0.909	1.861	0.687	TERJADI VIV
FS-13	0.909	1.759	3.072	TIDAK TERJADI VIV
FS-14	0.909	1.809	2.061	TIDAK TERJADI VIV
FS-15	0.909	1.875	0.897	TERJADI VIV
FS-16	0.909	1.882	3.071	TIDAK TERJADI VIV
FS-17	0.909	1.855	13.186	TIDAK TERJADI VIV
FS-18	0.909	2.016	3.096	TIDAK TERJADI VIV
FS-19	0.909	1.882	1.788	TERJADI VIV
FS-20	0.909	1.995	3.064	TIDAK TERJADI VIV
FS-22	0.909	1.924	3.928	TIDAK TERJADI VIV
FS-23	0.909	1.971	3.291	TIDAK TERJADI VIV
FS-24	0.909	1.971	7.970	TIDAK TERJADI VIV
FS-26	0.909	1.924	5.741	TIDAK TERJADI VIV
FS-27	0.909	1.882	6.590	TIDAK TERJADI VIV

Screening Kriteria VIV arah Inline				
No. Free Span	Vr onset	Nilai Kriteria	Frekuensi Natural In-Line (fn il) [Hz]	KONDISI
FS-28	0.909	1.995	3.747	TIDAK TERJADI VIV
FS-30	0.909	1.941	0.943	TERJADI VIV
FS-31	0.909	1.822	6.160	TIDAK TERJADI VIV
FS-32	0.909	1.822	11.318	TIDAK TERJADI VIV
FS-33	0.909	1.904	3.184	TIDAK TERJADI VIV
FS-34	0.909	1.904	1.858	TERJADI VIV

12. Perhitungan Defleksi setelah Mitigasi Support

Defleksi arah Crossflow setelah Mitigasi					
No. Freespan	q [N/m]	Leff [m]	Seff/Pcr	CSF	defleksi (δ) [m]
FS-1	1352.39	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS-1.1	1352.39	8.068	-0.008	0.214	0.0064
FS-3	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS-3.1	1471.54	10.265	-0.013	0.214	0.0065
FS-4	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS-4.1	1471.54	11.031	-0.015	0.214	0.0065
FS-5	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS-5.1	1471.54	5.741	-0.004	0.214	0.0064
FS-6	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS-6.1	1471.54	6.754	-0.006	0.214	0.0064
FS-7	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS-7.1	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS-7.2	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS-7.3	1471.54	5.859	-0.004	0.214	0.0064
FS-8	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS-8.1	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS-8.2	1471.54	13.722	-0.024	0.214	0.0065
FS-9	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS-9.1	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS-9.2	1471.54	4.913	-0.003	0.214	0.0064
FS-10	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS-10.1	1471.54	11.690	-0.017	0.214	0.0065
FS-11	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS 11.1	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS 11.2	1471.54	5.741	-0.004	0.214	0.0064
FS-12	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS 12.1	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS 12.2	1471.54	2.748	-0.001	0.214	0.0064

Defleksi arah Crossflow setelah Mitigasi					
No. Freespan	**q [N/m]**	**Leff [m]**	**Seff/Pcr**	**CSF**	**defleksi (δ) [m]**
FS-15	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS 15.1	1471.54	13.860	-0.024	0.214	0.0065
FS-19	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS 19.1	1471.54	5.692	-0.004	0.214	0.0064
FS-30	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS 30.1	1471.54	14.187	-0.025	0.214	0.0066
FS-34	1471.54	15.803	-0.031	0.214	0.0066
FS 34.1	1471.54	5.485	-0.004	0.214	0.0064

Defleksi arah Inline setelah Mitigasi					
No. Freespan	**q**	**Leff**	**Seff/Pcr**	**CSF**	**defleksi (δ) [m]**
FS-1	362.89	15.85	-0.031	0.214	0.0016
FS-1.1	362.89	8.12	-0.008	0.214	0.0016
FS-3	408.46	15.85	-0.031	0.214	0.0019
FS-3.1	408.46	10.32	-0.013	0.214	0.0018
FS-4	399.31	15.85	-0.031	0.214	0.0018
FS-4.1	399.31	11.08	-0.015	0.214	0.0018
FS-5	375.32	15.85	-0.031	0.214	0.0017
FS-5.1	375.32	5.79	-0.004	0.214	0.0017
FS-6	379.99	15.85	-0.031	0.214	0.0017
FS-6.1	379.99	6.81	-0.006	0.214	0.0017
FS-7	398.23	15.85	-0.031	0.214	0.0018
FS-7.1	398.23	15.85	-0.031	0.214	0.0018
FS-7.2	398.23	15.85	-0.031	0.214	0.0018
FS-7.3	398.23	5.91	-0.004	0.214	0.0018
FS-8	390.80	15.85	-0.031	0.214	0.0018
FS-8.1	390.80	15.85	-0.031	0.214	0.0018
FS-8.2	390.80	13.77	-0.024	0.214	0.0018
FS-9	322.67	15.85	-0.031	0.214	0.0015
FS-9.1	322.67	15.85	-0.031	0.214	0.0015
FS-9.2	322.67	4.96	-0.003	0.214	0.0014
FS-10	375.04	15.85	-0.031	0.214	0.0017
FS-10.1	375.32	11.74	-0.017	0.214	0.0017
FS-11	345.31	15.85	-0.031	0.214	0.0016
FS 11.1	345.31	15.85	-0.031	0.214	0.0016
FS 11.2	345.31	5.79	-0.004	0.214	0.0015
FS-12	335.89	15.85	-0.031	0.214	0.0015
FS 12.1	335.89	15.85	-0.031	0.214	0.0015
FS 12.2	335.89	2.80	-0.001	0.214	0.0015

Defleksi arah Inline setelah Mitigasi					
No. Freespan	q	Leff	Seff/Pcr	CSF	defleksi (δ) [m]
FS-15	340.80	15.85	-0.031	0.214	0.0015
FS 15.1	340.80	13.91	-0.024	0.214	0.0015
FS-19	357.80	15.85	-0.031	0.214	0.0016
FS 19.1	357.80	5.74	-0.004	0.214	0.0016
FS-30	364.51	15.85	-0.031	0.214	0.0017
FS 30.1	378.05	14.24	-0.0253424	0.214	0.0017
FS-34	356.55	15.85	-0.0314131	0.214	0.0016
FS 34.1	356.55	5.54	-0.0038342	0.214	0.0016

13. Perhitungan Frekuensi Natural setelah Mitigasi

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Massa Efektif (Me) [kg/m]	Vortex Shedding (fs) [Hz]	Frekuensi Natural Cross Flow (fn cf) [Hz]	Frekuensi Natural In-Line (fn il) [Hz]
FS-1	15.00	804.34	0.24	2.98	2.97
FS-1.1	7.15	804.34	0.24	11.58	11.43
FS-3	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13
FS-3.1	9.39	723.61	0.24	7.53	7.45
FS-4	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13
FS-4.1	10.17	723.61	0.24	6.51	6.45
FS-5	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13
FS-5.1	4.78	723.61	0.24	24.17	23.73
FS-6	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13
FS-6.1	5.81	723.61	0.24	17.45	17.18
FS-7	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13
FS-7.1	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13
FS-7.2	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13
FS-7.3	4.90	723.61	0.24	23.20	22.79
FS-8	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13
FS-8.1	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13
FS-8.2	12.90	723.61	0.24	4.19	4.16
FS-9	15.00	737.70	0.24	3.12	3.10
FS-9.1	15.00	737.70	0.24	3.12	3.10
FS-9.2	3.94	737.70	0.24	32.71	32.03
FS-10	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13
FS-10.1	10.84	723.61	0.24	5.79	5.74
FS-11	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13
FS 11.1	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13
FS 11.2	4.78	723.61	0.24	24.17	23.73
FS-12	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13

No. Free Span	Panjang Span (L) [m]	Massa Efektif (Me) [kg/m]	Vortex Shedding (fs) [Hz]	Frekuensi Natural Cross Flow (fn cf) [Hz]	Frekuensi Natural In-Line (fn il) [Hz]
FS 12.1	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13
FS 12.2	1.76	723.61	0.24	105.69	101.86
FS-15	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13
FS 15.1	13.04	723.61	0.24	4.11	4.08
FS-19	15.00	763.09	0.24	3.06	3.05
FS 19.1	4.73	763.09	0.24	23.94	23.51
FS-30	15.00	723.61	0.24	3.15	3.13
FS 30.1	13.37	723.61	0.24	3.92	3.89
FS-34	15.00	737.70	0.24	3.12	3.10
FS 34.1	4.52	737.70	0.24	26.23	25.73

14. Parameter Perhitungan Analisis Statik

PARAMETER		
Notasi	**Nilai**	**Satuan**
E	207000	MPa
γm (SLS)	1.15	-
γsc,pc	1.138	
γsc,lb	1.14	-
γinc	1.1	-
αfab	1	-
SMYS	450	MPa
SMTS	535	MPa
fy temp	21	MPa
fy	429	MPa
fu	514	MPa
F0	0.015	
D/t	37.67	m
tfab	1.99	mm
t1	13.91	mm
t2	15.90	mm

Notasi		Nilai	Satuan
Incidental Pressure	Pinc	4.55	MPa
		4554000	Pa
Local Incidental Pressure	Pli	4.44	MPa
		4440895.72	Pa
Tekanan internal	Pi	1.0697925	
		1069792.50	Pa
Tekanan Eksternal	Pe	0.79	MPa
		796568.50	Pa
	Pli - Pe	3.64	MPa
		3644327.222	Pa
Elastic Collapse Pressure	Pel (t)	8.51	MPa
		8508830.15	Pa
Plastic Collapse Pressure	Pp (t)	22.77	MPa
		22774958.26	Pa

15. Perhitungan Kriteria Tekanan Bursting

Kriteria Tekanan Bursting			
Syarat		Pli - Pe ≤ Pb(t1) / γm . γsc,pc	
Deskripsi	**Nilai**	**Satuan**	**Kondisi**
Pli - Pe	4440895.72	Pa	AMAN
Pb	23558140.83	Pa	
Pb(t1) / γm.γsc,pc	23312316.75	Pa	

16. Perhitungan Kriteria Tekanan Collapse

Kriteria Tekanan Collapse			
Syarat		Pe - Pmin ≤ Pc (t) / γm.γsc.pc	
Deskripsi	**Nilai**	**Satuan**	**Kondisi**
Pe - Pmin	1069792.50	Pa	AMAN
Pc	4830000.00	Pa	
Pc(t) / γm.γsc	3684210.53	Pa	

17. Perhitungan Kriteria Tekanan Kombinasi

Notasi		Nilai	Satuan
Ketahanan Gaya Axial kondisi Plastis	Sp	12488983.91	N
Ketahanan Moment kondisi Plastis	Mp	7282326.52	N.m
Desain Gaya Axial Efektif	Ssd	-389110	N.m
Desain Momen Bending	Msd	1082340	N.m
Faktor Dalam Perhitungan Combined Load	β	0.25	-
Parameter Tegangan Aliran	αc	1.05	-
	γp	0.75	

Kriteria Combined Load		
$$\left[\gamma_m \cdot \gamma_{SC,LB} \cdot \frac{\lvert M_{Sd}\rvert}{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left(\gamma_m \cdot \gamma_{SC,LB} \cdot \frac{S_{Sd}(p_i)}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)}\right)^2\right]^2 + \left[\gamma_p \cdot \frac{p_i - p_e}{\alpha_c \cdot p_b(t_2)}\right]^2 \leq 1$$		
0.035598035	≤ 1	AMAN

18. Perhitungan Kriteria Tekanan Propagasi

Kriteria Tekanan Propagation			
Syarat		Pe - Pmin ≤ Ppr(t2) / γm.γsc,lb	
Deskripsi	**Nilai**	**Satuan**	**Kondisi**
Pe - Pmin	796568.50	Pa	AMAN
Ppr	1770000	Pa	
Ppr(t2) / γm.γlb	1350114.42	Pa	

19. Perhitungan Tegangan Hoop

Parameter	Notasi	Nilai	Unit	Nilai2	Satuan
Design Pressure	P	4140000	Pa	600	psig
Design Temp	T	60	C	140	F
Design Pressure	Pd	4140000	Pa	4.14	MPa
Operating Pressure	P	3000000	Pa	435	MPa
Operating Temp	T	36.6	C	97.9	F
Eksternal Pressure	Pe	797381.3	Pa	0.80	MPa
Internal Pressure	Pi	4252416.7	Pa	4.25	MPa
Diameter Tot	Dtot	0.599	m	20	in
Tebal Dinding	t	0.0159	m	0.626	in
Koef. Ekspansi Thermal		0.0000117			
Temp Ruangan		25	C		
Modulus Young	E	207000	MPa	3E+07	psia

Parameter	Notasi	Nilai	Unit	Nilai2	Satuan
SMYS		65300	psia	450	Mpa
Axial Force	Fa	612952.88	N		
Cross Sectional Pipa	As	0.025	m^2		
Momen Inersia Pipa	Ist	0.001	m^4		
Section Modulus	Z	0.003	m^3		

HOOP STRESS			
Deskripsi	Nilai	Satuan	Kondisi
Tegangan Hoop (Sh) [Mpa]	65.08	MPa	AMAN
Tegangan Ijin [Mpa]	324	MPa	

20. Perhitungan Tegangan Longitudinal

NO FS	Moment Inplane (N.m)	Moment Outplane (N.m)
FS-1	80944	7380
FS-2	20335	1951
FS-3	98258	9426
FS-4	105420	8339
FS-5	65206	4799
FS-6	71931	5372
FS-7	400596	41229
FS-8	303447	29951
FS-9	190728	15449
FS-10	109914	10381
FS-11	200507	17385
FS-12	167563	14136
FS-13	35920	2941

NO FS	Moment Inplane (N.m)	Moment Outplane (N.m)
FS-14	56802	4601
FS-15	129857	11107
FS-16	36764	3300
FS-17	7220	658
FS-18	37592	3720
FS-19	64266	5768
FS-20	38118	3695
FS-22	29254	2634
FS-23	35196	3333
FS-24	13375	1266
FS-26	19290	4100
FS-27	16231	1457
FS-28	30516	2958
FS-30	124085	11384
FS-31	16731	1544
FS-32	8130	772
FS-33	36246	3252
FS-34	62921	5645

No. Free Span	Panjang Span [m]	Tegangan Internal (S_p) [MPa]	Tegangan Aksial (S_a) [MPa]	Tegangan Thermal (S_t) [MPa]	Tegangan Resultant Bending (S_b) (MPa)	Tegangan Longitudinal (S_L) [MPa]	Tegangan Ijin [MPa]	Kondisi
FS-1	22.15	19.52	24.94	26.16	20.95	91.57	360	AMAN
FS-2	11.06	19.52	24.94	26.16	5.27	75.88	360	AMAN
FS-3	24.39	19.52	24.94	26.16	25.44	96.06	360	AMAN
FS-4	25.17	19.52	24.94	26.16	27.26	97.87	360	AMAN

No. Free Span	Panjang Span [m]	Tegangan Internal (S_p) [MPa]	Tegangan Aksial (S_a) [MPa]	Tegangan Thermal (S_t) [MPa]	Tegangan Resultant Bending (S_b) (MPa)	Tegangan Longitudinal (S_L) [MPa]	Tegangan Ijin [MPa]	Kondisi
FS-5	19.78	19.52	24.94	26.16	16.85	87.47	360	AMAN
FS-6	20.81	19.52	24.94	26.16	18.59	89.21	360	AMAN
FS-7	49.90	19.52	24.94	26.16	103.80	174.41	360	AMAN
FS-8	42.90	19.52	24.94	26.16	78.59	149.21	360	AMAN
FS-9	33.94	19.52	24.94	26.16	49.32	119.94	360	AMAN
FS-10	25.84	19.52	24.94	26.16	28.46	99.07	360	AMAN
FS-11	34.78	19.52	24.94	26.16	51.87	122.49	360	AMAN
FS-12	31.76	19.52	24.94	26.16	43.34	113.96	360	AMAN
FS-13	14.73	19.52	24.94	26.16	9.29	79.91	360	AMAN
FS-14	18.51	19.52	24.94	26.16	14.69	85.31	360	AMAN
FS-15	28.04	19.52	24.94	26.16	33.59	104.21	360	AMAN
FS-16	14.93	19.52	24.94	26.16	9.51	80.13	360	AMAN
FS-17	6.58	19.52	24.94	26.16	1.87	72.49	360	AMAN
FS-18	15.08	19.52	24.94	26.16	9.74	80.35	360	AMAN
FS-19	19.73	19.52	24.94	26.16	16.63	87.25	360	AMAN
FS-20	15.16	19.52	24.94	26.16	9.87	80.49	360	AMAN
FS-22	13.30	19.52	24.94	26.16	7.57	78.19	360	AMAN
FS-23	14.60	19.52	24.94	26.16	9.11	79.73	360	AMAN
FS-24	9.04	19.52	24.94	26.16	3.46	74.08	360	AMAN
FS-26	10.84	19.52	24.94	26.16	5.08	75.70	360	AMAN
FS-27	9.90	19.52	24.94	26.16	4.20	74.82	360	AMAN
FS-28	13.64	19.52	24.94	26.16	7.90	78.52	360	AMAN
FS-30	27.37	19.52	24.94	26.16	32.12	102.73	360	AMAN
FS-31	9.87	19.52	24.94	26.16	4.33	74.95	360	AMAN

No. Free Span	Panjang Span [m]	Tegangan Internal (S_p) [MPa]	Tegangan Aksial (S_a) [MPa]	Tegangan Thermal (S_t) [MPa]	Tegangan Resultant Bending (S_b) (MPa)	Tegangan Longitudinal (S_L) [MPa]	Tegangan Ijin [MPa]	Kondisi
FS-32	7.00	19.52	24.94	26.16	2.10	72.72	360	AMAN
FS-33	14.78	19.52	24.94	26.16	9.38	80.00	360	AMAN
FS-34	19.52	19.52	24.94	26.16	16.28	86.90	360	AMAN

21. Perhitungan Tegangan Kombinasi

No. Free Span	Panjang Span [m]	Tegangan Kombinasi [MPa]	Tegangan Ijin [MPa]	Kondisi
FS-1	22.15	136.31	405	AMAN
FS-2	11.06	122.20	405	AMAN
FS-3	24.39	140.41	405	AMAN
FS-4	25.17	142.07	405	AMAN
FS-5	19.78	132.59	405	AMAN
FS-6	20.81	134.16	405	AMAN
FS-7	49.90	214.49	405	AMAN
FS-8	42.90	190.29	405	AMAN
FS-9	33.94	162.56	405	AMAN
FS-10	25.84	143.17	405	AMAN
FS-11	34.78	164.96	405	AMAN
FS-12	31.76	156.97	405	AMAN
FS-13	14.73	125.78	405	AMAN
FS-14	18.51	130.63	405	AMAN
FS-15	28.04	147.91	405	AMAN
FS-16	14.93	125.98	405	AMAN
FS-17	6.58	119.19	405	AMAN
FS-18	15.08	126.18	405	AMAN
FS-19	19.73	132.39	405	AMAN
FS-20	15.16	126.30	405	AMAN
FS-22	13.30	124.25	405	AMAN
FS-23	14.60	125.62	405	AMAN
FS-24	9.04	120.60	405	AMAN
FS-26	10.84	122.04	405	AMAN
FS-27	9.90	121.25	405	AMAN
FS-28	13.64	124.54	405	AMAN
FS-30	27.37	146.55	405	AMAN
FS-31	9.87	121.37	405	AMAN
FS-32	7.00	119.40	405	AMAN
FS-33	14.78	125.86	405	AMAN
FS-34	19.52	132.07	405	AMAN

LAMPIRAN V
Input dan Output Software Autopipe

1. Input software FS 1

```
2.  ------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
3.  FS 1 NON SUPPORT
4.  03/06/2019
    BENTLEY
5.  02:58 PM
    AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
6.  ------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
7.
8.                            D E S C R I P T I O N
9.                            ---------------------
10.
11.
12. ------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
13. FS 1 NON SUPPORT
14. 03/06/2019
    BENTLEY
15. 02:58 PM
    AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
16. ------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
17.
18.                          T A B L E  O F  C O N T E N T S
19.
20.      Coordinates...................................................................
    1
21.      Pipe Properties...............................................................
    2
22.      Material Properties...........................................................
    3
23.      Material Allowables...........................................................
    4
24.      Temperature and Pressure......................................................
    5
25.      Loads Summary.................................................................
    6
26.
27.
28. ------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
29. FS 1 NON SUPPORT
30. 03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
31. 02:58 PM                                                            AutoPIPE Advanced
    11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
32. ------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
33.
34.  C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G
35.
36.  POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
37.  NAME         X           Y           Z
38.  -----   ----------- ----------- -----------
39.  *** SEGMENT A
40.  A00           0.00  -106000.50       11.05
41.  A01           0.00  -106000.50    11061.05
42.  A02           0.00  -106000.50    22111.05
43.
44. ------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
45. FS 1 NON SUPPORT
46. 03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
47. 02:58 PM                                                            AutoPIPE Advanced
    11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
48. ------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
49.
50.                     P I P E   D A T A   L I S T I N G
51.
52.  Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )
    ZL/ Composition/
53.  Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total
    ZC
54.  CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
55.  ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
56.  ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- -----
    ---- -------------------
57.
58.  Tag No. : <None>
59.  599          500 508.00 15.90    0 1.89 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097
    1.00
60.  5LX-X65      NS                               Other    0.000      0   111
    1.00
```

```
 Other                   40                          3044.000        2097



-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 1 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
02:58 PM                                                            AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

               M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.
Composition
    Name     Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop     Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- -------------------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                     0.4003


-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 1 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
02:58 PM                                                            AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

         M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16


-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 1 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
02:58 PM                                                            AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

*** SEGMENT A
A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 1 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
02:58 PM                                                            AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
```

```
           Period :        8.05 sec
            Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   2.13
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------

  106500.00        745.00        0.00
```

2. Output software FS 1

```

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 1 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
03:01 PM AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                            T A B L E  O F  C O N T E N T S

     Displacement.................................................................1
     Forces & Moments.............................................................2
     Result Summary...............................................................3

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 1 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
03:01 PM                                                            AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   1
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                                      D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                      TRANSLATIONS (mm  )         ROTATIONS (deg  )
 name    combination                   X       Y       Z           X       Y       Z
 ------  ------------------------    ------  ------  ------     ------  ------  ------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                   0.00   -3.60    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                 0.00    0.00   -4.28       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                0.00    0.00   -0.63       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                    0.26    0.10    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                       0.00   -3.60   -4.28       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                     0.00   -3.60   -4.91       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                   0.26   -3.50   -4.91       0.00    0.00    0.00

 A01     Gravity{1}                   0.00  -20.68    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                 0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                    1.77    0.60    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                       0.00  -20.68    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                     0.00  -20.68    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                   1.77  -20.08    0.00       0.00    0.00    0.00
```

```

 A02     Gravity{1}                    0.00   -3.60    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                  0.00    0.00    4.28       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                 0.00    0.00    0.63       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                     0.26    0.10    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                        0.00   -3.60    4.28       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                      0.00   -3.60    4.91       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                    0.26   -3.50    4.91       0.00    0.00    0.00

 *** Segment A  end   ***

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 1 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                   BENTLEY
03:01 PM                                                                 AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   2
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                             G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

 Point     Load                          FORCES (N     )              MOMENTS (N.m    )
 name   combination                  X      Y      Z    Result    X       Y       Z    Result
 ------ ----------------------    ------ ------ ------ ------ ------- ------- ------- -------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                    0  45267      0  45267 -166730       0       0  166730
         Thermal 1{1}                  0      0  65530  65530       0       0       0  0
         Pressure 1{1}                 0      0   9670   9670       0       0       0  0
         User 1{1}                 -4007  -1317      0   4218    4850  -14759       0  15536
         GT1{1}                        0  45267  65530  79645 -166730       0       0  166730
         GT1P1{1}                      0  45267  75200  87773 -166730       0       0  166730
         GT1P1U1{1}                -4007  43950  75200  87193 -161879  -14759       0  162551

 A01  -  Gravity{1}                    0      0      0      0   83369       0       0  83369
         Thermal 1{1}                  0      0  65530  65530       0       0       0  0
         Pressure 1{1}                 0      0   9670   9670       0       0       0  0
         User 1{1}                     0      0      0      0   -2425    7380       0  7768
         GT1{1}                        0      0  65530  65530   83369       0       0  83369
         GT1P1{1}                      0      0  75200  75200   83369       0       0  83369
         GT1P1U1{1}                    0      0  75200  75200   80944    7380       0  81280

 A01  +  Gravity{1}                    0      0      0      0   83369       0       0  83369
         Thermal 1{1}                  0      0  65530  65530       0       0       0  0
         Pressure 1{1}                 0      0   9670   9670       0       0       0  0
         User 1{1}                     0      0      0      0   -2425    7380       0  7768
         GT1{1}                        0      0  65530  65530   83369       0       0  83369
         GT1P1{1}                      0      0  75200  75200   83369       0       0  83369
         GT1P1U1{1}                    0      0  75200  75200   80944    7380       0  81280

 A02     Gravity{1}                    0 -45267      0  45267 -166730       0       0  166730
         Thermal 1{1}                  0      0  65530  65530       0       0       0  0
```

```
          Pressure 1{1}                0      0   9670   9670       0       0       0       0
          User 1{1}                 4007   1317      0   4218    4850  -14759       0   15536
          GT1{1}                       0 -45267  65530  79645 -166730       0       0  166730
          GT1P1{1}                     0 -45267  75200  87773 -166730       0       0  166730
          GT1P1U1{1}                4007 -43950  75200  87193 -161879  -14759       0  162551

 *** Segment A  end   ***

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 1 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                 BENTLEY
03:01 PM                                                               AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   3
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------


                            R E S U L T    S U M M A R Y
                            ----------------------------



 Maximum displacements (mm)
 ---------------------------

          Maximum X :      1.77      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :    -20.68      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     -4.91      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:     20.68      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum rotations (deg)
 -----------------------

          Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum pipe forces (N )
 -------------------------

          Maximum X :     -4007      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :     45267      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     75200      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:     87773      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

          Maximum X :   -166730      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :    -14759      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:    166730      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

```

3. Input software FS 2

```
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 2 NON SUPPORT
03/06/2019
BENTLEY
02:46 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------









              *                             *******   **  *******   *******
             ***               **           **    **  **  **    **  **
            ** **            ******         **    **  **  **    **  **
           **   **    **   **  **   *****   *******   **  *******   *****
          *********   **   **  **  **   **  **        **  **        **
```

```
     **       **  **   **  **  **   **  **        **  **        **
    **         **  *****   **   *****   **        **  **        *******




                     Pipe Stress Analysis and Design Program

                              Version: 11.01.00.17

                              Edition: Advanced

                         Developed and Maintained by

                         BENTLEY SYSTEMS, INCORPORATED
                         1600 Riviera Ave., Suite 300
                            Walnut Creek, CA  94596

---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 2 NON SUPPORT
03/06/2019
BENTLEY
02:46 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------





          ************************************************************
          **                                                        **
          **              AUTOPIPE SYSTEM INFORMATION               **
          **                                                        **
          ************************************************************



          SYSTEM NAME : FS 2 NON SUPPORT


          PROJECT ID  :



          PREPARED BY  : ______________________________


          CHECKED BY   : ______________________________


          1ST APPROVER : ______________________________


          2ND APPROVER : ______________________________



          PIPING CODE           : DNV Offshore

          YEAR                  : 2012

          VERTICAL AXIS         : Y

          AMBIENT TEMPERATURE    :   25.0 deg C

          COMPONENT LIBRARY     : AUTOPIPE

          MATERIAL LIBRARY      : B318-12

          MODEL REVISION NUMBER  :    12

---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 2 NON SUPPORT
03/06/2019
BENTLEY
02:46 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------
```

```


-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 2 NON SUPPORT
03/06/2019                                                                     BENTLEY
02:46 PM                                                                       AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                             T A B L E   O F   C O N T E N T S

     Coordinates.............................................................. 1
     Pipe Properties.......................................................... 2
     Material Properties...................................................... 3
     Material Allowables...................................................... 4
     Temperature and Pressure................................................. 5
     Loads Summary............................................................ 6


-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 2 NON SUPPORT
03/06/2019                                                                     BENTLEY
02:46 PM                                                                       AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105300.50        0.00
 A01           0.00  -105300.50     5550.00
 A02           0.00  -105300.50    11100.00

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 2 NON SUPPORT
03/06/2019                                                                     BENTLEY
02:46 PM                                                                       AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                      P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )  ZL/ Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total  ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- --------------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097  1.00
 5LX-X65      NS                           Other    0.000      0   111        1.00
 Other                   40                              3044.000        2097



-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 2 NON SUPPORT
03/06/2019                                                                     BENTLEY
02:46 PM                                                                       AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

              M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G
```

```
 Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.  Composition
   Name     Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- -------- -------- -------- -------- -------- -------------------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                      0.4003


-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 2 NON SUPPORT
03/06/2019                                                            BENTLEY
02:46 PM                                                              AutoPIPE Advanced  11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

         M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

 Material            Temper. Yield
   Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16


-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 2 NON SUPPORT
03/06/2019                                                            BENTLEY
02:46 PM                                                              AutoPIPE Advanced  11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 2 NON SUPPORT
03/06/2019                                                            BENTLEY
02:46 PM                                                              AutoPIPE Advanced  11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.96
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------
  106500.00        795.00        0.00

```

Output software FS 2

```
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 2 NON SUPPORT
03/06/2019                                                                             BENTLEY
02:53 PM                                                                               AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                                   T A B L E  O F  C O N T E N T S

      Displacement.................................................................1
      Forces & Moments.............................................................2
      Result Summary...............................................................3

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 2 NON SUPPORT
03/06/2019                                                                    BENTLEY
02:53 PM                                                                      AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   1
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                                                 D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                           TRANSLATIONS (mm  )          ROTATIONS (deg  )
 name    combination                        X        Y        Z          X        Y        Z
 ------  ------------------------    ------  ------  ------     ------  ------  ------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                      0.00     0.00     0.00       0.00     0.00     0.00
         Thermal 1{1}                    0.00     0.00    -2.18       0.00     0.00     0.00
         Pressure 1{1}                   0.00     0.00    -0.32       0.00     0.00     0.00
         User 1{1}                       0.14     0.00     0.00       0.00     0.00     0.00
         GT1{1}                          0.00     0.00    -2.18       0.00     0.00     0.00
         GT1P1{1}                        0.00     0.00    -2.51       0.00     0.00     0.00
         GT1P1U1{1}                      0.14     0.00    -2.51       0.00     0.00     0.00

 A01     Gravity{1}                      0.00    -1.14     0.00       0.00     0.00     0.00
         Thermal 1{1}                    0.00     0.00     0.00       0.00     0.00     0.00
         Pressure 1{1}                   0.00     0.00     0.00       0.00     0.00     0.00
         User 1{1}                       0.24     0.04     0.00       0.00     0.00     0.00
         GT1{1}                          0.00    -1.14     0.00       0.00     0.00     0.00
         GT1P1{1}                        0.00    -1.14     0.00       0.00     0.00     0.00
         GT1P1U1{1}                      0.24    -1.10     0.00       0.00     0.00     0.00

 A02     Gravity{1}                      0.00     0.00     0.00       0.00     0.00     0.00
         Thermal 1{1}                    0.00     0.00     2.18       0.00     0.00     0.00
         Pressure 1{1}                   0.00     0.00     0.32       0.00     0.00     0.00
         User 1{1}                       0.14     0.00     0.00       0.00     0.00     0.00
         GT1{1}                          0.00     0.00     2.18       0.00     0.00     0.00
         GT1P1{1}                        0.00     0.00     2.51       0.00     0.00     0.00
```

```
         GT1P1U1{1}                   0.14    0.00    2.51       0.00    0.00    0.00

 *** Segment A  end   ***

---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 2 NON SUPPORT
03/06/2019                                                          BENTLEY
02:53 PM                                                            AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   2
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                             G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

 Point     Load                          FORCES (N     )            MOMENTS (N.m    )
 name   combination                 X      Y      Z    Result    X       Y       Z     Result
 ------ ---------------------    ------ ------ ------ ------ ------- ------- ------- -------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                   0  22736      0  22736  -42060       0       0   42060
         Thermal 1{1}                 0      0  33459  33459       0       0       0       0
         Pressure 1{1}                0      0   4937   4937       0       0       0       0
         User 1{1}                -2109   -753      0   2239    1393   -3901       0    4143
         GT1{1}                       0  22736  33459  40453  -42060       0       0   42060
         GT1P1{1}                     0  22736  38397  44623  -42060       0       0   42060
         GT1P1U1{1}               -2109  21983  38397  44294  -40666   -3901       0   40853

 A01  -  Gravity{1}                   0      0      0      0   21032       0       0   21032
         Thermal 1{1}                 0      0  33459  33459       0       0       0       0
         Pressure 1{1}                0      0   4937   4937       0       0       0       0
         User 1{1}                    0      0      0      0    -697    1951       0    2072
         GT1{1}                       0      0  33459  33459   21032       0       0   21032
         GT1P1{1}                     0      0  38397  38397   21032       0       0   21032
         GT1P1U1{1}                   0      0  38397  38397   20335    1951       0   20429

 A01  +  Gravity{1}                   0      0      0      0   21032       0       0   21032
         Thermal 1{1}                 0      0  33459  33459       0       0       0       0
         Pressure 1{1}                0      0   4937   4937       0       0       0       0
         User 1{1}                    0      0      0      0    -697    1951       0    2072
         GT1{1}                       0      0  33459  33459   21032       0       0   21032
         GT1P1{1}                     0      0  38397  38397   21032       0       0   21032
         GT1P1U1{1}                   0      0  38397  38397   20335    1951       0   20429

 A02     Gravity{1}                   0 -22736      0  22736  -42060       0       0   42060
         Thermal 1{1}                 0      0  33459  33459       0       0       0       0
         Pressure 1{1}                0      0   4937   4937       0       0       0       0
         User 1{1}                 2109    753      0   2239    1393   -3901       0    4143
         GT1{1}                       0 -22736  33459  40453  -42060       0       0   42060
         GT1P1{1}                     0 -22736  38397  44623  -42060       0       0   42060
         GT1P1U1{1}                2109 -21983  38397  44294  -40666   -3901       0   40853

 *** Segment A  end   ***
```

```
-------------------------------------------------------------------------------------
--------------------------
FS 2 NON SUPPORT
03/06/2019                                                                 BENTLEY
02:53 PM                                                                   AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   3
-------------------------------------------------------------------------------------
--------------------------


                            R E S U L T   S U M M A R Y
                            ----------------------------



 Maximum displacements (mm)
 ---------------------------

          Maximum X :      0.24      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :     -1.14      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     -2.51      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:      2.51      Point : A00        Load Comb.: GT1P1U1{1}

 Maximum rotations (deg)
 -----------------------

          Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum pipe forces (N )
 -------------------------

          Maximum X :     -2109      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :     22736      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     38397      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:     44623      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

          Maximum X :    -42060      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :     -3901      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:     42060      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

```

5. Input software FS 3

```
-------------------------------------------------------------------------------------
--------------------------
FS 3 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
03:07 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------
--------------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------


-------------------------------------------------------------------------------------
--------------------------
FS 3 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
03:07 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------
--------------------------

                            T A B L E   O F   C O N T E N T S

```

```
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 3 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
03:07 PM                                                            AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105300.50    12200.00
 A01           0.00  -105300.50    24400.00
 A02           0.00  -105300.50    36600.00

-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 3 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
03:07 PM                                                            AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                     P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )
ZL/ Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total
ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- -----
---- --------------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097
1.00
 5LX-X65      NS                               Other    0.000      0   111
1.00
 Other                   40                              3044.000         2097



-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 3 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
03:07 PM                                                            AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

              M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.
Composition
    Name      Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- ----
---------------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                     0.4003


-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 3 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
03:07 PM                                                            AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

        M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name      Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16
```

```
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 3 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                      BENTLEY
03:07 PM                                                                    AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.

```

6. Output software FS 3

```
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 3 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
03:11 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                              T A B L E  O F  C O N T E N T S

       Displacement...................................................................
1
       Forces & Moments...............................................................
2
       Result Summary.................................................................
3

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 3 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                      BENTLEY
03:11 PM                                                                    AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   1
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                                         D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                        TRANSLATIONS (mm  )         ROTATIONS (deg  )
 name    combination                     X       Y       Z          X       Y       Z
 ------  -----------------------    ------  ------  ------     ------  ------  -----
-

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                    0.00   -3.98    0.00       0.00    0.00
0.00
         Thermal 1{1}                  0.00    0.00   -4.71       0.00    0.00
0.00
         Pressure 1{1}                 0.00    0.00   -0.69       0.00    0.00
0.00
         User 1{1}                     0.30    0.13    0.00       0.00    0.00
0.00
         GT1{1}                        0.00   -3.98   -4.71       0.00    0.00
0.00
         GT1P1{1}                      0.00   -3.98   -5.40       0.00    0.00
0.00
         GT1P1U1{1}                    0.30   -3.85   -5.40       0.00    0.00
0.00

 A01     Gravity{1}                    0.00  -29.29    0.00       0.00    0.00
0.00
         Thermal 1{1}                  0.00    0.00    0.00       0.00    0.00
0.00
         Pressure 1{1}                 0.00    0.00    0.00       0.00    0.00
0.00
         User 1{1}                     2.65    0.97    0.00       0.00    0.00
0.00
```

```
          GT1{1}                        0.00  -29.29    0.00       0.00    0.00    0.00
          GT1P1{1}                      0.00  -29.29    0.00       0.00    0.00    0.00
          GT1P1U1{1}                    2.65  -28.32    0.00       0.00    0.00    0.00

 A02      Gravity{1}                    0.00   -3.98    0.00       0.00    0.00    0.00
          Thermal 1{1}                  0.00    0.00    4.71       0.00    0.00    0.00
          Pressure 1{1}                 0.00    0.00    0.69       0.00    0.00    0.00
          User 1{1}                     0.30    0.13    0.00       0.00    0.00    0.00
          GT1{1}                        0.00   -3.98    4.71       0.00    0.00    0.00
          GT1P1{1}                      0.00   -3.98    5.40       0.00    0.00    0.00
          GT1P1U1{1}                    0.30   -3.85    5.40       0.00    0.00    0.00

 *** Segment A  end   ***

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 3 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                            BENTLEY
03:11 PM                                                          AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   2
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                             G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

 Point     Load                          FORCES (N     )              MOMENTS (N.m    )
 name   combination               X      Y      Z    Result    X       Y       Z    Result
 ------ ---------------------    ------ ------ ------ ------ ------- ------- ------- -------

 *** Segment A  begin ***

 A00      Gravity{1}                  0  49978      0  49978 -203240       0       0  203240
          Thermal 1{1}                0      0  72104  72104       0       0       0  0
          Pressure 1{1}               0      0  10640  10640       0       0       0  0
          User 1{1}               -4636  -1656      0   4923    6733  -18852       0  20018
          GT1{1}                      0  49978  72104  87731 -203240       0       0  203240
          GT1P1{1}                    0  49978  82744  96666 -203240       0       0  203240
          GT1P1U1{1}              -4636  48322  82744  95933 -196507  -18852       0  197409

 A01  -   Gravity{1}                  0      0      0      0  101625       0       0  101625
          Thermal 1{1}                0      0  72104  72104       0       0       0  0
          Pressure 1{1}               0      0  10640  10640       0       0       0  0
          User 1{1}                   0      0      0      0   -3367    9426       0  10009
          GT1{1}                      0      0  72104  72104  101625       0       0  101625
          GT1P1{1}                    0      0  82744  82744  101625       0       0  101625
          GT1P1U1{1}                  0      0  82744  82744   98258    9426       0  98709

 A01  +   Gravity{1}                  0      0      0      0  101625       0       0  101625
          Thermal 1{1}                0      0  72104  72104       0       0       0  0
          Pressure 1{1}               0      0  10640  10640       0       0       0  0
          User 1{1}                   0      0      0      0   -3367    9426       0  10009
          GT1{1}                      0      0  72104  72104  101625       0       0  101625
          GT1P1{1}                    0      0  82744  82744  101625       0       0  101625
```

```
95.         GT1P1U1{1}                  0      0  82744  82744   98258    9426       0
    98709
96.
97.  A02     Gravity{1}                  0 -49978      0  49978 -203240       0       0
    203240
98.         Thermal 1{1}                0      0  72104  72104       0       0       0
    0
99.         Pressure 1{1}               0      0  10640  10640       0       0       0
    0
100.        User 1{1}                4636   1656      0   4923    6733  -18852       0
    20018
101.        GT1{1}                      0 -49978  72104  87731 -203240       0       0
    203240
102.        GT1P1{1}                    0 -49978  82744  96666 -203240       0       0
    203240
103.        GT1P1U1{1}               4636 -48322  82744  95933 -196507  -18852       0
    197409
104.
105.  *** Segment A  end   ***
106.
107.------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
108.FS 3 NON SUPPORT
109.03/06/2019 TUGAS AKHIR                                           BENTLEY
110.03:11 PM                                                         AutoPIPE Advanced
    11.01.00.17  RESULT PAGE   3
111.------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
112.
113.
114.                           R E S U L T    S U M M A R Y
115.                           ----------------------------
116.
117.
118.
119.  Maximum displacements (mm)
120.  ---------------------------
121.
122.          Maximum X :      2.65      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
123.          Maximum Y :    -29.29      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
124.          Maximum Z :     -5.40      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
125.          Max. total:     29.29      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
126.
127.  Maximum rotations (deg)
128.  -----------------------
129.
130.          Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
131.          Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
132.          Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
133.
134.  Maximum pipe forces (N )
135.  -------------------------
136.
137.          Maximum X :     -4636      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
138.          Maximum Y :     49978      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
139.          Maximum Z :     82744      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
140.          Max. total:     96666      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
141.
142.  Maximum pipe moments (N.m  )
143.  -----------------------------
144.
145.          Maximum X :   -203240      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
146.          Maximum Y :    -18852      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
147.          Max. total:    203240      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
148.
```

7. Input software FS 4

```
8.  ------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
9.  FS 4 NON SUPPORT
10. 03/06/2019 TUGAS AKHIR
    BENTLEY
11. 03:12 PM
    AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
12. ------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
13.
14.                            T A B L E  O F  C O N T E N T S
15.
16.      Coordinates.......................................................................
    1
17.      Pipe Properties...................................................................
    2
```

```
     Material Properties.......................................................... 3
     Material Allowables.......................................................... 4
     Temperature and Pressure..................................................... 5
     Loads Summary................................................................ 6


-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 4 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                          BENTLEY
03:12 PM   M FADHILAH                                           AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -104800.50    12600.00
 A01           0.00  -104800.50    25200.00
 A02           0.00  -104800.50    37800.00

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 4 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                          BENTLEY
03:12 PM   M FADHILAH                                           AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                     P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   ) ZL/ Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- --------- --------------------

 Tag No. : &lt;None&gt;
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097 1.00
 5LX-X65      NS                               Other    0.000      0   111      1.00
 Other                   40                             3044.000        2097



-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 4 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                          BENTLEY
03:12 PM   M FADHILAH                                           AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

              M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans. Composition
    Name     Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
 ------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- ------------------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                     0.4003


-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 4 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                          BENTLEY
03:12 PM   M FADHILAH                                           AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
```

```
        M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16


-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 4 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                      BENTLEY
03:12 PM   M FADHILAH                                                       AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus

-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 4 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                      BENTLEY
03:12 PM   M FADHILAH                                                       AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

            L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.96
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------
    1140.00          0.00        0.00
   30000.00          0.00        0.00
   60000.00          0.00        0.00
   90000.00        724.00        0.00
  106500.00        724.00        0.00
```

7. Output software FS 4

```
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 4 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                               BENTLEY
03:22 PM   M FADHILAH                                                                AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                            T A B L E  O F  C O N T E N T S

     Displacement................................................................ 1
     Forces & Moments............................................................ 2
     Result Summary.............................................................. 3

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 4 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                 BENTLEY
03:22 PM   M FADHILAH                                                  AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   1
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                                          D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                         TRANSLATIONS (mm  )          ROTATIONS (deg  )
 name    combination                     X        Y        Z           X        Y        Z
 ------  ------------------------     ------  ------  ------      ------  ------  ------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                   0.00   -4.11    0.00        0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                 0.00    0.00   -4.86        0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                0.00    0.00   -0.72        0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                    0.26    0.11    0.00        0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                       0.00   -4.11   -4.86        0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                     0.00   -4.11   -5.57        0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                   0.26   -3.99   -5.57        0.00    0.00    0.00

 A01     Gravity{1}                   0.00  -32.88    0.00        0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                 0.00    0.00    0.00        0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                0.00    0.00    0.00        0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                    2.47    0.90    0.00        0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                       0.00  -32.88    0.00        0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                     0.00  -32.88    0.00        0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                   2.47  -31.98    0.00        0.00    0.00    0.00

 A02     Gravity{1}                   0.00   -4.11    0.00        0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                 0.00    0.00    4.86        0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                0.00    0.00    0.72        0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                    0.26    0.11    0.00        0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                       0.00   -4.11    4.86        0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                     0.00   -4.11    5.57        0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                   0.26   -3.99    5.57        0.00    0.00    0.00

 *** Segment A  end   ***

```

```
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 4 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
03:22 PM   M FADHILAH                                               AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   2
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                             G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

 Point     Load                         FORCES (N     )              MOMENTS (N.m    )
 name   combination                 X      Y      Z    Result    X       Y       Z     Result
 ------ ---------------------    ------ ------ ------ ------ ------- ------- ------- -------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                  0  51616      0  51616 -216785       0       0  216785
         Thermal 1{1}                0      0  74380  74380       0       0       0  0
         Pressure 1{1}               0      0  10976  10976       0       0       0  0
         User 1{1}               -3971  -1418      0   4216    5956  -16677       0  17709
         GT1{1}                      0  51616  74380  90535 -216785       0       0  216785
         GT1P1{1}                    0  51616  85356  99749 -216785       0       0  216785
         GT1P1U1{1}              -3971  50198  85356  99102 -210829  -16677       0  211488

 A01  -  Gravity{1}                  0      0      0      0  108398       0       0  108398
         Thermal 1{1}                0      0  74380  74380       0       0       0  0
         Pressure 1{1}               0      0  10976  10976       0       0       0  0
         User 1{1}                   0      0      0      0   -2978    8339       0  8855
         GT1{1}                      0      0  74380  74380  108398       0       0  108398
         GT1P1{1}                    0      0  85356  85356  108398       0       0  108398
         GT1P1U1{1}                  0      0  85356  85356  105420    8339       0  105749

 A01  +  Gravity{1}                  0      0      0      0  108398       0       0  108398
         Thermal 1{1}                0      0  74380  74380       0       0       0  0
         Pressure 1{1}               0      0  10976  10976       0       0       0  0
         User 1{1}                   0      0      0      0   -2978    8339       0  8855
         GT1{1}                      0      0  74380  74380  108398       0       0  108398
         GT1P1{1}                    0      0  85356  85356  108398       0       0  108398
         GT1P1U1{1}                  0      0  85356  85356  105420    8339       0  105749

 A02     Gravity{1}                  0 -51616      0  51616 -216785       0       0  216785
         Thermal 1{1}                0      0  74380  74380       0       0       0  0
         Pressure 1{1}               0      0  10976  10976       0       0       0  0
         User 1{1}                3971   1418      0   4216    5956  -16677       0  17709
         GT1{1}                      0 -51616  74380  90535 -216785       0       0  216785
         GT1P1{1}                    0 -51616  85356  99749 -216785       0       0  216785
         GT1P1U1{1}               3971 -50198  85356  99102 -210829  -16677       0  211488

 *** Segment A  end   ***

--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 4 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
```

```
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------



                           R E S U L T    S U M M A R Y
                           ----------------------------



Maximum displacements (mm)
---------------------------

         Maximum X :      2.47      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
         Maximum Y :    -32.88      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Z :     -5.57      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
         Max. total:     32.88      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}

Maximum rotations (deg)
-----------------------

         Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

Maximum pipe forces (N )
-------------------------

         Maximum X :     -3971      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Maximum Y :     51616      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Z :     85356      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
         Max. total:     99749      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}

Maximum pipe moments (N.m  )
-----------------------------

         Maximum X :   -216785      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :    -16677      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:    216785      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
```

8. Input software FS 5

```
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 5 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
03:23 PM   M FADHILAH AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------


----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 5 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
03:23 PM   M FADHILAH AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                            T A B L E  O F  C O N T E N T S

     Coordinates.................................................................... 1
     Pipe Properties................................................................ 2
     Material Properties............................................................ 3
     Material Allowables............................................................ 4
     Temperature and Pressure....................................................... 5
     Loads Summary.................................................................. 6


----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 5 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                       BENTLEY
03:23 PM                                                                     AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105400.50     9900.00
 A01           0.00  -105400.50    19800.00
 A02           0.00  -105400.50    29700.00

----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 5 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                       BENTLEY
03:23 PM                                                                     AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                      P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   ) ZL/ Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- --------------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097 1.00
 5LX-X65      NS                                 Other    0.000      0   111 1.00
```

```
 Other                     40                            3044.000        2097



---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 5 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
03:23 PM                                                            AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

               M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

 Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.
Composition
   Name      Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop     Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- ----
---------------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                      0.4003


---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 5 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
03:23 PM                                                            AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

         M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

 Material            Temper. Yield
   Name      Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16


---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 5 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
03:23 PM                                                            AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus

---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 5 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
03:23 PM                                                            AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
```

```
           Period :        8.05 sec
            Phase :        0.00 deg

    Drag    coefficient :   1.96
    Inertia coefficient :   4.00

    Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

    Water       Current       Marine
    Depth       Velocity      Growth
    (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
    ------      ---------     ------
 106500.00        699.00        0.00


```

9. Output software FS 5

```
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 5 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
03:25 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                            T A B L E  O F  C O N T E N T S

     Displacement.................................................................
1
     Forces & Moments.............................................................
2
     Result Summary...............................................................
3

-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 5 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
03:25 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   1
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                                        D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                        TRANSLATIONS (mm  )          ROTATIONS (deg  )
 name    combination                     X       Y       Z           X       Y       Z
 ------  ------------------------    ------  ------  ------     ------  ------  -----
-

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                    0.00    0.00    0.00       0.00    0.00
0.00
         Thermal 1{1}                  0.00    0.00    0.00       0.00    0.00
0.00
         Pressure 1{1}                 0.00    0.00    0.00       0.00    0.00
0.00
         User 1{1}                     0.00    0.00    0.00       0.00    0.00
0.00
         GT1{1}                        0.00    0.00    0.00       0.00    0.00
0.00
         GT1P1{1}                      0.00    0.00    0.00       0.00    0.00
0.00
         GT1P1U1{1}                    0.00    0.00    0.00       0.00    0.00
0.00

 A01     Gravity{1}                    0.00  -12.63    0.00       0.01    0.00
0.00
         Thermal 1{1}                  0.00    0.00    3.74       0.00    0.00
0.00
         Pressure 1{1}                 0.00    0.00    0.55       0.00    0.00
0.00
         User 1{1}                     0.89    0.32    0.00       0.00    0.00
0.00
         GT1{1}                        0.00  -12.63    3.74       0.01    0.00
0.00
         GT1P1{1}                      0.00  -12.63    4.29       0.01    0.00
0.00
         GT1P1U1{1}                    0.89  -12.31    4.29       0.01    0.00
0.00
```

```
 A02     Gravity{1}                    0.00   -3.17    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                  0.00    0.00    7.47       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                 0.00    0.00    1.10       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                     0.19    0.08    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                        0.00   -3.17    7.47       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                      0.00   -3.17    8.57       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                    0.19   -3.09    8.57       0.00    0.00    0.00

 *** Segment A  end   ***

---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 5 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                     BENTLEY
03:25 PM                                                                   AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   2
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                             G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

 Point     Load                        FORCES (N     )              MOMENTS (N.m    )
 name   combination                X      Y      Z    Result    X       Y       Z     Result
 ------ ---------------------    ------ ------ ------ ------ ------- ------- ------- -------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                   0  41293      0  41293 -141133       0       0  141133
         Thermal 1{1}                 0      0 114448 114448       0       0       0       0
         Pressure 1{1}                0      0  16888  16888       0       0       0       0
         User 1{1}                -2952  -1058      0   3135    3614  -10028       0   10659
         GT1{1}                       0  41293 114448 121670 -141133       0       0  141133
         GT1P1{1}                     0  41293 131337 137675 -141133       0       0  141133
         GT1P1U1{1}               -2952  40236 131337 137393 -137519  -10028       0  137884

 A01  -  Gravity{1}                   0    738      0    738   66920       0       0   66920
         Thermal 1{1}                 0      0 114448 114448       0       0       0       0
         Pressure 1{1}                0      0  16888  16888       0       0       0       0
         User 1{1}                  -44    -19      0     47   -1714    4799       0    5095
         GT1{1}                       0    738 114448 114451   66920       0       0   66920
         GT1P1{1}                     0    738 131337 131339   66920       0       0   66920
         GT1P1U1{1}                 -44    719 131337 131339   65206    4799       0   65382

 A01  +  Gravity{1}                   0    738      0    738   66920       0       0   66920
         Thermal 1{1}                 0      0 114448 114448       0       0       0       0
         Pressure 1{1}                0      0  16888  16888       0       0       0       0
         User 1{1}                  -44    -19      0     47   -1714    4799       0    5095
         GT1{1}                       0    738 114448 114451   66920       0       0   66920
         GT1P1{1}                     0    738 131337 131339   66920       0       0   66920
         GT1P1U1{1}                 -44    719 131337 131339   65206    4799       0   65382

 A02     Gravity{1}                   0 -39818      0  39818 -126529       0       0  126529
         Thermal 1{1}                 0      0 114448 114448       0       0       0       0
```

```
         Pressure 1{1}                0      0  16888  16888       0       0       0
0
         User 1{1}                 2865   1020      0   3041    3240   -9166       0
9722
         GT1{1}                       0 -39818 114448 121177 -126529       0       0
126529
         GT1P1{1}                     0 -39818 131337 137240 -126529       0       0
126529
         GT1P1U1{1}                2865 -38798 131337 136977 -123289   -9166       0
123629

 *** Segment A  end   ***

-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 5 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                     BENTLEY
03:25 PM                                                                   AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   3
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------


                            R E S U L T    S U M M A R Y
                            ----------------------------



 Maximum displacements (mm)
 ---------------------------

          Maximum X :      0.89      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :    -12.63      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :      8.57      Point : A02        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:     13.34      Point : A01        Load Comb.: GT1P1{1}

 Maximum rotations (deg)
 -----------------------

          Maximum X :      0.01      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :      0.00      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:      0.01      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum pipe forces (N )
 -------------------------

          Maximum X :     -2952      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :     41293      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :    131337      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:    137675      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

          Maximum X :   -141133      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :    -10028      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:    141133      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}


```

10. Input software FS 6

```
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 6 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
03:27 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------


-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 6 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
03:27 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
```

```
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                            T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 6 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
03:27 PM                                                            AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -104200.50    10400.00
 A01           0.00  -104200.50    20800.00
 A02           0.00  -104200.50    31200.00

---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 6 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
03:27 PM                                                            AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                       P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )  ZL/ Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total  ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- --------------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097  1.00
 5LX-X65      NS                               Other    0.000      0   111        1.00
 Other                   40                              3044.000         2097



---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 6 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
03:27 PM                                                            AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

               M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.  Composition
    Name     Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- -------------------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                    0.4003

```

```
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 6 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                    BENTLEY
03:27 PM                                                                  AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

         M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16


--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 6 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                    BENTLEY
03:27 PM                                                                  AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus

--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 6 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                    BENTLEY
03:27 PM                                                                  AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.96
     Inertia coefficient :   2.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------
      106500.00        704.00        0.00


```

11. Output software FS 6

```
12. ---------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
13. FS 6 NON SUPPORT
14. 03/06/2019 TUGAS AKHIR
    BENTLEY
15. 03:31 PM
    AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
16. ---------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
17.
18.                            T A B L E  O F  C O N T E N T S
19.
20.      Displacement..............................................................
    1
21.      Forces & Moments..........................................................
    2
22.      Result Summary............................................................
    3
23.
24. ---------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
25. FS 6 NON SUPPORT
26. 03/06/2019 TUGAS AKHIR                                            BENTLEY
27. 03:31 PM                                                          AutoPIPE Advanced
    11.01.00.17  RESULT PAGE   1
28. ---------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
29.
30.                                      D I S P L A C E M E N T S
31.
32.  Point      Load                     TRANSLATIONS (mm  )        ROTATIONS (deg  )
33.  name    combination                  X       Y       Z          X       Y       Z
34.  ------  ------------------------    ------  ------  ------     ------  ------  -----
    -
35.
36.  *** Segment A  begin ***
37.
38.  A00     Gravity{1}                   0.00   -3.39    0.00       0.00    0.00
    0.00
39.          Thermal 1{1}                 0.00    0.00   -4.03       0.00    0.00
    0.00
40.          Pressure 1{1}                0.00    0.00   -0.60       0.00    0.00
    0.00
41.          User 1{1}                    0.20    0.09    0.00       0.00    0.00
    0.00
42.          GT1{1}                       0.00   -3.39   -4.03       0.00    0.00
    0.00
43.          GT1P1{1}                     0.00   -3.39   -4.63       0.00    0.00
    0.00
44.          GT1P1U1{1}                   0.20   -3.30   -4.63       0.00    0.00
    0.00
45.
46.  A01     Gravity{1}                   0.00  -16.82    0.00       0.00    0.00
    0.00
47.          Thermal 1{1}                 0.00    0.00    0.00       0.00    0.00
    0.00
48.          Pressure 1{1}                0.00    0.00    0.00       0.00    0.00
    0.00
49.          User 1{1}                    1.18    0.44    0.00       0.00    0.00
    0.00
50.          GT1{1}                       0.00  -16.82    0.00       0.00    0.00
    0.00
51.          GT1P1{1}                     0.00  -16.82    0.00       0.00    0.00
    0.00
52.          GT1P1U1{1}                   1.18  -16.38    0.00       0.00    0.00
    0.00
53.
54.  A02     Gravity{1}                   0.00   -3.39    0.00       0.00    0.00
    0.00
55.          Thermal 1{1}                 0.00    0.00    4.03       0.00    0.00
    0.00
56.          Pressure 1{1}                0.00    0.00    0.60       0.00    0.00
    0.00
57.          User 1{1}                    0.20    0.09    0.00       0.00    0.00
    0.00
58.          GT1{1}                       0.00   -3.39    4.03       0.00    0.00
    0.00
59.          GT1P1{1}                     0.00   -3.39    4.63       0.00    0.00
    0.00
60.          GT1P1U1{1}                   0.20   -3.30    4.63       0.00    0.00
    0.00
61.
62.  *** Segment A  end   ***
63.
```

FS 6 NON SUPPORT

03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY

03:31 PM AutoPIPE Advanced 11.01.00.17 RESULT PAGE 2

G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	FORCES (N) Y	FORCES (N) Z	FORCES (N) Result	MOMENTS (N.m) X	MOMENTS (N.m) Y	MOMENTS (N.m) Z	MOMENTS (N.m) Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	0	42604	0	42604	-147691	0	0	147691
	Thermal 1{1}	0	0	61795	61795	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	9119	9119	0	0	0	0
	User 1{1}	-3099	-1107	0	3291	3837	-10743	0	11407
	GT1{1}	0	42604	61795	75058	-147691	0	0	147691
	GT1P1{1}	0	42604	70913	82727	-147691	0	0	147691
	GT1P1U1{1}	-3099	41497	70913	82221	-143854	-10743	0	144255
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	73850	0	0	73850
	Thermal 1{1}	0	0	61795	61795	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	9119	9119	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1918	5372	0	5704
	GT1{1}	0	0	61795	61795	73850	0	0	73850
	GT1P1{1}	0	0	70913	70913	73850	0	0	73850
	GT1P1U1{1}	0	0	70913	70913	71931	5372	0	72132
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	73850	0	0	73850
	Thermal 1{1}	0	0	61795	61795	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	9119	9119	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1918	5372	0	5704
	GT1{1}	0	0	61795	61795	73850	0	0	73850
	GT1P1{1}	0	0	70913	70913	73850	0	0	73850
	GT1P1U1{1}	0	0	70913	70913	71931	5372	0	72132
A02	Gravity{1}	0	-42604	0	42604	-147691	0	0	147691
	Thermal 1{1}	0	0	61795	61795	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	9119	9119	0	0	0	0
	User 1{1}	3099	1107	0	3291	3837	-10743	0	11407
	GT1{1}	0	-42604	61795	75058	-147691	0	0	147691
	GT1P1{1}	0	-42604	70913	82727	-147691	0	0	147691
	GT1P1U1{1}	3099	-41497	70913	82221	-143854	-10743	0	144255
*** Segment A end ***									

FS 6 NON SUPPORT

03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY

```
115. 03:31 PM                                                        AutoPIPE Advanced
     11.01.00.17  RESULT PAGE   3
116. -------------------------------------------------------------------------------------
     ---------------------------
117.
118.
119.                          R E S U L T    S U M M A R Y
120.                          ----------------------------
121.
122.
123.
124.  Maximum displacements (mm)
125.  ---------------------------
126.
127.          Maximum X :      1.18      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
128.          Maximum Y :    -16.82      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
129.          Maximum Z :     -4.63      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
130.          Max. total:     16.82      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
131.
132.  Maximum rotations (deg)
133.  -----------------------
134.
135.          Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
136.          Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
137.          Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
138.
139.  Maximum pipe forces (N )
140.  -------------------------
141.
142.          Maximum X :     -3099      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
143.          Maximum Y :     42604      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
144.          Maximum Z :     70913      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
145.          Max. total:     82727      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
146.
147.  Maximum pipe moments (N.m  )
148.  -----------------------------
149.
150.          Maximum X :   -147691      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
151.          Maximum Y :    -10743      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
152.          Max. total:    147691      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
153.
```

12. Input software FS 7

```
13. -------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
14. FS 7 NON SUPPORT
15. 03/04/2019 TUGAS AKHIR
    BENTLEY
16. 04:56 PM
    AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
17. -------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.             *                             *******   **  *******   *******
28.            ***              **            **    **  **  **    **  **
29.           ** **           ******          **    **  **  **    **  **
30.          **   **    **   **  **   *****   *******   **  *******   *****
31.         *********   **   **  **  **   **  **        **  **        **
32.        **       **  **   **  **  **   **  **        **  **        **
33.       **         **  *****   **   *****   **        **  **        *******
34.
35.
36.
37.
38.                     Pipe Stress Analysis and Design Program
39.
40.                                Version: 11.01.00.17
41.
42.                                Edition: Advanced
43.
44.                           Developed and Maintained by
45.
46.                           BENTLEY SYSTEMS, INCORPORATED
47.                           1600 Riviera Ave., Suite 300
48.                              Walnut Creek, CA  94596
```

FS 7 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:56 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17

```
*************************************************************
**                                                         **
**              AUTOPIPE SYSTEM INFORMATION                **
**                                                         **
*************************************************************
```

SYSTEM NAME : FS 7 NON SUPPORT

PROJECT ID : TUGAS AKHIR

PREPARED BY : ______________________________

CHECKED BY : ______________________________

1ST APPROVER : ______________________________

2ND APPROVER : ______________________________

PIPING CODE	:	DNV Offshore
YEAR	:	2012
VERTICAL AXIS	:	Y
AMBIENT TEMPERATURE	:	28.3 deg C
COMPONENT LIBRARY	:	AUTOPIPE
MATERIAL LIBRARY	:	B318-12
MODEL REVISION NUMBER	:	31

FS 7 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:56 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17

D E S C R I P T I O N

FS 7 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:56 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17

T A B L E   O F   C O N T E N T S

```
    Pipe Properties............................................................. 2
    Material Properties......................................................... 3
    Material Allowables......................................................... 4
    Temperature and Pressure.................................................... 5
    Loads Summary............................................................... 6
    Load Case Description....................................................... 7

------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 7 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR                                                   BENTLEY
04:56 PM                                                                 AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                  C O M P O N E N T   D A T A   L I S T I N G

 -------------------------------------------------------------------------------
 *** SEGMENT A

 -------------------------------------------------------------------------------
 From A00 to A01, DZ= 24950.00 mm                                          Run

 PIPE DATA:
   Pipe Id= 508, Material= 5LX-X65, Poisson= 0.300, Nom Size= 500 mm, OD= 508.00 mm, Sch= 40,
   Wall Thk= 15.088 mm, Mill= 1.886 mm, Cor= 0 mm, Pipe Density= 7833.03 kg/m3, Pipe Unit Wgt= 1794.69 N/m,
   Insul Thk= 5.500 mm, Insul Material= OTHER, Insul Density= 1280.00 kg/m3, Insul Unit Wgt= 111.37 N/m,
   Cladding Material = OTHER, Cladding Thickness = 40.000 mm, Cladding Density = 3044.00 kg/m3,
   Cladding Unit Wgt = 2096.94 N/m, Lining Thk= 0 mm, Long Weld factor= 1.00, Circ Weld factor= 1.00,
   Long Modulus= 0.20292 E6 N/mm2, Hoop Modulus= 0.20292 E6 N/mm2, Shear Modulus= 0.07805 E6 N/mm2,
   Syc= 448.2 N/mm2, Suc= 530.9 N/mm2

 OPERATING DATA:
   P1= 4.1400 N/mm2, T1= 60.00 deg C, Exp1= 0.36233 mm/m, E1= 0.20079 E6 N/mm2, Sy1= 448.16 N/mm2

 POINT DATA:
   A00, Coordinates, X= 0.00 mm, Y= -103300.50 mm, Z= 55000.00 mm, Piping Restraint = Restrained
   A00, Hydrodynamic, Cm= 2.000, Cd= 1.960, Cl= 0.700

 SUPPORT DATA:
   A00, Anchor, KTX= 15315 N/mm, KTY= 12564 N/mm, KTZ= 15315 N/mm, KRX= Rigid, KRY= Rigid, KRZ= Rigid

 -------------------------------------------------------------------------------
 From A01 to A02, DZ= 24950.01 mm                                          Run

 POINT DATA:
   A01, Coordinates, X= 0.00 mm, Y= -103300.50 mm, Z= 79950.00 mm, Piping Restraint = Restrained
   A01, Hydrodynamic, Cm= 2.000, Cd= 1.960, Cl= 0.700
   A02, Coordinates, X= 0.00 mm, Y= -103300.50 mm, Z= 104900.00 mm, Piping Restraint = Restrained
   A02, Hydrodynamic, Cm= 2.000, Cd= 1.960, Cl= 0.700

 SUPPORT DATA:
   A02, Anchor, KTX= 15315 N/mm, KTY= 12564 N/mm, KTZ= 15315 N/mm, KRX= Rigid, KRY= Rigid, KRZ= Rigid

 -------------------------------------------------------------------------------


 Number of points in the system (Pipe + Frame + Soil): 3 + 0 + 0 = 3


 Weight of Empty Pipes + Weight of Contents = Total Weight of System
        20369.2 kg     +         0.0 kg     =      20369.2 kg

------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 7 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR                                                   BENTLEY
```

```
04:56 PM                                                      AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
-----------------------------------------------------------------------------------
--------------------------

                     P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )
ZL/ Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total
ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- -----
---- --------------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097
1.00
 5LX-X65      NS                               Other    0.000      0   111
1.00
 Other                     40                           3044.000         2097



 Tag No. : <None>
 508          500 508.00 15.09    0 1.89 5.50    0     0 1280.000   1795     0  4003
1.00
 5LX-X65      40                               Other    0.000      0   111
1.00
 Other                     40                           3044.000         2097



-----------------------------------------------------------------------------------
--------------------------
FS 7 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR                                        BENTLEY
04:56 PM                                                      AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
-----------------------------------------------------------------------------------
--------------------------

              M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.      Modulus E6 N/mm2     Expans.
Composition
    Name     Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- ----
---------------
 5LX-X65     508        7833.0  0.30    28.3  0.20292  0.20292  0.07805
                                        60.0  0.20079                     0.3623


-----------------------------------------------------------------------------------
--------------------------
FS 7 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR                                        BENTLEY
04:56 PM                                                      AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
-----------------------------------------------------------------------------------
--------------------------

        M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     508         28.3   448.16


-----------------------------------------------------------------------------------
--------------------------
FS 7 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR                                        BENTLEY
04:56 PM                                                      AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
-----------------------------------------------------------------------------------
--------------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT        PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE   N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----   ------ ------  --------    -------    ------
```

```

*** SEGMENT A
A00   T1    4.1400  60.00     0.362    0.20079    448.16
A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus

--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 7 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR                                                 BENTLEY
04:56 PM                                                               AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

           L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.96
     Inertia coefficient :   2.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------

  106500.00        813.00        0.00


```

13. Output software FS 7

```
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 7 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:34 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                         T A B L E  O F  C O N T E N T S

     Displacement.............................................................. 1
     Forces & Moments.......................................................... 2
     Result Summary............................................................ 3

--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 7 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                 BENTLEY
04:34 PM                                                               AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   1
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                                    D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                      TRANSLATIONS (mm  )         ROTATIONS (deg  )
 name    combination                   X       Y       Z          X       Y       Z
 ------  -----------------------    ------  ------  ------     ------  ------  ------

```

```
 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                    0.00   -7.95    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                  0.00    0.00   -8.37       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                 0.00    0.00   -1.45       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                     0.65    0.28    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                        0.00   -7.95   -8.37       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                      0.00   -7.95   -9.81       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                    0.65   -7.67   -9.81       0.00    0.00    0.00

 A01     Gravity{1}                    0.00 -457.80    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                  0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                 0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                    45.30   16.23    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                        0.00 -457.80    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                      0.00 -457.80    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                   45.30 -441.57    0.00       0.00    0.00    0.00

 A02     Gravity{1}                    0.00   -7.95    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                  0.00    0.00    8.37       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                 0.00    0.00    1.45       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                     0.65    0.28    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                        0.00   -7.95    8.37       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                      0.00   -7.95    9.81       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                    0.65   -7.67    9.81       0.00    0.00    0.00

 *** Segment A  end   ***

--------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 7 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                 BENTLEY
04:34 PM                                                               AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   2
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                             G L O B A L   F O R C E S  &  M O M E N T S

 Point     Load                          FORCES (N     )              MONTENTS (N.m    )
 name   combination                   X      Y      Z    Result    X       Y       Z    Result
 ------ ----------------------    ------ ------ ------ ------ ------- ------- ------- -------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                    0  99875      0  99875 -830623       0       0 830623
         Thermal 1{1}                  0      0 128144 128144       0       0       0 0
         Pressure 1{1}                 0      0  22152  22152       0       0       0 0
         User 1{1}                 -9915  -3541      0  10528   29449  -82457       0 87557
         GT1{1}                        0  99875 128144 162468 -830623       0       0 830623
         GT1P1{1}                      0  99875 150296 180455 -830623       0       0 830623
         GT1P1U1{1}                -9915  96334 150296 178794 -801175  -82457       0 805407

 A01  -  Gravity{1}                    0      0      0      0  415321       0       0 415321
```

```
          Thermal 1{1}                  0      0 128144 128144       0       0       0       0
          Pressure 1{1}                 0      0  22152  22152       0       0       0       0
          User 1{1}                     0      0      0      0  -14725   41229       0   43780
          GT1{1}                        0      0 128144 128144  415321       0       0  415321
          GT1P1{1}                      0      0 150296 150296  415321       0       0  415321
          GT1P1U1{1}                    0      0 150296 150296  400596   41229       0  402712

 A01  +  Gravity{1}                     0      0      0      0  415321       0       0  415321
          Thermal 1{1}                  0      0 128144 128144       0       0       0       0
          Pressure 1{1}                 0      0  22152  22152       0       0       0       0
          User 1{1}                     0      0      0      0  -14725   41229       0   43780
          GT1{1}                        0      0 128144 128144  415321       0       0  415321
          GT1P1{1}                      0      0 150296 150296  415321       0       0  415321
          GT1P1U1{1}                    0      0 150296 150296  400596   41229       0  402712

 A02     Gravity{1}                     0 -99875      0  99875 -830623       0       0  830623
          Thermal 1{1}                  0      0 128144 128144       0       0       0       0
          Pressure 1{1}                 0      0  22152  22152       0       0       0       0
          User 1{1}                  9915   3541      0  10528   29449  -82457       0   87557
          GT1{1}                        0 -99875 128144 162468 -830623       0       0  830623
          GT1P1{1}                      0 -99875 150296 180455 -830623       0       0  830623
          GT1P1U1{1}                 9915 -96334 150296 178794 -801175  -82457       0  805407

 *** Segment A  end   ***

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 7 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                BENTLEY
04:34 PM                                                              AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   3
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------


                            R E S U L T    S U M M A R Y
                            ---------------------------



 Maximum displacements (mm)
 ---------------------------

          Maximum X :     45.30      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :   -457.80      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     -9.81      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:    457.80      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum rotations (deg)
 -----------------------

          Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum pipe forces (N )
 ------------------------

          Maximum X :     -9915      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :    110875      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :   -486908      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:   -389110      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 ----------------------------

```

```
          Maximum X :  -1020280      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :    -82457      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:   1082340      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}


```

14. Input software FS 8

```
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 8 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
05:11 PM AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                             D E S C R I P T I O N
                             ---------------------


-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 8 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
05:11 PM AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                           T A B L E   O F   C O N T E N T S

     Pipe Properties.................................................................. 1
     Material Properties.............................................................. 2
     Material Allowables.............................................................. 3
     Temperature and Pressure......................................................... 4
     Loads Summary.................................................................... 5

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 8 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR                                            BENTLEY
05:11 PM                                                          AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                     P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )   ZL/ Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total   ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- --------------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097   1.00
 5LX-X65      NS                               Other    0.000      0   111          1.00
 Other                      40                          3044.000        2097



-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 8 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR                                            BENTLEY
05:11 PM                                                          AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

               M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G
```

```
  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.
Composition
    Name     Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- ----
---------------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                     0.4003


-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 8 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
05:11 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

         M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16


-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 8 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
05:11 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus

-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 8 NON SUPPORT
03/04/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
05:11 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.96
     Inertia coefficient :   2.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------

  106500.00        806.00        0.00
```

15. Output software FS 8

```
16. -----------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
17. FS 8 NON SUPPORT
18. 03/06/2019 TUGAS AKHIR
    BENTLEY
19. 03:37 PM
    AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
20. -----------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
21.
22.                             T A B L E   O F   C O N T E N T S
23.
24.      Displacement.....................................................................
    1
25.      Forces & Moments.................................................................
    2
26.      Result Summary...................................................................
    3
27.
28. -----------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
29. FS 8 NON SUPPORT
30. 03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
31. 03:37 PM                                                            AutoPIPE Advanced
    11.01.00.17  RESULT PAGE   1
32. -----------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
33.
34.                                        D I S P L A C E M E N T S
35.
36.  Point      Load                      TRANSLATIONS (mm  )         ROTATIONS (deg  )
37.  name    combination                   X       Y       Z          X       Y       Z
38.  ------  ------------------------    ------  ------  ------     ------  ------  -----
    -
39.
40.  *** Segment A  begin ***
41.
42.  A00     Gravity{1}                     0.00   -6.99    0.00       0.00    0.00
    0.00
43.          Thermal 1{1}                   0.00    0.00   -8.06       0.00    0.00
    0.00
44.          Pressure 1{1}                  0.00    0.00   -1.19       0.00    0.00
    0.00
45.          User 1{1}                      0.55    0.24    0.00       0.00    0.00
    0.00
46.          GT1{1}                         0.00   -6.99   -8.06       0.00    0.00
    0.00
47.          GT1P1{1}                       0.00   -6.99   -9.24       0.00    0.00
    0.00
48.          GT1P1U1{1}                     0.55   -6.75   -9.24       0.00    0.00
    0.00
49.
50.  A01     Gravity{1}                     0.00 -246.79    0.00       0.00    0.00
    0.00
51.          Thermal 1{1}                   0.00    0.00    0.00       0.00    0.00
    0.00
52.          Pressure 1{1}                  0.00    0.00    0.00       0.00    0.00
    0.00
53.          User 1{1}                     23.41    8.40    0.00       0.00    0.00
    0.00
54.          GT1{1}                         0.00 -246.79    0.00       0.00    0.00
    0.00
55.          GT1P1{1}                       0.00 -246.79    0.00       0.00    0.00
    0.00
56.          GT1P1U1{1}                    23.41 -238.39    0.00       0.00    0.00
    0.00
57.
58.  A02     Gravity{1}                     0.00   -6.99    0.00       0.00    0.00
    0.00
59.          Thermal 1{1}                   0.00    0.00    8.06       0.00    0.00
    0.00
60.          Pressure 1{1}                  0.00    0.00    1.19       0.00    0.00
    0.00
61.          User 1{1}                      0.55    0.24    0.00       0.00    0.00
    0.00
62.          GT1{1}                         0.00   -6.99    8.06       0.00    0.00
    0.00
63.          GT1P1{1}                       0.00   -6.99    9.24       0.00    0.00
    0.00
64.          GT1P1U1{1}                     0.55   -6.75    9.24       0.00    0.00
    0.00
```

```
 *** Segment A  end   ***

-----------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 8 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                   BENTLEY
03:37 PM                                                                 AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   2
-----------------------------------------------------------------------------------------
--------------------------

                             G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

 Point     Load                             FORCES (N     )             MOMENTS (N.m    )
 name   combination                 X      Y      Z    Result    X       Y       Z
Result
 ------ ----------------------    ------ ------ ------ ------ ------- ------- -------
-------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                   0  87871      0  87871 -628270       0       0
628270
         Thermal 1{1}                 0      0 123398 123398       0       0       0
0
         Pressure 1{1}                0      0  18209  18209       0       0       0
0
         User 1{1}                -8378  -2992      0   8896   21393  -59900       0
63606
         GT1{1}                       0  87871 123398 151487 -628270       0       0
628270
         GT1P1{1}                     0  87871 141607 166654 -628270       0       0
628270
         GT1P1U1{1}               -8378  84879 141607 165309 -606877  -59900       0
609826

 A01  -  Gravity{1}                   0      0      0      0  314144       0       0
314144
         Thermal 1{1}                 0      0 123398 123398       0       0       0
0
         Pressure 1{1}                0      0  18209  18209       0       0       0
0
         User 1{1}                    0      0      0      0  -10697   29951       0
31804
         GT1{1}                       0      0 123398 123398  314144       0       0
314144
         GT1P1{1}                     0      0 141607 141607  314144       0       0
314144
         GT1P1U1{1}                   0      0 141607 141607  303447   29951       0
304921

 A01  +  Gravity{1}                   0      0      0      0  314144       0       0
314144
         Thermal 1{1}                 0      0 123398 123398       0       0       0
0
         Pressure 1{1}                0      0  18209  18209       0       0       0
0
         User 1{1}                    0      0      0      0  -10697   29951       0
31804
         GT1{1}                       0      0 123398 123398  314144       0       0
314144
         GT1P1{1}                     0      0 141607 141607  314144       0       0
314144
         GT1P1U1{1}                   0      0 141607 141607  303447   29951       0
304921

 A02     Gravity{1}                   0 -87871      0  87871 -628270       0       0
628270
         Thermal 1{1}                 0      0 123398 123398       0       0       0
0
         Pressure 1{1}                0      0  18209  18209       0       0       0
0
         User 1{1}                 8378   2992      0   8896   21393  -59900       0
63606
         GT1{1}                       0 -87871 123398 151487 -628270       0       0
628270
         GT1P1{1}                     0 -87871 141607 166654 -628270       0       0
628270
         GT1P1U1{1}                8378 -84879 141607 165309 -606877  -59900       0
609826

 *** Segment A  end   ***

-----------------------------------------------------------------------------------------
--------------------------
```

```
FS 8 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
03:37 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   3
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------



                            R E S U L T    S U M M A R Y
                            ----------------------------



 Maximum displacements (mm)
 ---------------------------

          Maximum X :     23.41      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :   -246.79      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     -9.24      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:    246.79      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum rotations (deg)
 -----------------------

          Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum pipe forces (N )
 -------------------------

          Maximum X :     -8378      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :     87871      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :    141607      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:    166654      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

          Maximum X :   -628270      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :    -59900      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:    628270      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
```

16. Input software FS 9

```
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 9 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
03:41 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------


-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 9 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
03:41 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                            T A B L E   O F   C O N T E N T S

```

```
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 9 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
03:41 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105800.50    16950.00
 A01           0.00  -105800.50    33900.00
 A02           0.00  -105800.50    50850.00

---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 9 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
03:41 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                     P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )
ZL/ Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total
ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- -----
---- --------------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.89 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097
1.00
 5LX-X65      NS                               Other    0.000      0   111
1.00
 Other                      40                          3044.000        2097



---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 9 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
03:41 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

              M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.      Modulus E6 N/mm2     Expans.
Composition
    Name     Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- ----
---------------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                      0.4003


---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 9 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
03:41 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

        M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16


```

```
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 9 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                      BENTLEY
03:41 PM                                                                    AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus

-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 9 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                      BENTLEY
03:41 PM                                                                    AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

            L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.99
     Inertia coefficient :   2.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------
 106500.00        727.00        0.00

```

17. Output software FS 9

```
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 9 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:10 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                              T A B L E  O F  C O N T E N T S

     Displacement.....................................................................
1
     Forces & Moments.................................................................
2
     Result Summary...................................................................
3

-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 9 NON SUPPORT
```

```
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                BENTLEY
04:10 PM                                                              AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   1
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                                          D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                         TRANSLATIONS (mm  )         ROTATIONS (deg  )
 name    combination                       X       Y       Z          X       Y       Z
 ------  ------------------------       ------  ------  ------     ------  ------  ------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                        0.00   -5.53    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                      0.00    0.00   -6.45       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                     0.00    0.00   -0.95       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                         0.36    0.15    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                            0.00   -5.53   -6.45       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                          0.00   -5.53   -7.40       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                        0.36   -5.37   -7.40       0.00    0.00    0.00

 A01     Gravity{1}                        0.00  -99.26    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                      0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                     0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                         7.74    2.75    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                            0.00  -99.26    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                          0.00  -99.26    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                        7.74  -96.51    0.00       0.00    0.00    0.00

 A02     Gravity{1}                        0.00   -5.53    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                      0.00    0.00    6.45       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                     0.00    0.00    0.95       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                         0.36    0.15    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                            0.00   -5.53    6.45       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                          0.00   -5.53    7.40       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                        0.36   -5.37    7.40       0.00    0.00    0.00

 *** Segment A  end   ***

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 9 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                BENTLEY
04:10 PM                                                              AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   2
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                              G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

 Point     Load                          FORCES (N     )              MOMENTS (N.m    )
 name   combination                  X      Y      Z    Result    X       Y       Z    Result
 ------ ---------------------    ------ ------ ------ ------ ------- ------- ------- -------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                  0  69436      0  69436 -392311       0       0  392311
         Thermal 1{1}                0      0  98788  98788       0       0       0       0
```

```
         Pressure 1{1}             0      0  14577  14577       0       0       0       0
         User 1{1}             -5468  -1924      0   5797   10868  -30896       0   32752
         GT1{1}                    0  69436  98788 120750 -392311       0       0  392311
         GT1P1{1}                  0  69436 113366 132941 -392311       0       0  392311
         GT1P1U1{1}            -5468  67513 113366 132059 -381443  -30896       0  382692

 A01  -  Gravity{1}                0      0      0      0  196162       0       0  196162
         Thermal 1{1}              0      0  98788  98788       0       0       0       0
         Pressure 1{1}             0      0  14577  14577       0       0       0       0
         User 1{1}                 0      0      0      0   -5434   15449       0   16377
         GT1{1}                    0      0  98788  98788  196162       0       0  196162
         GT1P1{1}                  0      0 113366 113366  196162       0       0  196162
         GT1P1U1{1}                0      0 113366 113366  190728   15449       0  191353

 A01  +  Gravity{1}                0      0      0      0  196162       0       0  196162
         Thermal 1{1}              0      0  98788  98788       0       0       0       0
         Pressure 1{1}             0      0  14577  14577       0       0       0       0
         User 1{1}                 0      0      0      0   -5434   15449       0   16377
         GT1{1}                    0      0  98788  98788  196162       0       0  196162
         GT1P1{1}                  0      0 113366 113366  196162       0       0  196162
         GT1P1U1{1}                0      0 113366 113366  190728   15449       0  191353

 A02     Gravity{1}                0 -69436      0  69436 -392311       0       0  392311
         Thermal 1{1}              0      0  98788  98788       0       0       0       0
         Pressure 1{1}             0      0  14577  14577       0       0       0       0
         User 1{1}              5468   1924      0   5797   10868  -30896       0   32752
         GT1{1}                    0 -69436  98788 120750 -392311       0       0  392311
         GT1P1{1}                  0 -69436 113366 132941 -392311       0       0  392311
         GT1P1U1{1}             5468 -67513 113366 132059 -381443  -30896       0  382692

 *** Segment A  end   ***

---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 9 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                     BENTLEY
04:10 PM                                                                   AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   3
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------



                            R E S U L T    S U M M A R Y
                            ----------------------------



 Maximum displacements (mm)
 --------------------------

          Maximum X :      7.74      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :    -99.26      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     -7.40      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:     99.26      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum rotations (deg)
 -----------------------

          Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
```

```
          Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

Maximum pipe forces (N )
-------------------------

          Maximum X :     -5468      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :     69436      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :    113366      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:    132941      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}

Maximum pipe moments (N.m  )
-----------------------------

          Maximum X :   -392311      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :    -30896      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:    392311      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

```

18. Input software FS 10

```
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 10 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:14 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------


-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 10 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:14 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                            T A B L E   O F   C O N T E N T S

     Coordinates.....................................................................
1
     Pipe Properties.................................................................
2
     Material Properties.............................................................
3
     Material Allowables.............................................................
4
     Temperature and Pressure........................................................
5
     Loads Summary...................................................................
6


-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 10 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
04:14 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -104400.50    12900.00
 A01           0.00  -104400.50    25800.00
 A02           0.00  -104400.50    38700.00

-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 10 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
```

```
04:14 PM                                                    AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                    P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )
ZL/ Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total
ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- -----
---- --------------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097
1.00
 5LX-X65      NS                                Other    0.000      0   111
1.00
 Other                      40                         3044.000         2097



-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 10 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                      BENTLEY
04:14 PM                                                    AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

              M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.
Composition
    Name     Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- ----
---------------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                     0.4003


-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 10 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                      BENTLEY
04:14 PM                                                    AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------


        M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

 Material            Temper. Yield
    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16


-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 10 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                      BENTLEY
04:14 PM                                                    AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------


        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus
```

```

---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 10 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                    BENTLEY
04:14 PM                                                                  AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.96
     Inertia coefficient :   2.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------

  106500.00        789.00        0.00
```

19. Output software FS 10

```
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 10 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:19 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                            T A B L E   O F   C O N T E N T S

     Displacement.................................................................
1
     Forces & Moments.............................................................
2
     Result Summary...............................................................
3

---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 10 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                    BENTLEY
04:19 PM                                                                  AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   1
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                                      D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                     TRANSLATIONS (mm  )         ROTATIONS (deg  )
 name    combination                   X       Y       Z           X       Y       Z
 ------  -----------------------    ------  ------  ------     ------  ------  -----
-

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                  0.00   -4.21    0.00       0.00    0.00
0.00
         Thermal 1{1}                0.00    0.00   -4.97       0.00    0.00
0.00
         Pressure 1{1}               0.00    0.00   -0.73       0.00    0.00
0.00
         User 1{1}                   0.32    0.14    0.00       0.00    0.00
0.00
```

```
            GT1{1}                           0.00   -4.21   -4.97       0.00    0.00    0.00
            GT1P1{1}                         0.00   -4.21   -5.70       0.00    0.00    0.00
            GT1P1U1{1}                       0.32   -4.07   -5.70       0.00    0.00    0.00

 A01        Gravity{1}                       0.00  -35.80    0.00       0.00    0.00    0.00
            Thermal 1{1}                     0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
            Pressure 1{1}                    0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
            User 1{1}                        3.20    1.17    0.00       0.00    0.00    0.00
            GT1{1}                           0.00  -35.80    0.00       0.00    0.00    0.00
            GT1P1{1}                         0.00  -35.80    0.00       0.00    0.00    0.00
            GT1P1U1{1}                       3.20  -34.63    0.00       0.00    0.00    0.00

 A02        Gravity{1}                       0.00   -4.21    0.00       0.00    0.00    0.00
            Thermal 1{1}                     0.00    0.00    4.97       0.00    0.00    0.00
            Pressure 1{1}                    0.00    0.00    0.73       0.00    0.00    0.00
            User 1{1}                        0.32    0.14    0.00       0.00    0.00    0.00
            GT1{1}                           0.00   -4.21    4.97       0.00    0.00    0.00
            GT1P1{1}                         0.00   -4.21    5.70       0.00    0.00    0.00
            GT1P1U1{1}                       0.32   -4.07    5.70       0.00    0.00    0.00

 *** Segment A  end   ***

------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 10 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                           BENTLEY
04:19 PM                                                         AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   2
------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                            G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

 Point     Load                          FORCES (N     )              MOMENTS (N.m    )
 name   combination                  X      Y      Z    Result    X       Y       Z    Result
 ------ ----------------------    ------ ------ ------ ------ ------- ------- ------- -------

 *** Segment A  begin ***

 A00        Gravity{1}                   0  52845      0  52845 -227232       0       0 227232
            Thermal 1{1}                 0      0  76084  76084       0       0       0 0
            Pressure 1{1}                0      0  11227  11227       0       0       0 0
            User 1{1}                -4828  -1724      0   5127    7414  -20760       0 22045
            GT1{1}                       0  52845  76084  92636 -227232       0       0 227232
            GT1P1{1}                     0  52845  87311 102058 -227232       0       0 227232
            GT1P1U1{1}               -4828  51121  87311 101291 -219817  -20760       0 220795

 A01  -     Gravity{1}                   0      0      0      0  113621       0       0 113621
            Thermal 1{1}                 0      0  76084  76084       0       0       0 0
            Pressure 1{1}                0      0  11227  11227       0       0       0 0
            User 1{1}                    0      0      0      0   -3707   10381       0 11023
            GT1{1}                       0      0  76084  76084  113621       0       0 113621
            GT1P1{1}                     0      0  87311  87311  113621       0       0 113621
```

```
           GT1P1U1{1}                  0      0  87311  87311  109914   10381       0
    110403

 A01  +  Gravity{1}                  0      0      0      0  113621       0       0
    113621
         Thermal 1{1}                0      0  76084  76084       0       0       0
    0
         Pressure 1{1}               0      0  11227  11227       0       0       0
    0
         User 1{1}                   0      0      0      0   -3707   10381       0
    11023
         GT1{1}                      0      0  76084  76084  113621       0       0
    113621
         GT1P1{1}                    0      0  87311  87311  113621       0       0
    113621
         GT1P1U1{1}                  0      0  87311  87311  109914   10381       0
    110403

 A02     Gravity{1}                  0 -52845      0  52845 -227232       0       0
    227232
         Thermal 1{1}                0      0  76084  76084       0       0       0
    0
         Pressure 1{1}               0      0  11227  11227       0       0       0
    0
         User 1{1}                4828   1724      0   5127    7414  -20760       0
    22045
         GT1{1}                      0 -52845  76084  92636 -227232       0       0
    227232
         GT1P1{1}                    0 -52845  87311 102058 -227232       0       0
    227232
         GT1P1U1{1}               4828 -51121  87311 101291 -219817  -20760       0
    220795

 *** Segment A  end   ***

------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 10 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                 BENTLEY
04:19 PM                                                               AutoPIPE Advanced
    11.01.00.17  RESULT PAGE   3
------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------


                            R E S U L T    S U M M A R Y
                            ----------------------------



 Maximum displacements (mm)
 ---------------------------

          Maximum X :      3.20      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :    -35.80      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     -5.70      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:     35.80      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum rotations (deg)
 -----------------------

          Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum pipe forces (N )
 -------------------------

          Maximum X :     -4828      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :     52845      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     87311      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:    102058      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

          Maximum X :   -227232      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :    -20760      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:    227232      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}


```

20. Input software FS 11

```
------------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 11 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:21 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
------------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------


------------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 11 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:21 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
------------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                            T A B L E  O F  C O N T E N T S

     Coordinates..............................................................
1
     Pipe Properties..........................................................
2
     Material Properties......................................................
3
     Material Allowables......................................................
4
     Temperature and Pressure.................................................
5
     Loads Summary............................................................
6


------------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 11 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                            BENTLEY
04:21 PM                                                          AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
------------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105300.50    17400.00
 A01           0.00  -105300.50    34800.00
 A02           0.00  -105300.50    52200.00

------------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 11 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                            BENTLEY
04:21 PM                                                          AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
------------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                     P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )
ZL/ Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total
ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- -----
---- --------------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097
1.00
 5LX-X65      NS                               Other    0.000      0   111
1.00
 Other                    40                            3044.000         2097

```

```
--------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 11 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
04:21 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
--------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

               M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.      Modulus E6 N/mm2     Expans.
Composition
    Name     Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- ----
---------------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                      0.4003


--------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 11 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
04:21 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
--------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

         M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16


--------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 11 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
04:21 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
--------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus

--------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 11 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
04:21 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
--------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg
```

```

     Drag    coefficient :   1.96
     Inertia coefficient :   2.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------

  106500.00        757.00        0.00


```

21. Output software FS 11

```
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 11 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:22 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                            T A B L E  O F  C O N T E N T S

     Displacement.............................................................. 1
     Forces & Moments.......................................................... 2
     Result Summary............................................................ 3

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 11 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                     BENTLEY
04:22 PM                                                                   AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   1
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                                      D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                      TRANSLATIONS (mm  )         ROTATIONS (deg  )
 name    combination                   X       Y       Z           X       Y       Z
 ------  ------------------------    ------  ------  ------     ------  ------  ------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                    0.00   -5.67    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                  0.00    0.00   -6.61       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                 0.00    0.00   -0.98       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                     0.39    0.17    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                        0.00   -5.67   -6.61       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                      0.00   -5.67   -7.59       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                    0.39   -5.50   -7.59       0.00    0.00    0.00

 A01     Gravity{1}                    0.00 -109.73    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                  0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                 0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                     9.14    3.30    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                        0.00 -109.73    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                      0.00 -109.73    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                    9.14 -106.43    0.00       0.00    0.00    0.00

```

```
 A02     Gravity{1}                 0.00   -5.67    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}               0.00    0.00    6.61       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}              0.00    0.00    0.98       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                  0.39    0.17    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                     0.00   -5.67    6.61       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                   0.00   -5.67    7.59       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                 0.39   -5.50    7.59       0.00    0.00    0.00

 *** Segment A  end   ***

---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 11 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                      BENTLEY
04:22 PM                                                                    AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   2
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                             G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

 Point     Load                            FORCES (N     )              MOMENTS (N.m    )
 name   combination                   X      Y      Z    Result    X       Y       Z    Result
 ------ ----------------------    ------ ------ ------ ------ ------- ------- ------- -------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                   0  71280      0  71280 -413418       0       0  413418
         Thermal 1{1}                 0      0 101280 101280       0       0       0  0
         Pressure 1{1}                0      0  14945  14945       0       0       0  0
         User 1{1}                -5995  -2141      0   6366   12417  -34769       0  36920
         GT1{1}                       0  71280 101280 123848 -413418       0       0  413418
         GT1P1{1}                     0  71280 116225 136341 -413418       0       0  413418
         GT1P1U1{1}               -5995  69139 116225 135367 -401001  -34769       0  402505

 A01  -  Gravity{1}                   0      0      0      0  206716       0       0  206716
         Thermal 1{1}                 0      0 101280 101280       0       0       0  0
         Pressure 1{1}                0      0  14945  14945       0       0       0  0
         User 1{1}                    0      0      0      0   -6209   17385       0  18461
         GT1{1}                       0      0 101280 101280  206716       0       0  206716
         GT1P1{1}                     0      0 116225 116225  206716       0       0  206716
         GT1P1U1{1}                   0      0 116225 116225  200507   17385       0  201259

 A01  +  Gravity{1}                   0      0      0      0  206716       0       0  206716
         Thermal 1{1}                 0      0 101280 101280       0       0       0  0
         Pressure 1{1}                0      0  14945  14945       0       0       0  0
         User 1{1}                    0      0      0      0   -6209   17385       0  18461
         GT1{1}                       0      0 101280 101280  206716       0       0  206716
         GT1P1{1}                     0      0 116225 116225  206716       0       0  206716
         GT1P1U1{1}                   0      0 116225 116225  200507   17385       0  201259

 A02     Gravity{1}                   0 -71280      0  71280 -413418       0       0  413418
         Thermal 1{1}                 0      0 101280 101280       0       0       0  0
```

```
         Pressure 1{1}                0      0  14945  14945       0       0       0
0
         User 1{1}                 5995   2141      0   6366   12417  -34769       0
36920
         GT1{1}                       0 -71280 101280 123848 -413418       0       0
413418
         GT1P1{1}                     0 -71280 116225 136341 -413418       0       0
413418
         GT1P1U1{1}                5995 -69139 116225 135367 -401001  -34769       0
402505

 *** Segment A  end   ***

-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 11 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
04:22 PM                                                            AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   3
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------


                            R E S U L T    S U M M A R Y
                            ----------------------------



 Maximum displacements (mm)
 ---------------------------

          Maximum X :      9.14      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :   -109.73      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     -7.59      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:    109.73      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum rotations (deg)
 -----------------------

          Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum pipe forces (N )
 -------------------------

          Maximum X :     -5995      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :     71280      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :    116225      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:    136341      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

          Maximum X :   -413418      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :    -34769      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:    413418      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

```

23. Input software FS 12

```
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 12 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:25 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------


-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 12 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:25 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
```

T A B L E O F C O N T E N T S


```
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 12 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                BENTLEY
04:25 PM                                                              AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105500.50    15900.00
 A01           0.00  -105500.50    31800.00
 A02           0.00  -105500.50    47700.00

---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 12 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                BENTLEY
04:25 PM                                                              AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                      P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   ) ZL/ Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- --------------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097 1.00
 5LX-X65      NS                                Other    0.000      0   111 1.00
 Other                     40                          3044.000         2097



---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 12 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                BENTLEY
04:25 PM                                                              AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

               M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans. Composition
    Name     Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- -------------------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                     0.4003

```

```
102.--------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
103.FS 12 NON SUPPORT
104.03/06/2019 TUGAS AKHIR                                           BENTLEY
105.04:25 PM                                                         AutoPIPE Advanced
    11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
106.--------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
107.
108.        M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G
109.
110.  Material            Temper. Yield
111.    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
112.------------ -------- ------- --------
113. 5LX-X65     599         25.0   448.16
114.
115.
116.--------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
117.FS 12 NON SUPPORT
118.03/06/2019 TUGAS AKHIR                                           BENTLEY
119.04:25 PM                                                         AutoPIPE Advanced
    11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
120.--------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
121.
122.        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
123.                    STRESSES IN N/mm2
124.
125. POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
126. NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
127. ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------
128.
129. *** SEGMENT A
130. A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
131. A02    Same as previous point.
132.
133.
134.u  User-defined value
135.*  Non-code material for allowable stress;
136.   Non-standard material for expansion and modulus
137.
138.--------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
139.FS 12 NON SUPPORT
140.03/06/2019 TUGAS AKHIR                                           BENTLEY
141.04:25 PM                                                         AutoPIPE Advanced
    11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
142.--------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
143.
144.            L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G
145.
146.     WAVE LOAD : CUR 100Y
147.
148.     Wave Type : Current      Load case : User 1
149.
150.     Water - Elevation :        0.00 mm
151.                 Depth :   106500.00 mm
152.               Density :     1025.00 kg/m3
153.
154.     Wave - Height :     3900.00 mm
155.            Period :        8.05 sec
156.             Phase :        0.00 deg
157.
158.     Drag    coefficient :   1.96
159.     Inertia coefficient :   2.00
160.
161.     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000
162.
163.     Water       Current       Marine
164.     Depth       Velocity      Growth
165.     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
166.     ------      ---------     ------
167.
168.  106500.00        747.00        0.00
169.
```

24. Output software FS 12

```
25. -------------------------------------------------------------------------------------
    ---------------------------
26. FS 12 NON SUPPORT
```

T A B L E   O F   C O N T E N T S

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm) X	Y	Z	ROTATIONS (deg) X	Y	Z
*** Segment A begin ***							
A00	Gravity{1}	0.00	-5.18	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	-6.07	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	-0.90	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.35	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-5.18	-6.07	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-5.18	-6.96	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.35	-5.03	-6.96	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-77.83	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	6.30	2.28	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-77.83	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-77.83	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	6.30	-75.55	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	-5.18	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	6.07	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.35	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-5.18	6.07	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-5.18	6.96	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.35	-5.03	6.96	0.00	0.00	0.00
*** Segment A end ***							

```
04:27 PM                                                   AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   2
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

                             G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

 Point     Load                         FORCES (N     )             MOMENTS (N.m    )
 name   combination                 X      Y      Z    Result    X       Y       Z    Result
 ------ ----------------------    ------ ------ ------ ------ ------- ------- -------  -------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                    0  65135      0  65135 -345211       0       0  345211
         Thermal 1{1}                  0      0  92955  92955       0       0       0  0
         Pressure 1{1}                 0      0  13717  13717       0       0       0  0
         User 1{1}                 -5334  -1905      0   5664   10097  -28271       0  30020
         GT1{1}                        0  65135  92955 113504 -345211       0       0  345211
         GT1P1{1}                      0  65135 106671 124985 -345211       0       0  345211
         GT1P1U1{1}                -5334  63230 106671 124118 -335114  -28271       0  336305

 A01  -  Gravity{1}                    0      0      0      0  172612       0       0  172612
         Thermal 1{1}                  0      0  92955  92955       0       0       0  0
         Pressure 1{1}                 0      0  13717  13717       0       0       0  0
         User 1{1}                     0      0      0      0   -5049   14136       0  15010
         GT1{1}                        0      0  92955  92955  172612       0       0  172612
         GT1P1{1}                      0      0 106671 106671  172612       0       0  172612
         GT1P1U1{1}                    0      0 106671 106671  167563   14136       0  168159

 A01  +  Gravity{1}                    0      0      0      0  172612       0       0  172612
         Thermal 1{1}                  0      0  92955  92955       0       0       0  0
         Pressure 1{1}                 0      0  13717  13717       0       0       0  0
         User 1{1}                     0      0      0      0   -5049   14136       0  15010
         GT1{1}                        0      0  92955  92955  172612       0       0  172612
         GT1P1{1}                      0      0 106671 106671  172612       0       0  172612
         GT1P1U1{1}                    0      0 106671 106671  167563   14136       0  168159

 A02     Gravity{1}                    0 -65135      0  65135 -345211       0       0  345211
         Thermal 1{1}                  0      0  92955  92955       0       0       0  0
         Pressure 1{1}                 0      0  13717  13717       0       0       0  0
         User 1{1}                  5334   1905      0   5664   10097  -28271       0  30020
         GT1{1}                        0 -65135  92955 113504 -345211       0       0  345211
         GT1P1{1}                      0 -65135 106671 124985 -345211       0       0  345211
         GT1P1U1{1}                 5334 -63230 106671 124118 -335114  -28271       0  336305

 *** Segment A  end   ***

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 12 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                    BENTLEY
04:27 PM                                                   AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   3
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

```

```
                         R E S U L T   S U M M A R Y
                         ---------------------------



Maximum displacements (mm)
--------------------------

        Maximum X :      6.30      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
        Maximum Y :    -77.83      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Z :     -6.96      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
        Max. total:     77.83      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}

Maximum rotations (deg)
----------------------

        Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
        Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

Maximum pipe forces (N )
------------------------

        Maximum X :     -5334      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
        Maximum Y :     65135      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Z :    106671      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
        Max. total:    124985      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}

Maximum pipe moments (N.m  )
----------------------------

        Maximum X :   -345211      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Y :    -28271      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
        Max. total:    345211      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

```

25. Input software FS 13

```
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 13 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:36 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------


-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 13 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:36 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                            T A B L E   O F   C O N T E N T S

     Coordinates.........................................................
1
     Segment Data........................................................
2
     Pipe Properties.....................................................
3
     Material Properties.................................................
4
     Material Allowables.................................................
5
     Temperature and Pressure............................................
6
     Loads Summary.......................................................
7


-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 13 NON SUPPORT
```

```
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                   BENTLEY
04:36 PM                                                                 AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -106000.50    73500.00
 A01           0.00  -106000.50    80850.00
 A02           0.00  -106000.50    88200.01

-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 13 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                   BENTLEY
04:36 PM                                                                 AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                  S E G M E N T   D A T A   L I S T I N G

 Segment First  Last   Line Number                   Apply Apply  Apply
 Name    Node   Node                                 Wind  Bowing Buoyancy
 ------- ------ ------ ----------------------------- ----- ------ --------
 A       A00    A02                                  No    No     No


-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 13 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                   BENTLEY
04:36 PM                                                                 AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                    P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   ) ZL/ Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- --------------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097 1.00
 5LX-X65      NS                                 Other    0.000      0   111 1.00
 Other                     40                           3044.000         2097



-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 13 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                   BENTLEY
04:36 PM                                                                 AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

               M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans. Composition
    Name      Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- ------------------

 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                    0.4003


-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 13 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                   BENTLEY
```

```
122. 04:36 PM                                                       AutoPIPE Advanced
     11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
123. ------------------------------------------------------------------------------------
     --------------------------
124.
125.         M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G
126.
127.  Material            Temper. Yield
128.    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
129. ------------ -------- ------- --------
130.  5LX-X65     599         25.0   448.16
131.
132.
133. ------------------------------------------------------------------------------------
     --------------------------
134. FS 13 NON SUPPORT
135. 03/06/2019 TUGAS AKHIR                                             BENTLEY
136. 04:36 PM                                                           AutoPIPE Advanced
     11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
137. ------------------------------------------------------------------------------------
     --------------------------
138.
139.        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
140.                    STRESSES IN N/mm2
141.
142.  POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
143.  NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
144.  ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------
145.
146.  *** SEGMENT A
147.  A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
148.  A02    Same as previous point.
149.
150.
151. u  User-defined value
152. *  Non-code material for allowable stress;
153.    Non-standard material for expansion and modulus
154.
155. ------------------------------------------------------------------------------------
     --------------------------
156. FS 13 NON SUPPORT
157. 03/06/2019 TUGAS AKHIR                                             BENTLEY
158. 04:36 PM                                                           AutoPIPE Advanced
     11.01.00.17  MODEL  PAGE   7
159. ------------------------------------------------------------------------------------
     --------------------------
160.
161.            L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G
162.
163.     WAVE LOAD : CUR 100Y
164.
165.     Wave Type : Current      Load case : User 1
166.
167.     Water - Elevation :        0.00 mm
168.                 Depth :   106500.00 mm
169.               Density :     1025.00 kg/m3
170.
171.     Wave - Height :     3900.00 mm
172.            Period :        8.05 sec
173.             Phase :        0.00 deg
174.
175.     Drag    coefficient :   2.13
176.     Inertia coefficient :   4.00
177.
178.     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000
179.
180.     Water       Current       Marine
181.     Depth       Velocity      Growth
182.     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
183.     ------      ---------     ------
184.
185.  106500.00       707.00        0.00
186.
187.
```

26. Output software FS 13

```
27. ------------------------------------------------------------------------------------
    --------------------------
28. FS 13 NON SUPPORT
29. 03/06/2019 TUGAS AKHIR
    BENTLEY
30. 04:49 PM
    AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
```

T A B L E   O F   C O N T E N T S

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm) X	Y	Z	ROTATIONS (deg) X	Y	Z
*** Segment A begin ***							
A00	Gravity{1}	0.00	-2.40	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	-2.88	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	-0.42	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.16	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-2.40	-3.30	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.16	-2.33	-3.30	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-5.80	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.43	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-5.80	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.43	-5.65	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	-2.40	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	2.88	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.16	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-2.40	3.30	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.16	-2.33	3.30	0.00	0.00	0.00
*** Segment A end ***							

G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result

```
 ------ ----------------------    ------ ------ ------ ------ ------- ------- ------- -------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                    0  30109      0  30109  -73766       0       0   73766
         Thermal 1{1}                  0      0  44072  44072       0       0       0   0
         Pressure 1{1}                 0      0   6503   6503       0       0       0   0
         User 1{1}                 -2400   -789      0   2527    1933   -5881       0   6190
         GRTP1{1}                      0  30109  50575  58859  -73766       0       0   73766
         GRTP1+U1{1}               -2400  29321  50575  58509  -71834   -5881       0   72074

 A01  -  Gravity{1}                    0      0      0      0   36886       0       0   36886
         Thermal 1{1}                  0      0  44072  44072       0       0       0   0
         Pressure 1{1}                 0      0   6503   6503       0       0       0   0
         User 1{1}                     0      0      0      0    -966    2941       0   3095
         GRTP1{1}                      0      0  50575  50575   36886       0       0   36886
         GRTP1+U1{1}                   0      0  50575  50575   35920    2941       0   36040

 A01  +  Gravity{1}                    0      0      0      0   36886       0       0   36886
         Thermal 1{1}                  0      0  44072  44072       0       0       0   0
         Pressure 1{1}                 0      0   6503   6503       0       0       0   0
         User 1{1}                     0      0      0      0    -966    2941       0   3095
         GRTP1{1}                      0      0  50575  50575   36886       0       0   36886
         GRTP1+U1{1}                   0      0  50575  50575   35920    2941       0   36040

 A02     Gravity{1}                    0 -30109      0  30109  -73766       0       0   73766
         Thermal 1{1}                  0      0  44072  44072       0       0       0   0
         Pressure 1{1}                 0      0   6503   6503       0       0       0   0
         User 1{1}                  2400    789      0   2527    1933   -5881       0   6190
         GRTP1{1}                      0 -30109  50575  58859  -73766       0       0   73766
         GRTP1+U1{1}                2400 -29321  50575  58509  -71834   -5881       0   72074

 *** Segment A  end   ***

------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 13 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                   BENTLEY
04:49 PM                                                                 AutoPIPE Advanced 11.01.00.17  RESULT PAGE   3
------------------------------------------------------------------------------------------------------------



                             R E S U L T    S U M M A R Y
                             ----------------------------



 Maximum displacements (mm)
 ---------------------------

          Maximum X :      0.43      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :     -5.80      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     -3.30      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}
          Max. total:      5.80      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum rotations (deg)
 -----------------------

          Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
```

```
          Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum pipe forces (N )
 -------------------------

          Maximum X :     -2400      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :     30109      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     50575      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}
          Max. total:     58859      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

          Maximum X :    -73766      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :     -5881      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:     73766      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
```

27. Input software FS 14

```
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 14 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:52 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------


---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 14 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR
BENTLEY
04:52 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                            T A B L E  O F  C O N T E N T S

     Coordinates..................................................................
1
     Segment Data.................................................................
2
     Pipe Properties..............................................................
3
     Material Properties..........................................................
4
     Material Allowables..........................................................
5
     Temperature and Pressure.....................................................
6
     Loads Summary................................................................
7


---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 14 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                 BENTLEY
04:52 PM                                                               AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105800.50     9250.00
 A01           0.00  -105800.50    18500.00
 A02           0.00  -105800.50    27750.00

---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
```

```
FS 14 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                    BENTLEY
04:52 PM                                                                  AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                    S E G M E N T   D A T A   L I S T I N G

 Segment First  Last   Line Number                    Apply Apply  Apply
 Name    Node   Node                                  Wind  Bowing Buoyancy
 ------- ------ ------ ------------------------------ ----- ------ --------
 A       A00    A02                                   No    No     No


-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 14 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                    BENTLEY
04:52 PM                                                                  AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

                      P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )
ZL/ Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total
ZC
 CladMaterial            Clad                     InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                       kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- -----
---- --------------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097
1.00
 5LX-X65      NS                                Other    0.000      0   111
1.00
 Other                      40                          3044.000         2097



-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 14 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                    BENTLEY
04:52 PM                                                                  AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

               M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.
Composition
    Name     Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- ----
---------------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                     0.4003


-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 14 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                    BENTLEY
04:52 PM                                                                  AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

         M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16


-------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 14 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                    BENTLEY
```

```
04:52 PM                                                        AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
-----------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus

-----------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 14 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                          BENTLEY
04:52 PM                                                        AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   7
-----------------------------------------------------------------------------------
---------------------------

            L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.99
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------

 106500.00        727.00        0.00

```

28. Output software FS 14

```
------------------------------------------------------------------------------------------
----------------------
FS 14 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                            BENTLEY
04:54 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
------------------------------------------------------------------------------------------
----------------------

                         T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
------------------------------------------------------------------------------------------
----------------------
FS 14 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                            BENTLEY
04:54 PM                                                          AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   1
------------------------------------------------------------------------------------------
----------------------

                                  D I S P L A C E M E N T S
```

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm) X	Y	Z	ROTATIONS (deg) X	Y	Z
*** Segment A begin ***							
A00	Gravity{1}	0.00	-3.02	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	-3.60	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	-0.53	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.19	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-3.02	-4.13	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.19	-2.93	-4.13	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-11.46	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.86	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-11.46	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.86	-11.14	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	-3.02	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	3.60	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.19	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-3.02	4.13	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.19	-2.93	4.13	0.00	0.00	0.00
*** Segment A end ***							

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	0	37893	0	37893	-116834	0	0	116834
	Thermal 1{1}	0	0	55150	55150	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	8138	8138	0	0	0	0
	User 1{1}	-2984	-1050	0	3163	3237	-9201	0	9754
	GRTP1{1}	0	37893	63288	73765	-116834	0	0	116834
	GRTP1+U1{1}	-2984	36843	63288	73292	-113598	-9201	0	113970
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	58421	0	0	58421
	Thermal 1{1}	0	0	55150	55150	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	8138	8138	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1618	4601	0	4877
	GRTP1{1}	0	0	63288	63288	58421	0	0	58421
	GRTP1+U1{1}	0	0	63288	63288	56802	4601	0	56988
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	58421	0	0	58421
	Thermal 1{1}	0	0	55150	55150	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	8138	8138	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1618	4601	0	4877
	GRTP1{1}	0	0	63288	63288	58421	0	0	58421

```
        GRTP1+U1{1}                  0      0  63288  63288   56802    4601       0
56988

 A02    Gravity{1}                   0 -37893      0  37893 -116834       0       0
116834
        Thermal 1{1}                 0      0  55150  55150       0       0       0
0
        Pressure 1{1}                0      0   8138   8138       0       0       0
0
        User 1{1}                 2984   1050      0   3163    3237   -9201       0
9754
        GRTP1{1}                     0 -37893  63288  73765 -116834       0       0
116834
        GRTP1+U1{1}               2984 -36843  63288  73292 -113598   -9201       0
113970

 *** Segment A  end   ***
```

```
------------------------------------------------------------------------------------------
----------------------
FS 14 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                             BENTLEY
04:54 PM                                                           AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   3
------------------------------------------------------------------------------------------
----------------------


                            R E S U L T   S U M M A R Y
                            ---------------------------



 Maximum displacements (mm)
 ---------------------------

         Maximum X :      0.86      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
         Maximum Y :    -11.46      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Z :     -4.13      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}
         Max. total:     11.46      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum rotations (deg)
 -----------------------

         Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum pipe forces (N )
 -------------------------

         Maximum X :     -2984      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Maximum Y :     37893      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Z :     63288      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}
         Max. total:     73765      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

         Maximum X :   -116834      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :     -9201      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
29.          Max. total:    116834      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
30.
```

29. Input software FS 15

```
------------------------------------------------------------------------------------------
----------------------
FS 15 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                             BENTLEY
05:00 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
------------------------------------------------------------------------------------------
----------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------


------------------------------------------------------------------------------------------
----------------------
FS 15 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                             BENTLEY
05:00 PM
AutoPIPE Advanced 11.01.00.17
```

T A B L E   O F   C O N T E N T S

C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

POINT NAME	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
*** SEGMENT A			
A00	0.00	-105400.50	14000.00
A01	0.00	-105400.50	28000.00
A02	0.00	-105400.50	42000.00

P I P E   D A T A   L I S T I N G

Pipe ID/ Composition/ Material / CladMaterial / ---Line Class---	Nom/ Sch	O.D. mm	Thickness (mm) W.Th. / Clad	Corr	Mill	Insu	Ling	Spec Grav/ InsMt	InsuDen/ LingDen/ CladDen kg/m3	Weight (N/m) Pipe/ Cont	Ling/ Insu/ Clad	Total	ZL/ ZC
Tag No. : <None>													
599	500	508.00	15.90	0	1.99	5.50	0	0	1280.000	1888	0	4097	1.00
5LX-X65	NS							Other	0.000	0	111		1.00
Other			40						3044.000		2097		

M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

Material Composition Name	Pipe ID	Density kg/m3	Pois. Ratio	Temper. deg C	Modulus E6 N/mm2 Axial	Hoop	Shear	Expans. mm/m
5LX-X65	599	7833.0	0.30	25.0	0.20314	0.20314	0.07813	
				60.0	0.20079			0.4003

```
        M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

   Material            Temper. Yield
     Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
 ------------ -------- ------- --------
  5LX-X65     599         25.0   448.16
```

```
------------------------------------------------------------------------------------------
----------------------
FS 15 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                 BENTLEY
05:00 PM                                                               AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
------------------------------------------------------------------------------------------
----------------------
```

```
        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT        PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus
```

```
------------------------------------------------------------------------------------------
----------------------
FS 15 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                 BENTLEY
05:00 PM                                                               AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
------------------------------------------------------------------------------------------
----------------------
```

```
             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.96
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------
  106500.00        752.00        0.00
```

30. Output software FS 15

```
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 15 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                               BENTLEY
05:02 PM                                                                             AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```

T A B L E   O F   C O N T E N T S

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm) X	Y	Z	ROTATIONS (deg) X	Y	Z
*** Segment A begin ***							
A00	Gravity{1}	0.00	-4.56	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	-5.37	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	-0.79	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.31	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-4.56	-6.17	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.31	-4.43	-6.17	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-48.32	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	3.94	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-48.32	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	3.94	-46.89	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	-4.56	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	5.37	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.31	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-4.56	6.17	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.31	-4.43	6.17	0.00	0.00	0.00
*** Segment A end ***							

FS 15 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
05:02 PM AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 RESULT PAGE 2

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	0	57351	0	57351	-267637	0	0	267637
	Thermal 1{1}	0	0	82304	82304	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	12145	12145	0	0	0	0
	User 1{1}	-4760	-1700	0	5054	7933	-22212	0	23586
	GRTP1{1}	0	57351	94449	110498	-267637	0	0	267637
	GRTP1+U1{1}	-4760	55651	94449	109729	-259704	-22212	0	260652
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	133824	0	0	133824
	Thermal 1{1}	0	0	82304	82304	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	12145	12145	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-3967	11107	0	11794
	GRTP1{1}	0	0	94449	94449	133824	0	0	133824
	GRTP1+U1{1}	0	0	94449	94449	129857	11107	0	130331
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	133824	0	0	133824
	Thermal 1{1}	0	0	82304	82304	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	12145	12145	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-3967	11107	0	11794
	GRTP1{1}	0	0	94449	94449	133824	0	0	133824
	GRTP1+U1{1}	0	0	94449	94449	129857	11107	0	130331
A02	Gravity{1}	0	-57351	0	57351	-267637	0	0	267637
	Thermal 1{1}	0	0	82304	82304	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	12145	12145	0	0	0	0
	User 1{1}	4760	1700	0	5054	7933	-22212	0	23586
	GRTP1{1}	0	-57351	94449	110498	-267637	0	0	267637
	GRTP1+U1{1}	4760	-55651	94449	109729	-259704	-22212	0	260652

*** Segment A end   ***

FS 15 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR   BENTLEY
05:02 PM   AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 RESULT PAGE   3

R E S U L T   S U M M A R Y

Maximum displacements (mm)

Maximum X :	3.94	Point : A01	Load Comb.: User 1{1}
Maximum Y :	-48.32	Point : A01	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Z :	-6.17	Point : A00	Load Comb.: GRTP1{1}
Max. total:	48.32	Point : A01	Load Comb.: Gravity{1}

Maximum rotations (deg)

Maximum X :	0.00	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Y :	0.00	Point : A00	Load Comb.: User 1{1}
Max. total:	0.00	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}

Maximum pipe forces (N)

Maximum X :	-4760	Point : A00	Load Comb.: User 1{1}
Maximum Y :	57351	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Z :	94449	Point : A00	Load Comb.: GRTP1{1}
Max. total:	110498	Point : A00	Load Comb.: GRTP1{1}

Maximum pipe moments (N.m)

Maximum X :	-267637	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Y :	-22212	Point : A00	Load Comb.: User 1{1}
Max. total:	267637	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}

31. Input software FS 16

FS 16 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR   BENTLEY
05:04 PM   AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17

D E S C R I P T I O N

FS 16 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR   BENTLEY
05:04 PM   AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17

T A B L E   O F   C O N T E N T S

FS 16 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR   BENTLEY
05:04 PM   AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 MODEL PAGE   1

```
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105900.50     7450.00
 A01           0.00  -105900.50    14900.00
 A02           0.00  -105900.50    22350.00

---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```



```
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                     P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )    ZL/
Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total  ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- ----
----------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097 1.00
 5LX-X65      NS                                 Other    0.000      0   111       1.00
 Other                     40                            3044.000         2097



---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```



```
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

              M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.  Composition
    Name      Pipe ID kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- -------------
------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                     0.4003


---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```



```
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

        M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name      Pipe ID deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16


---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```



```
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2
```

```
 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus
```

```
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 16 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                          BENTLEY
05:04 PM                                                        AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```

```
             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : 599

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   0.25
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------

  106500.00        755.00        0.00
```

32. Output software FS 16

```
        -------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 16 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                          BENTLEY
05:05 PM                                                                        AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```

                              T A B L E   O F   C O N T E N T S


```
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 16 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                          BENTLEY
05:05 PM                                                        AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   1
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```

```
                                         D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                        TRANSLATIONS (mm  )         ROTATIONS (deg  )
 name    combination                     X       Y       Z           X       Y       Z
 ------  -----------------------      ------  ------  ------      ------  ------  ------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                    0.00   -2.43    0.00        0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                  0.00    0.00   -2.92        0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                 0.00    0.00   -0.43        0.00    0.00    0.00
```

Point	Load combination	X	Y	Z	X	Y	Z
	User 1{1}	0.17	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-2.43	-3.35	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.17	-2.36	-3.35	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-6.02	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.49	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-6.02	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.49	-5.84	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	-2.43	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	2.92	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.17	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-2.43	3.35	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.17	-2.36	3.35	0.00	0.00	0.00

*** Segment A end ***

G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	0	30519	0	30519	-75787	0	0	75787
	Thermal 1{1}	0	0	44658	44658	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6590	6590	0	0	0	0
	User 1{1}	-2657	-912	0	2809	2264	-6599	0	6977
	GRTP1{1}	0	30519	51248	59647	-75787	0	0	75787
	GRTP1+U1{1}	-2657	29607	51248	59245	-73523	-6599	0	73819
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	37897	0	0	37897
	Thermal 1{1}	0	0	44658	44658	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6590	6590	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1132	3300	0	3489
	GRTP1{1}	0	0	51248	51248	37897	0	0	37897
	GRTP1+U1{1}	0	0	51248	51248	36764	3300	0	36912
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	37897	0	0	37897
	Thermal 1{1}	0	0	44658	44658	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6590	6590	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1132	3300	0	3489
	GRTP1{1}	0	0	51248	51248	37897	0	0	37897
	GRTP1+U1{1}	0	0	51248	51248	36764	3300	0	36912
A02	Gravity{1}	0	-30519	0	30519	-75787	0	0	75787
	Thermal 1{1}	0	0	44658	44658	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6590	6590	0	0	0	0
	User 1{1}	2657	912	0	2809	2264	-6599	0	6977
	GRTP1{1}	0	-30519	51248	59647	-75787	0	0	75787
	GRTP1+U1{1}	2657	-29607	51248	59245	-73523	-6599	0	73819

*** Segment A end ***

R E S U L T   S U M M A R Y

Maximum displacements (mm)

Maximum X : 0.49 Point : A01 Load Comb.: User 1{1}

```
        Maximum Y :     -6.02      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Z :     -3.35      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}
        Max. total:      6.02      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}

Maximum rotations (deg)
-----------------------

        Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
        Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

Maximum pipe forces (N )
-------------------------

        Maximum X :     -2657      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
        Maximum Y :     30519      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Z :     51248      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}
        Max. total:     59647      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}

Maximum pipe moments (N.m  )
-----------------------------

        Maximum X :    -75787      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Y :     -6599      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
        Max. total:     75787      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
```

33. Input software FS 17

```
        ------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 17 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                               BENTLEY
05:06 PM                                                                             AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
--------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------
```

T A B L E   O F   C O N T E N T S

C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

POINT NAME	--------COORDINATE (mm)--------- X	Y	Z
*** SEGMENT A			
A00	0.00	-106000.50	3300.00
A01	0.00	-106000.50	6600.00
A02	0.00	-106000.50	9900.00

P I P E   D A T A   L I S T I N G

Pipe ID/ Composition/ Material CladMaterial ---Line Class---	Nom/ Sch	O.D. mm	-----Thickness(mm)----- W.Th. Clad	Corr	Mill	Insu	Ling	Spec Grav/ InsMt	InsuDen/ LingDen/ CladDen kg/m3	Weight(N/m) Pipe/ Cont	Ling/ Insu/ Clad	Total	ZL/ ZC
Tag No. : <None>													
599	500	508.00	15.90	0	1.99	5.50	0	0	1280.000	1888	0	4097	1.00
5LX-X65	NS							Other	0.000	0	111		1.00
Other			40						3044.000		2097		

M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

Material Name	Pipe ID	Density kg/m3	Pois. Ratio	Temper. deg C	Modulus E6 N/mm2 Axial	Hoop	Shear	Expans. mm/m	Composition
5LX-X65	599	7833.0	0.30	25.0	0.20314	0.20314	0.07813		
				60.0	0.20079			0.4003	

```
05:06 PM                                                          AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
--------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

        M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16

--------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 17 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                            BENTLEY
05:06 PM                                                          AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
--------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus
--------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 17 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                            BENTLEY
05:06 PM                                                          AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
--------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

            L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
               Depth :   106500.00 mm
             Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   2.13
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------

  106500.00        745.00        0.00
```

34. Output software FS 17

```
        ------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 17 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                             BENTLEY
05:07 PM                                                                           AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
--------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                           T A B L E   O F   C O N T E N T S
```

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm) X	Y	Z	ROTATIONS (deg) X	Y	Z
*** Segment A begin ***							
A00	Gravity{1}	0.00	-1.08	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	-1.30	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	-0.19	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-1.08	-1.50	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.06	-1.04	-1.50	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-1.23	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.07	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-1.23	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.07	-1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	-1.08	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-1.08	1.50	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.06	-1.04	1.50	0.00	0.00	0.00
*** Segment A end ***							

FS 17 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
05:07 PM AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 RESULT PAGE 2

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	0	13519	0	13519	-14870	0	0	14870
	Thermal 1{1}	0	0	26483	26483	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	3908	3908	0	0	0	0
	User 1{1}	-1197	-393	0	1260	433	-1316	0	1386
	GRTP1{1}	0	13519	30391	33262	-14870	0	0	14870
	GRTP1+U1{1}	-1197	13125	30391	33126	-14437	-1316	0	14497
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	7436	0	0	7436
	Thermal 1{1}	0	0	26483	26483	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	3908	3908	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-216	658	0	693
	GRTP1{1}	0	0	30391	30391	7436	0	0	7436
	GRTP1+U1{1}	0	0	30391	30391	7220	658	0	7250
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	7436	0	0	7436
	Thermal 1{1}	0	0	26483	26483	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	3908	3908	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-216	658	0	693
	GRTP1{1}	0	0	30391	30391	7436	0	0	7436
	GRTP1+U1{1}	0	0	30391	30391	7220	658	0	7250
A02	Gravity{1}	0	-13519	0	13519	-14870	0	0	14870
	Thermal 1{1}	0	0	26483	26483	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	3908	3908	0	0	0	0
	User 1{1}	1197	393	0	1260	433	-1316	0	1386
	GRTP1{1}	0	-13519	30391	33262	-14870	0	0	14870
	GRTP1+U1{1}	1197	-13125	30391	33126	-14437	-1316	0	14497
*** Segment A end ***									

```
-------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 17 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
05:07 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   3
-------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------


                            R E S U L T   S U M M A R Y
                            ---------------------------



 Maximum displacements (mm)
 ---------------------------

          Maximum X :      0.07      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :     -1.23      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     -1.50      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}
          Max. total:      1.84      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}

 Maximum rotations (deg)
 -----------------------

          Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum pipe forces (N )
 -------------------------

          Maximum X :     -1197      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :     13519      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     30391      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}
          Max. total:     33262      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

          Maximum X :    -14870      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :     -1316      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:     14870      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
```

35. Input software FS 18

```
        FS 18 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                                 BENTLEY
05:09 PM                                                                               AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------

-------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 18 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                                 BENTLEY
05:09 PM                                                                               AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                            T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
-------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 18 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
```

```
--------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105000.50     7550.00
 A01           0.00  -105000.50    15100.00
 A02           0.00  -105000.50    22650.00

--------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```



```
--------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                      P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )    ZL/
Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total  ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- ----
----------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097 1.00
 5LX-X65      NS                                 Other    0.000      0   111       1.00
 Other                   40                              3044.000         2097


--------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```



```
--------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

               M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.  Composition
    Name      Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial      Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- -------------
------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                      0.4003

--------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```



```
--------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

         M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name      Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16


--------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```



```
--------------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2
```

```
 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus
```

```
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 18 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
05:09 PM                                                            AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.96
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------

  106500.00        807.00        0.00
```

36. Output software FS 18

```
         ------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 18 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                               BENTLEY
05:11 PM                                                                             AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                           T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 18 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                              BENTLEY
05:11 PM                                                            AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   1
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                                       D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                     TRANSLATIONS (mm  )         ROTATIONS (deg  )
 name    combination                   X       Y       Z          X       Y       Z
 ------  ------------------------    ------  ------  ------     ------  ------  ------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                    0.00   -2.46    0.00       0.00    0.00    0.00
```

	Thermal 1{1}	0.00	0.00	-2.95	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	-0.44	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.19	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-2.46	-3.39	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.19	-2.38	-3.39	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-6.25	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.55	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-6.25	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.55	-6.04	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	-2.46	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	2.95	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.19	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-2.46	3.39	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.19	-2.38	3.39	0.00	0.00	0.00

*** Segment A end ***

G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

*** Segment A begin ***

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result
A00	Gravity{1}	0	30929	0	30929	-77836	0	0	77836
	Thermal 1{1}	0	0	45244	45244	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6676	6676	0	0	0	0
	User 1{1}	-2956	-1056	0	3139	2657	-7439	0	7900
	GRTP1{1}	0	30929	51920	60434	-77836	0	0	77836
	GRTP1+U1{1}	-2956	29873	51920	59974	-75179	-7439	0	75546
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	38921	0	0	38921
	Thermal 1{1}	0	0	45244	45244	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6676	6676	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1329	3720	0	3950
	GRTP1{1}	0	0	51920	51920	38921	0	0	38921
	GRTP1+U1{1}	0	0	51920	51920	37592	3720	0	37776
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	38921	0	0	38921
	Thermal 1{1}	0	0	45244	45244	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6676	6676	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1329	3720	0	3950
	GRTP1{1}	0	0	51920	51920	38921	0	0	38921
	GRTP1+U1{1}	0	0	51920	51920	37592	3720	0	37776
A02	Gravity{1}	0	-30929	0	30929	-77836	0	0	77836
	Thermal 1{1}	0	0	45244	45244	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6676	6676	0	0	0	0
	User 1{1}	2956	1056	0	3139	2657	-7439	0	7900
	GRTP1{1}	0	-30929	51920	60434	-77836	0	0	77836
	GRTP1+U1{1}	2956	-29873	51920	59974	-75179	-7439	0	75546

*** Segment A end ***

R E S U L T   S U M M A R Y

Maximum displacements (mm)

```
         Maximum X :      0.55      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
         Maximum Y :     -6.25      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Z :     -3.39      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}
         Max. total:      6.25      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}

Maximum rotations (deg)
-----------------------

         Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

Maximum pipe forces (N )
-------------------------

         Maximum X :     -2956      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Maximum Y :     30929      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Z :     51920      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}
         Max. total:     60434      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}

Maximum pipe moments (N.m  )
-----------------------------

         Maximum X :    -77836      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :     -7439      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:     77836      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
```

37. Input software FS 19

```
        ------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 19 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                             BENTLEY
05:12 PM                                                                           AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------


---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 19 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                             BENTLEY
05:12 PM                                                                           AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                            T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 19 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                BENTLEY
05:12 PM                                                              AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105900.50        9.85
 A01           0.00  -105900.50     9859.85
 A02           0.00  -105900.50    19709.85
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 19 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                BENTLEY
05:12 PM                                                              AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
```

P I P E   D A T A   L I S T I N G

Pipe ID/ Composition/ Material CladMaterial ---Line Class---	Nom/ Sch	O.D. mm	W.Th. Clad	Corr	Mill	Insu	Ling	Spec Grav/ InsMt	InsuDen/ LingDen/ CladDen kg/m3	Weight(N/m) Pipe/ Cont	Ling/ Insu/ Clad	Total	ZL/ ZC
Tag No. : <None>													
599	500	508.00	15.90	0	1.99	5.50	0	0	1280.000	1888	0	4097	1.00
5LX-X65	NS							Other	0.000	0	111		1.00
Other			40						3044.000		2097		

FS 19 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
05:12 PM AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 MODEL PAGE 3

M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

Material Name	Pipe ID	Density kg/m3	Pois. Ratio	Temper. deg C	Modulus E6 N/mm2 Axial	Hoop	Shear	Expans. mm/m	Composition
5LX-X65	599	7833.0	0.30	25.0	0.20314	0.20314	0.07813		
				60.0	0.20079			0.4003	

FS 19 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
05:12 PM AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 MODEL PAGE 4

M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

Material Name	Pipe ID	Temper. deg C	Yield N/mm2
5LX-X65	599	25.0	448.16

FS 19 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
05:12 PM AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 MODEL PAGE 5

OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
STRESSES IN N/mm2

POINT NAME	CASE	PRESS. N/mm2	TEMPER deg C	EXPAN. mm/m	MODULUS E6 N/mm	YIELD STRESS
*** SEGMENT A						
A00	T1	4.1400	60.00	0.400	0.20079	448.16
A02	Same as previous point.					

u User-defined value
* Non-code material for allowable stress;
  Non-standard material for expansion and modulus

FS 19 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
05:12 PM AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 MODEL PAGE 6

L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

WAVE LOAD : CUR 100Y

Wave Type : Current   Load case : User 1

Water - Elevation :   0.00 mm
Depth :   106500.00 mm
Density :   1025.00 kg/m3

Wave - Height :   3900.00 mm
Period :   8.05 sec
Phase :   0.00 deg

Drag   coefficient :   2.04
Inertia coefficient :   4.00

Direction -   X=   1.000   Y=   0.000   Z=   0.000

Water Depth (mm)	Current Velocity (mm/s)	Marine Growth (mm)
106500.00	755.00	0.00

38. Output software FS 19

FS 19 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR   BENTLEY
05:13 PM   AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17

T A B L E   O F   C O N T E N T S

FS 19 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR   BENTLEY
05:13 PM   AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 RESULT PAGE   1

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm) X	Y	Z	ROTATIONS (deg) X	Y	Z
*** Segment A begin ***							
A00	Gravity{1}	0.00	-3.21	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	-3.83	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	-0.56	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.23	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-3.21	-4.39	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.23	-3.12	-4.39	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-14.04	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	1.17	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-14.04	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	1.17	-13.62	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	-3.21	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	3.83	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.23	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
	GRTP1{1}	0.00	-3.21	4.39	0.00	0.00	0.00
	GRTP1+U1{1}	0.23	-3.12	4.39	0.00	0.00	0.00

*** Segment A end ***

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	FORCES (N) Y	FORCES (N) Z	FORCES (N) Result	MOMENTS (N.m) X	MOMENTS (N.m) Y	MOMENTS (N.m) Z	MOMENTS (N.m) Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	0	40351	0	40351	-132483	0	0	132483
	Thermal 1{1}	0	0	58622	58622	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	8650	8650	0	0	0	0
	User 1{1}	-3513	-1206	0	3715	3958	-11536	0	12196
	GRTP1{1}	0	40351	67273	78446	-132483	0	0	132483
	GRTP1+U1{1}	-3513	39145	67273	77912	-128525	-11536	0	129041
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	66245	0	0	66245
	Thermal 1{1}	0	0	58622	58622	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	8650	8650	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1979	5768	0	6098
	GRTP1{1}	0	0	67273	67273	66245	0	0	66245
	GRTP1+U1{1}	0	0	67273	67273	64266	5768	0	64524
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	66245	0	0	66245
	Thermal 1{1}	0	0	58622	58622	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	8650	8650	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1979	5768	0	6098
	GRTP1{1}	0	0	67273	67273	66245	0	0	66245
	GRTP1+U1{1}	0	0	67273	67273	64266	5768	0	64524
A02	Gravity{1}	0	-40351	0	40351	-132483	0	0	132483
	Thermal 1{1}	0	0	58622	58622	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	8650	8650	0	0	0	0
	User 1{1}	3513	1206	0	3715	3958	-11536	0	12196
	GRTP1{1}	0	-40351	67273	78446	-132483	0	0	132483
	GRTP1+U1{1}	3513	-39145	67273	77912	-128525	-11536	0	129041

*** Segment A end ***

R E S U L T S U M M A R Y

Maximum displacements (mm)

Maximum X :	1.17	Point : A01	Load Comb.: User 1{1}
Maximum Y :	-14.04	Point : A01	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Z :	-4.39	Point : A00	Load Comb.: GRTP1{1}
Max. total:	14.04	Point : A01	Load Comb.: Gravity{1}

Maximum rotations (deg)

Maximum X :	0.00	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Y :	0.00	Point : A00	Load Comb.: User 1{1}
Max. total:	0.00	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}

Maximum pipe forces (N)

Maximum X :	-3513	Point : A00	Load Comb.: User 1{1}
Maximum Y :	40351	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Z :	67273	Point : A00	Load Comb.: GRTP1{1}
Max. total:	78446	Point : A00	Load Comb.: GRTP1{1}

```
 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

         Maximum X :   -132483      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :    -11536      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:    132483      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
```

39. Input software FS 20

```
        ------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 20 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                            BENTLEY
05:20 PM                                                                          AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------

---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 20 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                            BENTLEY
05:20 PM                                                                          AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                            T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 20 NON SUPPORT
03/06/2019                                                        BENTLEY
05:20 PM                                                          AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105200.50     7600.00
 A01           0.00  -105200.50    15200.00
 A02           0.00  -105200.50    22800.00

---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 20 NON SUPPORT
03/06/2019                                                        BENTLEY
05:20 PM                                                          AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                   S E G M E N T   D A T A   L I S T I N G

 Segment First  Last   Line Number                    Apply Apply  Apply
 Name    Node   Node                                  Wind  Bowing Buoyancy
 ------- ------ ------ ------------------------------ ----- ------ --------
 A       A00    A02                                   No    No     No


---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```

P I P E   D A T A   L I S T I N G

Pipe ID/ Composition/ Material CladMaterial ---Line Class---	Nom/ Sch	O.D. mm	W.Th. Clad	Corr	Mill	Insu	Ling	Spec Grav/ InsMt	InsuDen/ LingDen/ CladDen kg/m3	Weight(N/m) Pipe/ Cont	Ling/ Insu/ Clad	Total	ZL/ ZC
Tag No. : <None>													
599	500	508.00	15.90	0	1.99	5.50	0	0	1280.000	1888	0	4097	1.00
5LX-X65	NS							Other	0.000	0	111		1.00
Other			40						3044.000		2097		

M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

Material Name	Pipe ID	Density kg/m3	Pois. Ratio	Temper. deg C	Modulus E6 N/mm2 Axial	Hoop	Shear	Expans. mm/m	Composition
5LX-X65	599	7833.0	0.30	25.0	0.20314	0.20314	0.07813		
				60.0	0.20079			0.4003	

M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

Material Name	Pipe ID	Temper. deg C	Yield N/mm2
5LX-X65	599	25.0	448.16

OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
STRESSES IN N/mm2

POINT NAME	CASE	PRESS. N/mm2	TEMPER deg C	EXPAN. mm/m	MODULUS E6 N/mm	YIELD STRESS
*** SEGMENT A						
A00	T1	4.1400	60.00	0.400	0.20079	448.16
A02	Same as previous point.					

u User-defined value
* Non-code material for allowable stress;
Non-standard material for expansion and modulus

```
FS 20 NON SUPPORT
03/06/2019                                                         BENTLEY
05:20 PM                                                           AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   7
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.96
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------
  106500.00        799.00        0.00
```

40. Output software FS 20

```
        FS 20 NON SUPPORT
03/06/2019                                                                        BENTLEY
05:21 PM                                                                          AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                           T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 20 NON SUPPORT
03/06/2019                                                         BENTLEY
05:21 PM                                                           AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   1
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                                      D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                        TRANSLATIONS (mm  )        ROTATIONS (deg  )
 name    combination                     X       Y       Z          X       Y       Z
 ------  ------------------------     ------  ------  ------     ------  ------  ------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                     0.00   -2.48    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                   0.00    0.00   -2.97       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                  0.00    0.00   -0.44       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                      0.19    0.08    0.00       0.00    0.00    0.00
         GRTP1{1}                       0.00   -2.48   -3.41       0.00    0.00    0.00
         GRTP1+U1{1}                    0.19   -2.39   -3.41       0.00    0.00    0.00

 A01     Gravity{1}                     0.00   -6.36    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                   0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                  0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                      0.55    0.21    0.00       0.00    0.00    0.00
         GRTP1{1}                       0.00   -6.36    0.00       0.00    0.00    0.00
         GRTP1+U1{1}                    0.55   -6.15    0.00       0.00    0.00    0.00

 A02     Gravity{1}                     0.00   -2.48    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                   0.00    0.00    2.97       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                  0.00    0.00    0.44       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                      0.19    0.08    0.00       0.00    0.00    0.00
         GRTP1{1}                       0.00   -2.48    3.41       0.00    0.00    0.00
```

GRTP1+U1{1}	0.19	-2.39	3.41	0.00	0.00	0.00

*** Segment A end ***

FS 20 NON SUPPORT
03/06/2019 BENTLEY
05:21 PM AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 RESULT PAGE 2

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	0	31134	0	31134	-78870	0	0	78870
	Thermal 1{1}	0	0	45537	45537	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6719	6719	0	0	0	0
	User 1{1}	-2917	-1042	0	3097	2639	-7390	0	7847
	GRTP1{1}	0	31134	52256	60828	-78870	0	0	78870
	GRTP1+U1{1}	-2917	30092	52256	60372	-76231	-7390	0	76588
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	39438	0	0	39438
	Thermal 1{1}	0	0	45537	45537	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6719	6719	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1320	3695	0	3924
	GRTP1{1}	0	0	52256	52256	39438	0	0	39438
	GRTP1+U1{1}	0	0	52256	52256	38118	3695	0	38297
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	39438	0	0	39438
	Thermal 1{1}	0	0	45537	45537	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6719	6719	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1320	3695	0	3924
	GRTP1{1}	0	0	52256	52256	39438	0	0	39438
	GRTP1+U1{1}	0	0	52256	52256	38118	3695	0	38297
A02	Gravity{1}	0	-31134	0	31134	-78870	0	0	78870
	Thermal 1{1}	0	0	45537	45537	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6719	6719	0	0	0	0
	User 1{1}	2917	1042	0	3097	2639	-7390	0	7847
	GRTP1{1}	0	-31134	52256	60828	-78870	0	0	78870
	GRTP1+U1{1}	2917	-30092	52256	60372	-76231	-7390	0	76588

*** Segment A end ***

FS 20 NON SUPPORT
03/06/2019 BENTLEY
05:21 PM AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 RESULT PAGE 3

R E S U L T S U M M A R Y

Maximum displacements (mm)

Maximum X :	0.55	Point : A01	Load Comb.: User 1{1}
Maximum Y :	-6.36	Point : A01	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Z :	-3.41	Point : A00	Load Comb.: GRTP1{1}
Max. total:	6.36	Point : A01	Load Comb.: Gravity{1}

Maximum rotations (deg)

Maximum X :	0.00	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Y :	0.00	Point : A00	Load Comb.: User 1{1}
Max. total:	0.00	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}

Maximum pipe forces (N)

Maximum X :	-2917	Point : A00	Load Comb.: User 1{1}
Maximum Y :	31134	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}

```
         Maximum Z :      52256      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}
         Max. total:      60828      Point : A00        Load Comb.: GRTP1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

         Maximum X :     -78870      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :      -7390      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:      78870      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
```

41. Input software FS 22

```
    ------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 22 NON SUPPORT
03/06/2019                                                                  BENTLEY
05:22 PM                                                                    AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------


----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 22 NON SUPPORT
03/06/2019                                                                  BENTLEY
05:22 PM                                                                    AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                            T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 22 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                         BENTLEY
05:22 PM                                                       AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105700.51     6650.00
 A01           0.00  -105700.51    13300.00
 A02           0.00  -105700.51    19950.00

----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 22 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                         BENTLEY
05:22 PM                                                       AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                      P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )    ZL/
Composition/
 Material     Sch   mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total  ZC
 CladMaterial             Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
```

```
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- ----
----------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097 1.00
 5LX-X65      NS                                   Other    0.000      0   111       1.00
 Other                      40                         3044.000         2097
```


M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

```
  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.  Composition
    Name     Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- -------------
------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                     0.4003
```


M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

```
  Material            Temper. Yield
    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16
```


OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
STRESSES IN N/mm2

```
 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus
```


L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

```
     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
```

```
             Depth :   106500.00 mm
           Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.96
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------
  106500.00        771.00        0.00
```

42. Output software FS 22

```
        ------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 22 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                           BENTLEY
05:27 PM                                                                         AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                            T A B L E  O F  C O N T E N T S
```



```
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 22 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                          BENTLEY
05:27 PM                                                        AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   1
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                                       D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                          TRANSLATIONS (mm  )         ROTATIONS (deg  )
 name    combination                       X       Y       Z          X       Y       Z
 ------  ------------------------        ------  ------  ------     ------  ------  ------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                        0.00   -1.78    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                      0.00    0.00   -2.61       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                     0.00    0.00   -0.38       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                         0.16    0.06    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                            0.00   -1.78   -2.61       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                          0.00   -1.78   -2.99       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                        0.16   -1.72   -2.99       0.00    0.00    0.00

 A01     Gravity{1}                        0.00   -4.08    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                      0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                     0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                         0.36    0.13    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                            0.00   -4.08    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                          0.00   -4.08    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                        0.36   -3.95    0.00       0.00    0.00    0.00

 A02     Gravity{1}                        0.00   -1.78    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                      0.00    0.00    2.61       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                     0.00    0.00    0.38       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                         0.16    0.06    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                            0.00   -1.78    2.61       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                          0.00   -1.78    2.99       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                        0.16   -1.72    2.99       0.00    0.00    0.00

 *** Segment A  end   ***

----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 22 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                          BENTLEY
```

G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	0	27242	0	27242	-60385	0	0	60385
	Thermal 1{1}	0	0	39958	39958	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	5896	5896	0	0	0	0
	User 1{1}	-2377	-849	0	2524	1881	-5268	0	5594
	GT1{1}	0	27242	39958	48361	-60385	0	0	60385
	GT1P1{1}	0	27242	45855	53336	-60385	0	0	60385
	GT1P1U1{1}	-2377	26393	45855	52961	-58503	-5268	0	58740
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	30195	0	0	30195
	Thermal 1{1}	0	0	39958	39958	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	5896	5896	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-941	2634	0	2797
	GT1{1}	0	0	39958	39958	30195	0	0	30195
	GT1P1{1}	0	0	45855	45855	30195	0	0	30195
	GT1P1U1{1}	0	0	45855	45855	29254	2634	0	29373
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	30195	0	0	30195
	Thermal 1{1}	0	0	39958	39958	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	5896	5896	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-941	2634	0	2797
	GT1{1}	0	0	39958	39958	30195	0	0	30195
	GT1P1{1}	0	0	45855	45855	30195	0	0	30195
	GT1P1U1{1}	0	0	45855	45855	29254	2634	0	29373
A02	Gravity{1}	0	-27242	0	27242	-60385	0	0	60385
	Thermal 1{1}	0	0	39958	39958	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	5896	5896	0	0	0	0
	User 1{1}	2377	849	0	2524	1881	-5268	0	5594
	GT1{1}	0	-27242	39958	48361	-60385	0	0	60385
	GT1P1{1}	0	-27242	45855	53336	-60385	0	0	60385
	GT1P1U1{1}	2377	-26393	45855	52961	-58503	-5268	0	58740
*** Segment A end ***									

R E S U L T   S U M M A R Y

Maximum displacements (mm)

Maximum X :	0.36	Point : A01	Load Comb.: User 1{1}
Maximum Y :	-4.08	Point : A01	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Z :	-2.99	Point : A00	Load Comb.: GT1P1{1}
Max. total:	4.08	Point : A01	Load Comb.: Gravity{1}

Maximum rotations (deg)

Maximum X :	0.00	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Y :	0.00	Point : A00	Load Comb.: User 1{1}
Max. total:	0.00	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}

Maximum pipe forces (N)

Maximum X :	-2377	Point : A00	Load Comb.: User 1{1}
Maximum Y :	27242	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Z :	45855	Point : A00	Load Comb.: GT1P1{1}
Max. total:	53336	Point : A00	Load Comb.: GT1P1{1}

Maximum pipe moments (N.m)

```
Maximum X :    -60385      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Y :     -5268      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
Max. total:     60385      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
```

43. Input software FS 23

```
        FS 23 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                                              BENTLEY
05:28 PM                                                                                            AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------
```

T A B L E   O F   C O N T E N T S

C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

POINT NAME	--------COORDINATE (mm)--------- X	Y	Z
*** SEGMENT A			
A00	0.00	-105400.50	7300.00
A01	0.00	-105400.50	14600.00
A02	0.00	-105400.50	21900.00

P I P E   D A T A   L I S T I N G

Pipe ID/ Composition/ Material CladMaterial ---Line Class---	Nom/ Sch	O.D. mm	-----Thickness(mm)----- W.Th. Clad	Corr	Mill	Insu	Ling	Spec Grav/ InsMt	InsuDen/ LingDen/ CladDen kg/m3	Weight(N/m) Pipe/ Cont	Ling/ Insu/ Clad	Total	ZL/ ZC
Tag No. : <None>													
599	500	508.00	15.90	0	1.99	5.50	0	0	1280.000	1888	0	4097	1.00
5LX-X65	NS							Other	0.000	0	111		1.00
Other			40						3044.000		2097		

M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

Material Name	Pipe ID	Density kg/m3	Pois. Ratio	Temper. deg C	Modulus E6 N/mm2 Axial	Hoop	Shear	Expans. mm/m	Composition
5LX-X65	599	7833.0	0.30	25.0	0.20314	0.20314	0.07813		
				60.0	0.20079			0.4003	

05:28 PM AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 MODEL PAGE 4

M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

Material Name	Pipe ID	Temper. deg C	Yield N/mm2
5LX-X65	599	25.0	448.16

FS 23 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
05:28 PM AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 MODEL PAGE 5

OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
STRESSES IN N/mm2

POINT NAME	CASE	PRESS. N/mm2	TEMPER deg C	EXPAN. mm/m	MODULUS E6 N/mm	YIELD STRESS
*** SEGMENT A						
A00	T1	4.1400	60.00	0.400	0.20079	448.16
A02	Same as previous point.					

u User-defined value
* Non-code material for allowable stress;
Non-standard material for expansion and modulus

FS 23 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
05:28 PM AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 MODEL PAGE 6

L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

WAVE LOAD : CUR 100Y

Wave Type : Current Load case : User 1

Water - Elevation : 0.00 mm
Depth : 106500.00 mm
Density : 1025.00 kg/m3

Wave - Height : 3900.00 mm
Period : 8.05 sec
Phase : 0.00 deg

Drag coefficient : 1.96
Inertia coefficient : 4.00

Direction - X= 1.000 Y= 0.000 Z= 0.000

Water Depth (mm)	Current Velocity (mm/s)	Marine Growth (mm)
106500.00	790.00	0.00

44. Output software FS 23

FS 23 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
05:29 PM AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17

T A B L E   O F   C O N T E N T S

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm) X	Y	Z	ROTATIONS (deg) X	Y	Z
*** Segment A begin ***							
A00	Gravity{1}	0.00	-2.38	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	-2.86	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	-0.42	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.18	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-2.38	-2.86	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-2.38	-3.28	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.18	-2.30	-3.28	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-5.70	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.48	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-5.70	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-5.70	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.48	-5.51	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	-2.38	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	2.86	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.18	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-2.38	2.86	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-2.38	3.28	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.18	-2.30	3.28	0.00	0.00	0.00
*** Segment A end ***							

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	0	29905	0	29905	-72766	0	0	72766
	Thermal 1{1}	0	0	43779	43779	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6460	6460	0	0	0	0
	User 1{1}	-2739	-978	0	2909	2380	-6665	0	7077
	GT1{1}	0	29905	43779	53017	-72766	0	0	72766
	GT1P1{1}	0	29905	50239	58465	-72766	0	0	72766
	GT1P1U1{1}	-2739	28926	50239	58036	-70386	-6665	0	70701
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	36386	0	0	36386
	Thermal 1{1}	0	0	43779	43779	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6460	6460	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1190	3333	0	3539
	GT1{1}	0	0	43779	43779	36386	0	0	36386
	GT1P1{1}	0	0	50239	50239	36386	0	0	36386
	GT1P1U1{1}	0	0	50239	50239	35196	3333	0	35353
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	36386	0	0	36386
	Thermal 1{1}	0	0	43779	43779	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6460	6460	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1190	3333	0	3539
	GT1{1}	0	0	43779	43779	36386	0	0	36386
	GT1P1{1}	0	0	50239	50239	36386	0	0	36386
	GT1P1U1{1}	0	0	50239	50239	35196	3333	0	35353
A02	Gravity{1}	0	-29905	0	29905	-72766	0	0	72766
	Thermal 1{1}	0	0	43779	43779	0	0	0	0

```
       Pressure 1{1}              0      0   6460   6460      0      0      0      0
       User 1{1}               2739    978      0   2909   2380  -6665      0   7077
       GT1{1}                     0 -29905  43779  53017 -72766      0      0  72766
       GT1P1{1}                   0 -29905  50239  58465 -72766      0      0  72766
       GT1P1U1{1}              2739 -28926  50239  58036 -70386  -6665      0  70701

*** Segment A  end   ***

---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 23 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                             BENTLEY
05:29 PM                                                           AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   3
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------


                           R E S U L T   S U M M A R Y
                           ---------------------------


 Maximum displacements (mm)
 ---------------------------

         Maximum X :      0.48      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
         Maximum Y :     -5.70      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Z :     -3.28      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
         Max. total:      5.70      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum rotations (deg)
 -----------------------

         Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum pipe forces (N )
 -------------------------

         Maximum X :     -2739      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Maximum Y :     29905      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Z :     50239      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
         Max. total:     58465      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

         Maximum X :    -72766      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :     -6665      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:     72766      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
```

45. Input software FS 24

```
---------------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 24 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                            BENTLEY
05:32 PM                                                                          AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------

---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 24 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                            BENTLEY
05:32 PM                                                                          AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                           T A B L E   O F   C O N T E N T S
```

```
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 24 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
05:32 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105400.50     4500.00
 A01           0.00  -105400.50     9000.00
 A02           0.00  -105400.50    13500.00

----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 24 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
05:32 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                      P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )    ZL/
Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total  ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- ----
----------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097 1.00
 5LX-X65      NS                                   Other    0.000      0   111       1.00
 Other                     40                               3044.000        2097

 ---------------------------------------------------------------------------------------------
-------------------
FS 24 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
05:32 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

               M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.  Composition
    Name      Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial      Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- -------------
------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                       0.4003

----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 24 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
05:32 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

         M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name      Pipe ID deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16

----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 24 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
05:32 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```

```
        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT        PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus
```



```
             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.96
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water        Current       Marine
     Depth        Velocity      Growth
     (mm  )       (mm/s  )      (mm  )
     ------       ---------     ------
  106500.00        790.00        0.00
```

46. Output software FS 24


```
                              T A B L E  O F  C O N T E N T S
```



```
                                         D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                          TRANSLATIONS (mm  )         ROTATIONS (deg  )
 name    combination                       X       Y       Z          X       Y       Z
 ------  ------------------------        ------  ------  ------     ------  ------  ------

 *** Segment A  begin ***
```

A00	Gravity{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-0.51	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-0.51	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-0.51	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.05	-0.49	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*** Segment A end ***

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result

*** Segment A begin ***

A00	Gravity{1}	0	18434	0	18434	-27650	0	0	27650
	Thermal 1{1}	0	019974581997458			0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	294750	294750	0	0	0	0
	User 1{1}	-1688	-603	0	1793	904	-2533	0	2689
	GT1{1}	0	1843419974581997543			-27650	0	0	27650
	GT1P1{1}	0	1843422922082292282			-27650	0	0	27650
	GT1P1U1{1}	-1688	1783122922082292278			-26746	-2533	0	26866
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	13827	0	0	13827
	Thermal 1{1}	0	019974581997458			0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	294750	294750	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-452	1266	0	1345
	GT1{1}	0	019974581997458			13827	0	0	13827
	GT1P1{1}	0	022922082292208			13827	0	0	13827
	GT1P1U1{1}	0	022922082292208			13375	1266	0	13435
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	13827	0	0	13827
	Thermal 1{1}	0	019974581997458			0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	294750	294750	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-452	1266	0	1345
	GT1{1}	0	019974581997458			13827	0	0	13827
	GT1P1{1}	0	022922082292208			13827	0	0	13827
	GT1P1U1{1}	0	022922082292208			13375	1266	0	13435
A02	Gravity{1}	0	-18434	0	18434	-27650	0	0	27650
	Thermal 1{1}	0	019974581997458			0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	294750	294750	0	0	0	0
	User 1{1}	1688	603	0	1793	904	-2533	0	2689
	GT1{1}	0	-1843419974581997543			-27650	0	0	27650
	GT1P1{1}	0	-1843422922082292282			-27650	0	0	27650
	GT1P1U1{1}	1688	-1783122922082292278			-26746	-2533	0	26866

*** Segment A end ***

```
                    R E S U L T   S U M M A R Y
                    ---------------------------


 Maximum displacements (mm)
 --------------------------

         Maximum X :      0.05      Point : A01       Load Comb.: User 1{1}
         Maximum Y :     -0.51      Point : A01       Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Z :      0.00      Point : A00       Load Comb.: GT1P1{1}
         Max. total:      0.51      Point : A01       Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum rotations (deg)
 -----------------------

         Maximum X :      0.00      Point : A00       Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :      0.00      Point : A00       Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:      0.00      Point : A00       Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum pipe forces (N )
 -------------------------

         Maximum X :     -1688      Point : A00       Load Comb.: User 1{1}
         Maximum Y :     18434      Point : A00       Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Z :   2292208      Point : A00       Load Comb.: GT1P1{1}
         Max. total:   2292282      Point : A00       Load Comb.: GT1P1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

         Maximum X :    -27650      Point : A00       Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :     -2533      Point : A00       Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:     27650      Point : A00       Load Comb.: Gravity{1}
```

47. Input software FS 26

```
        ------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 26 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                      BENTLEY
05:36 PM                                                                    AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                           D E S C R I P T I O N
                           ---------------------


---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 26 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                      BENTLEY
05:36 PM                                                                    AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                         T A B L E   O F   C O N T E N T S

     Components...................................................................    1
     Coordinates..................................................................    2
     Pipe Properties..............................................................    3
     Material Properties..........................................................    4
     Material Allowables..........................................................    5
     Temperature and Pressure.....................................................    6
     Loads Summary................................................................    7

---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 26 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                          BENTLEY
05:36 PM                                                        AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                  C O M P O N E N T   D A T A   L I S T I N G

 ------------------------------------------------------------------------------
 *** SEGMENT A

 ------------------------------------------------------------------------------
```

From A00 to A01, DZ= 5400.00 mm Run

PIPE DATA:
Pipe Id= 599, Material= 5LX-X65, Poisson= 0.300, Nom Size= 500 mm, OD= 508.00 mm, Sch= NS,
Wall Thk= 15.900 mm, Mill= 1.987 mm, Cor= 0 mm, Pipe Density= 7833.03 kg/m3, Pipe Unit Wgt= 1888.21 N/m,
Insul Thk= 5.500 mm, Insul Material= OTHER, Insul Density= 1280.00 kg/m3, Insul Unit Wgt= 111.37 N/m,
Cladding Material = OTHER, Cladding Thickness = 40.000 mm, Cladding Density = 3044.00 kg/m3,
Cladding Unit Wgt = 2096.94 N/m, Lining Thk= 0 mm, Long Weld factor= 1.00, Circ Weld factor= 1.00,
Long Modulus= 0.20314 E6 N/mm2, Hoop Modulus= 0.20314 E6 N/mm2, Shear Modulus= 0.07813 E6 N/mm2,
Syc= 448.2 N/mm2, Suc= 530.9 N/mm2

OPERATING DATA:
P1= 4.1400 N/mm2, T1= 60.00 deg C, Exp1= 0.40028 mm/m, E1= 0.20079 E6 N/mm2, Sy1= 448.16 N/mm2

POINT DATA:
A00, Coordinates, X= 0.00 mm, Y= -105700.51 mm, Z= 5400.00 mm, Piping Restraint = Restrained
A00, Hydrodynamic, Cm= 2.000, Cd= 1.960, Cl= 0.700
A00, Dist Load= U1, Id= 438, DLX= 486 N/m

SUPPORT DATA:
A00, Anchor, KTX= 20315 N/mm, KTY= Rigid, KTZ= 20315 N/mm, KRX= Rigid, KRY= Rigid, KRZ= Rigid

---

From A01 to A02, DZ= 5400.00 mm Run

POINT DATA:
A01, Coordinates, X= 0.00 mm, Y= -105700.51 mm, Z= 10800.00 mm, Piping Restraint = Restrained
A01, Hydrodynamic, Cm= 2.000, Cd= 1.960, Cl= 0.700
A01, Dist Load= U1, Id= 438, DLX= 486 N/m
A02, Coordinates, X= 0.00 mm, Y= -105700.51 mm, Z= 16200.00 mm, Piping Restraint = Restrained
A02, Hydrodynamic, Cm= 2.000, Cd= 1.960, Cl= 0.700
A02, Dist Load= U1, Id= 438, DLX= 486 N/m

SUPPORT DATA:
A02, Anchor, KTX= 20315 N/mm, KTY= Rigid, KTZ= 20315 N/mm, KRX= Rigid, KRY= Rigid, KRZ= Rigid

---

Number of points in the system (Pipe + Frame + Soil): 3 + 0 + 0 = 3

Weight of Empty Pipes + Weight of Contents = Total Weight of System
4511.6 kg + 0.0 kg = 4511.6 kg

C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

POINT NAME	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
*** SEGMENT A			
A00	0.00	-105700.51	5400.00
A01	0.00	-105700.51	10800.00
A02	0.00	-105700.51	16200.00

P I P E   D A T A   L I S T I N G

```
 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )    ZL/
Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total  ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3          Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- ----
----------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097 1.00
 5LX-X65      NS                                   Other    0.000      0   111       1.00
 Other                      40                           3044.000         2097
```



```
              M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.  Composition
    Name     Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C     Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- -------  -------- -------- -------- -------- -------------
------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                     0.4003
```



```
        M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16
```



```
        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus
```



```
            L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G
```

```
WAVE LOAD : CUR 100Y

Wave Type : Current      Load case : User 1

Water - Elevation :        0.00 mm
            Depth :   106500.00 mm
          Density :     1025.00 kg/m3

Wave - Height :     3900.00 mm
       Period :        8.05 sec
        Phase :        0.00 deg

Drag    coefficient :   1.96
Inertia coefficient :   2.00

Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

Water       Current       Marine
Depth       Velocity      Growth
(mm  )      (mm/s  )      (mm  )
------      ---------     ------

106500.00       771.00        0.00
```

48. Output software FS 26

```
---------------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 26 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                          BENTLEY
05:38 PM                                                                        AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```

T A B L E   O F   C O N T E N T S


```
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 26 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                          BENTLEY
05:38 PM                                                        AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   1
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm) X	Y	Z	ROTATIONS (deg) X	Y	Z
*** Segment A begin ***							
A00	Gravity{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	-2.12	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	-0.31	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	0.00	-2.12	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	0.00	-2.43	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.22	0.00	-2.43	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-1.02	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.43	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-1.02	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-1.02	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.43	-0.99	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	2.12	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	0.00	2.12	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	0.00	2.43	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.22	0.00	2.43	0.00	0.00	0.00
*** Segment A end ***							

```
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 26 NON SUPPORT
```

G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

Point name		Load combination	FORCES (N) X	FORCES (N) Y	FORCES (N) Z	FORCES (N) Result	MOMENTS (N.m) X	MOMENTS (N.m) Y	MOMENTS (N.m) Z	MOMENTS (N.m) Result
*** Segment A begin ***										
A00		Gravity{1}	0	22121	0	22121	-39817	0	0	39817
		Thermal 1{1}	0	0	42974	42974	0	0	0	0
		Pressure 1{1}	0	0	6341	6341	0	0	0	0
		User 1{1}	-4555	-689	0	4607	1241	-8199	0	8292
		GT1{1}	0	22121	42974	48334	-39817	0	0	39817
		GT1P1{1}	0	22121	49316	54050	-39817	0	0	39817
		GT1P1U1{1}	-4555	21432	49316	53964	-38576	-8199	0	39438
A01	-	Gravity{1}	0	0	0	0	19911	0	0	19911
		Thermal 1{1}	0	0	42974	42974	0	0	0	0
		Pressure 1{1}	0	0	6341	6341	0	0	0	0
		User 1{1}	0	0	0	0	-620	4100	0	4146
		GT1{1}	0	0	42974	42974	19911	0	0	19911
		GT1P1{1}	0	0	49316	49316	19911	0	0	19911
		GT1P1U1{1}	0	0	49316	49316	19290	4100	0	19721
A01	+	Gravity{1}	0	0	0	0	19911	0	0	19911
		Thermal 1{1}	0	0	42974	42974	0	0	0	0
		Pressure 1{1}	0	0	6341	6341	0	0	0	0
		User 1{1}	0	0	0	0	-620	4100	0	4146
		GT1{1}	0	0	42974	42974	19911	0	0	19911
		GT1P1{1}	0	0	49316	49316	19911	0	0	19911
		GT1P1U1{1}	0	0	49316	49316	19290	4100	0	19721
A02		Gravity{1}	0	-22121	0	22121	-39817	0	0	39817
		Thermal 1{1}	0	0	42974	42974	0	0	0	0
		Pressure 1{1}	0	0	6341	6341	0	0	0	0
		User 1{1}	4555	689	0	4607	1241	-8199	0	8292
		GT1{1}	0	-22121	42974	48334	-39817	0	0	39817
		GT1P1{1}	0	-22121	49316	54050	-39817	0	0	39817
		GT1P1U1{1}	4555	-21432	49316	53964	-38576	-8199	0	39438
*** Segment A end ***										

R E S U L T   S U M M A R Y

Maximum displacements (mm)

Maximum X :	0.43	Point : A01	Load Comb.: User 1{1}
Maximum Y :	-1.02	Point : A01	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Z :	-2.43	Point : A00	Load Comb.: GT1P1{1}
Max. total:	2.44	Point : A00	Load Comb.: GT1P1U1{1}

Maximum rotations (deg)

Maximum X :	0.00	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Y :	0.00	Point : A00	Load Comb.: User 1{1}
Max. total:	0.00	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}

Maximum pipe forces (N)

Maximum X :	-4555	Point : A00	Load Comb.: User 1{1}
Maximum Y :	22121	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Z :	49316	Point : A00	Load Comb.: GT1P1{1}
Max. total:	54050	Point : A00	Load Comb.: GT1P1{1}

```
 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

         Maximum X :    -39817      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :     -8199      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:     39817      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
```

49. Input software FS 27

```
    -------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 27 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                         BENTLEY
05:39 PM                                                                       AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------

----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 27 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                         BENTLEY
05:39 PM                                                                       AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                            T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
----------------------------------------------------------------------------------------------
-----------------
FS 27 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                          BENTLEY
05:39 PM                                                        AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

 -------------------------------------------------------------------------------


 Number of points in the system (Pipe + Frame + Soil): 3 + 0 + 0 = 3


 Weight of Empty Pipes + Weight of Contents = Total Weight of System
         4135.6 kg     +         0.0 kg     =       4135.6 kg

----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 27 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                          BENTLEY
05:39 PM                                                        AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105900.50     4950.00
 A01           0.00  -105900.50     9900.00
 A02           0.00  -105900.50    14850.00

----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 27 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                          BENTLEY
05:39 PM                                                        AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   3
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```

```
                  P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )    ZL/
Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total  ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- ----
----------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097 1.00
 5LX-X65      NS                                   Other    0.000      0   111       1.00
 Other                      40                           3044.000         2097

 ---------------------------------------------------------------------------------------------
-------------------
FS 27 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                            BENTLEY
05:39 PM                                                          AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   4
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

             M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.  Composition
    Name     Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- -------------
------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                     0.4003


----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 27 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                            BENTLEY
05:39 PM                                                          AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

       M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16

----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 27 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                            BENTLEY
05:39 PM                                                          AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus
```

50. Output software FS 27

```
        ---------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 27 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                              BENTLEY
05:41 PM                                                                            AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
```

T A B L E   O F   C O N T E N T S

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm) X	Y	Z	ROTATIONS (deg) X	Y	Z
*** Segment A begin ***							
A00	Gravity{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	-1.95	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	-0.29	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	0.00	-1.95	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	0.00	-2.24	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.12	0.00	-2.24	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-0.73	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.18	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-0.73	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-0.73	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.18	-0.71	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	1.95	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	0.00	1.95	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	0.00	2.24	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.12	0.00	2.24	0.00	0.00	0.00
*** Segment A end ***							

G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	0	20278	0	20278	-33457	0	0	33457
	Thermal 1{1}	0	0	29896	29896	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	4412	4412	0	0	0	0
	User 1{1}	-1766	-606	0	1867	1000	-2913	0	3080
	GT1{1}	0	20278	29896	36124	-33457	0	0	33457
	GT1P1{1}	0	20278	34308	39852	-33457	0	0	33457
	GT1P1U1{1}	-1766	19672	34308	39587	-32458	-2913	0	32588
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	16731	0	0	16731
	Thermal 1{1}	0	0	29896	29896	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	4412	4412	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-500	1457	0	1540
	GT1{1}	0	0	29896	29896	16731	0	0	16731
	GT1P1{1}	0	0	34308	34308	16731	0	0	16731
	GT1P1U1{1}	0	0	34308	34308	16231	1457	0	16296
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	16731	0	0	16731

```
        Thermal 1{1}               0      0  29896  29896       0       0       0       0
        Pressure 1{1}              0      0   4412   4412       0       0       0       0
        User 1{1}                  0      0      0      0    -500    1457       0    1540
        GT1{1}                     0      0  29896  29896   16731       0       0   16731
        GT1P1{1}                   0      0  34308  34308   16731       0       0   16731
        GT1P1U1{1}                 0      0  34308  34308   16231    1457       0   16296

A02     Gravity{1}                 0 -20278      0  20278  -33457       0       0   33457
        Thermal 1{1}               0      0  29896  29896       0       0       0       0
        Pressure 1{1}              0      0   4412   4412       0       0       0       0
        User 1{1}               1766    606      0   1867    1000   -2913       0    3080
        GT1{1}                     0 -20278  29896  36124  -33457       0       0   33457
        GT1P1{1}                   0 -20278  34308  39852  -33457       0       0   33457
        GT1P1U1{1}              1766 -19672  34308  39587  -32458   -2913       0   32588

*** Segment A  end   ***
```



```
                           R E S U L T   S U M M A R Y
                           ---------------------------


Maximum displacements (mm)
---------------------------

         Maximum X :      0.18      Point : A01       Load Comb.: User 1{1}
         Maximum Y :     -0.73      Point : A01       Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Z :     -2.24      Point : A00       Load Comb.: GT1P1{1}
         Max. total:      2.24      Point : A00       Load Comb.: GT1P1U1{1}

Maximum rotations (deg)
-----------------------

         Maximum X :      0.00      Point : A00       Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :      0.00      Point : A00       Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:      0.00      Point : A00       Load Comb.: Gravity{1}

Maximum pipe forces (N )
-------------------------

         Maximum X :     -1766      Point : A00       Load Comb.: User 1{1}
         Maximum Y :     20278      Point : A00       Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Z :     34308      Point : A00       Load Comb.: GT1P1{1}
         Max. total:     39852      Point : A00       Load Comb.: GT1P1{1}

Maximum pipe moments (N.m  )
-----------------------------

         Maximum X :    -33457      Point : A00       Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :     -2913      Point : A00       Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:     33457      Point : A00       Load Comb.: Gravity{1}
```

51. Input software FS 28

```
        -------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 28 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                                BENTLEY
05:42 PM                                                                              AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                             D E S C R I P T I O N
                             ---------------------

-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 28 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                                BENTLEY
05:42 PM                                                                              AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
```

T A B L E   O F   C O N T E N T S

FS 28 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR — BENTLEY
05:42 PM — AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 MODEL PAGE 1

C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

POINT NAME	X	Y	Z
*** SEGMENT A			
A00	0.00	-105200.50	0.00
A01	0.00	-105200.50	6800.00
A02	0.00	-105200.50	13600.00

(--------COORDINATE (mm)---------)

FS 28 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR — BENTLEY
05:42 PM — AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 MODEL PAGE 2

P I P E   D A T A   L I S T I N G

Pipe ID/ Composition/ Material CladMaterial ---Line Class---	Nom/ Sch	O.D. mm	W.Th. Clad	Corr	Mill	Insu	Ling	Spec Grav/ InsMt	InsuDen/ LingDen/ CladDen kg/m3	Pipe/ Cont	Ling/ Insu/ Clad	Total	ZL/ ZC
Tag No. : <None>													
599	500	508.00	15.90	0	1.99	5.50	0	0	1280.000	1888	0	4097	1.00
5LX-X65	NS							Other	0.000	0	111		1.00
Other			40						3044.000		2097		

(-----Thickness(mm)-----; Weight(N/m))

FS 28 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR — BENTLEY
05:42 PM — AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 MODEL PAGE 3

M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

Material Name	Pipe ID	Density kg/m3	Pois. Ratio	Temper. deg C	Modulus E6 N/mm2 Axial	Hoop	Shear	Expans. mm/m	Composition
5LX-X65	599	7833.0	0.30	25.0	0.20314	0.20314	0.07813		
				60.0	0.20079			0.4003	

FS 28 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR — BENTLEY
05:42 PM — AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 MODEL PAGE 4

M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

Material Name	Pipe ID	Temper. deg C	Yield N/mm2

```
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16

-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 28 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
05:42 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   5
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus

-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 28 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
05:42 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.96
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------
  106500.00        799.00        0.00
```

52. Output software FS 28

```
        -------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 28 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                                 BENTLEY
05:42 PM                                                                               AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                          T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 28 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                  BENTLEY
05:42 PM                                                                AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   1
```

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm) X	TRANSLATIONS (mm) Y	TRANSLATIONS (mm) Z	ROTATIONS (deg) X	ROTATIONS (deg) Y	ROTATIONS (deg) Z
*** Segment A begin ***							
A00	Gravity{1}	0.00	-1.82	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	-2.67	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	-0.39	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.17	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-1.82	-2.67	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-1.82	-3.06	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.17	-1.76	-3.06	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-4.33	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.41	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-4.33	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-4.33	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.41	-4.18	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	-1.82	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	2.67	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.17	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-1.82	2.67	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-1.82	3.06	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.17	-1.76	3.06	0.00	0.00	0.00
*** Segment A end ***							

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	FORCES (N) Y	FORCES (N) Z	FORCES (N) Result	MOMENTS (N.m) X	MOMENTS (N.m) Y	MOMENTS (N.m) Z	MOMENTS (N.m) Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	0	27856	0	27856	-63139	0	0	63139
	Thermal 1{1}	0	0	40841	40841	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6027	6027	0	0	0	0
	User 1{1}	-2610	-932	0	2771	2113	-5916	0	6282
	GT1{1}	0	27856	40841	49437	-63139	0	0	63139
	GT1P1{1}	0	27856	46868	54521	-63139	0	0	63139
	GT1P1U1{1}	-2610	26924	46868	54114	-61027	-5916	0	61313
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	31572	0	0	31572
	Thermal 1{1}	0	0	40841	40841	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6027	6027	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1056	2958	0	3141
	GT1{1}	0	0	40841	40841	31572	0	0	31572
	GT1P1{1}	0	0	46868	46868	31572	0	0	31572
	GT1P1U1{1}	0	0	46868	46868	30516	2958	0	30659
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	31572	0	0	31572
	Thermal 1{1}	0	0	40841	40841	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6027	6027	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1056	2958	0	3141
	GT1{1}	0	0	40841	40841	31572	0	0	31572
	GT1P1{1}	0	0	46868	46868	31572	0	0	31572
	GT1P1U1{1}	0	0	46868	46868	30516	2958	0	30659
A02	Gravity{1}	0	-27856	0	27856	-63139	0	0	63139
	Thermal 1{1}	0	0	40841	40841	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6027	6027	0	0	0	0
	User 1{1}	2610	932	0	2771	2113	-5916	0	6282
	GT1{1}	0	-27856	40841	49437	-63139	0	0	63139
	GT1P1{1}	0	-27856	46868	54521	-63139	0	0	63139
	GT1P1U1{1}	2610	-26924	46868	54114	-61027	-5916	0	61313

```
 *** Segment A  end   ***

-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 28 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                             BENTLEY
05:42 PM                                                           AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   3
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------


                            R E S U L T    S U M M A R Y
                            ----------------------------



 Maximum displacements (mm)
 ---------------------------

          Maximum X :      0.41      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :     -4.33      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     -3.06      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:      4.33      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum rotations (deg)
 -----------------------

          Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

 Maximum pipe forces (N )
 -------------------------

          Maximum X :     -2610      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Maximum Y :     27856      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Z :     46868      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
          Max. total:     54521      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

          Maximum X :    -63139      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
          Maximum Y :     -5916      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
          Max. total:     63139      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
```

53. Input software FS 30

```
         --------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 30 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                          BENTLEY
05:44 PM                                                                        AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------


-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 30 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                          BENTLEY
05:44 PM                                                                        AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                            T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 30 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                             BENTLEY
```

```
--------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105600.50        0.00
 A01           0.00  -105600.50    13700.00
 A02           0.00  -105600.50    27400.00

--------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```



```
--------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                      P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )    ZL/
Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total  ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- ----
----------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097 1.00
 5LX-X65      NS                                   Other    0.000      0   111       1.00
 Other                     40                              3044.000         2097

 -------------------------------------------------------------------------------------------
-------------------
```



```
--------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

               M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.  Composition
    Name      Pipe ID kg/m3    Ratio deg C    Axial      Hoop    Shear    mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- -------------
------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                      0.4003

--------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```



```
--------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

         M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name      Pipe ID deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16

--------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```



```
--------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
```

```
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus

-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 30 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                             BENTLEY
05:44 PM                                                           AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   6
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.96
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------
  106500.00        778.00        0.00
```

54. Output software FS 30

```
         -------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 30 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                              BENTLEY
05:46 PM                                                                            AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```

T A B L E   O F   C O N T E N T S


```
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 30 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                             BENTLEY
05:46 PM                                                           AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   1
-----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm) X	Y	Z	ROTATIONS (deg) X	Y	Z
*** Segment A begin ***							
A00	Gravity{1}	0.00	-4.47	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	-5.26	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	-0.78	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.33	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-4.47	-5.26	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-4.47	-6.04	0.00	0.00	0.00

	GT1P1U1{1}	0.33	-4.32	-6.04	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-44.61	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	3.89	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-44.61	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-44.61	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	3.89	-43.19	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	-4.47	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	5.26	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.33	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-4.47	5.26	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-4.47	6.04	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.33	-4.32	6.04	0.00	0.00	0.00

*** Segment A end ***

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result

*** Segment A begin ***

A00	Gravity{1}	0	56122	0	56122	-256289	0	0	256289
	Thermal 1{1}	0	0	80612	80612	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	11895	11895	0	0	0	0
	User 1{1}	-4985	-1781	0	5294	8131	-22767	0	24175
	GT1{1}	0	56122	80612	98224	-256289	0	0	256289
	GT1P1{1}	0	56122	92507	108200	-256289	0	0	256289
	GT1P1U1{1}	-4985	54342	92507	107403	-248158	-22767	0	249201
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	128150	0	0	128150
	Thermal 1{1}	0	0	80612	80612	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	11895	11895	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-4066	11384	0	12088
	GT1{1}	0	0	80612	80612	128150	0	0	128150
	GT1P1{1}	0	0	92507	92507	128150	0	0	128150
	GT1P1U1{1}	0	0	92507	92507	124085	11384	0	124606
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	128150	0	0	128150
	Thermal 1{1}	0	0	80612	80612	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	11895	11895	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-4066	11384	0	12088
	GT1{1}	0	0	80612	80612	128150	0	0	128150
	GT1P1{1}	0	0	92507	92507	128150	0	0	128150
	GT1P1U1{1}	0	0	92507	92507	124085	11384	0	124606
A02	Gravity{1}	0	-56122	0	56122	-256289	0	0	256289
	Thermal 1{1}	0	0	80612	80612	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	11895	11895	0	0	0	0
	User 1{1}	4985	1781	0	5294	8131	-22767	0	24175
	GT1{1}	0	-56122	80612	98224	-256289	0	0	256289
	GT1P1{1}	0	-56122	92507	108200	-256289	0	0	256289
	GT1P1U1{1}	4985	-54342	92507	107403	-248158	-22767	0	249201

*** Segment A end ***

R E S U L T S U M M A R Y

```
Maximum displacements (mm)
---------------------------

        Maximum X :      3.89      Point : A01       Load Comb.: User 1{1}
        Maximum Y :    -44.61      Point : A01       Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Z :     -6.04      Point : A00       Load Comb.: GT1P1{1}
        Max. total:     44.61      Point : A01       Load Comb.: Gravity{1}

Maximum rotations (deg)
-----------------------

        Maximum X :      0.00      Point : A00       Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Y :      0.00      Point : A00       Load Comb.: User 1{1}
        Max. total:      0.00      Point : A00       Load Comb.: Gravity{1}

Maximum pipe forces (N )
-------------------------

        Maximum X :     -4985      Point : A00       Load Comb.: User 1{1}
        Maximum Y :     56122      Point : A00       Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Z :     92507      Point : A00       Load Comb.: GT1P1{1}
        Max. total:    108200      Point : A00       Load Comb.: GT1P1{1}

Maximum pipe moments (N.m  )
-----------------------------

        Maximum X :   -256289      Point : A00       Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Y :    -22767      Point : A00       Load Comb.: User 1{1}
        Max. total:    256289      Point : A00       Load Comb.: Gravity{1}
```

55. Input software FS 31

```
    ----------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 31 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                        BENTLEY
05:47 PM                                                                      AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------

-------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 31 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                        BENTLEY
05:47 PM                                                                      AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
-------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                            T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
-------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 31 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                           BENTLEY
05:47 PM                                                         AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
-------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME        X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105900.50     4950.00
 A01           0.00  -105900.50     9900.00
 A02           0.00  -105900.50    14850.00

-------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 31 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                           BENTLEY
```

```
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

                      P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )    ZL/
Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total  ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- ----
----------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097 1.00
 5LX-X65      NS                                   Other    0.000      0   111       1.00
 Other                    40                             3044.000         2097


-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
```



```
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

               M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.  Composition
    Name      Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial     Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- -------- -------- -------- -------- -------------
------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                     0.4003


-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
```



```
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

         M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material            Temper. Yield
    Name      Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
```



```
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------
```

```
          L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   2.30
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------
  106500.00        732.00        0.00
```

56. Output software FS 31

T A B L E   O F   C O N T E N T S

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm) X	Y	Z	ROTATIONS (deg) X	Y	Z
*** Segment A begin ***							
A00	Gravity{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	-1.95	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	-0.29	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	0.00	-1.95	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	0.00	-2.24	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.12	0.00	-2.24	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-0.73	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-0.73	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-0.73	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.19	-0.73	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	1.95	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	0.00	1.95	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	0.00	2.24	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.12	0.00	2.24	0.00	0.00	0.00
*** Segment A end ***							

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	0	20278	0	20278	-33457	0	0	33457
	Thermal 1{1}	0	0	29896	29896	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	4412	4412	0	0	0	0
	User 1{1}	-1871	0	0	1871	0	-3087	0	3087
	GT1{1}	0	20278	29896	36124	-33457	0	0	33457
	GT1P1{1}	0	20278	34308	39852	-33457	0	0	33457
	GT1P1U1{1}	-1871	20278	34308	39896	-33457	-3087	0	33599
A01	Gravity{1}	0	0	0	0	16731	0	0	16731
	Thermal 1{1}	0	0	29896	29896	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	4412	4412	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	1544	0	1544
	GT1{1}	0	0	29896	29896	16731	0	0	16731
	GT1P1{1}	0	0	34308	34308	16731	0	0	16731
	GT1P1U1{1}	0	0	34308	34308	16731	1544	0	16802
A02	Gravity{1}	0	-20278	0	20278	-33457	0	0	33457
	Thermal 1{1}	0	0	29896	29896	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	4412	4412	0	0	0	0
	User 1{1}	1871	0	0	1871	0	-3087	0	3087
	GT1{1}	0	-20278	29896	36124	-33457	0	0	33457
	GT1P1{1}	0	-20278	34308	39852	-33457	0	0	33457
	GT1P1U1{1}	1871	-20278	34308	39896	-33457	-3087	0	33599
*** Segment A end ***									

```
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 31 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                           BENTLEY
05:50 PM                                                         AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   3
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------


                           R E S U L T    S U M M A R Y
                           ----------------------------



 Maximum displacements (mm)
 ---------------------------

         Maximum X :      0.19      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
         Maximum Y :     -0.73      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Z :     -2.24      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
         Max. total:      2.24      Point : A00        Load Comb.: GT1P1U1{1}

 Maximum rotations (deg)
 -----------------------

         Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: GT1P1U1{1}

 Maximum pipe forces (N )
 -------------------------

         Maximum X :     -1871      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Maximum Y :     20278      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Z :     34308      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
         Max. total:     39896      Point : A00        Load Comb.: GT1P1U1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

         Maximum X :    -33457      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :     -3087      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:     33599      Point : A00        Load Comb.: GT1P1U1{1}
```

57. Input software FS 32

```
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 32 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                            BENTLEY
05:51 PM                                                                          AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                             D E S C R I P T I O N
                             ---------------------

------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 32 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                            BENTLEY
05:51 PM                                                                          AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

                           T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
FS 32 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                           BENTLEY
05:51 PM                                                         AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
```

C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

```
POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
NAME         X           Y           Z
-----   ----------- ----------- -----------
*** SEGMENT A
A00            0.00  -106100.50        0.00
A01            0.00  -106100.50     3500.00
A02            0.00  -106100.50     7000.00
```


P I P E   D A T A   L I S T I N G

```
 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )    ZL/
Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total  ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- ----
----------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097 1.00
 5LX-X65      NS                                 Other    0.000      0   111       1.00
 Other                    40                             3044.000         2097
```


M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

```
  Material            Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.  Composition
    Name     Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C     Axial     Hoop    Shear    mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- --------- --------- -------- -------- -------------
------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                       0.4003
```


M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

```
  Material            Temper. Yield
    Name     Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599        25.0   448.16
```


OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
STRESSES IN N/mm2

```
 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------
```

```
 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus
```



```
             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CUR 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :        0.00 mm
                 Depth :   106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3

     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   2.30
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------

  106500.00        732.00        0.00
```

58. Output software 32


```
                            T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
                                         D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                       TRANSLATIONS (mm  )         ROTATIONS (deg  )
 name    combination                     X       Y       Z           X       Y       Z
 ------  ------------------------    ------  ------  ------      ------  ------  ------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                    0.00    0.00    0.00        0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                  0.00    0.00   -1.39        0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                 0.00    0.00   -0.20        0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                     0.09    0.00    0.00        0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                        0.00    0.00   -1.39        0.00    0.00    0.00
```

	GT1P1{1}	0.00	0.00	-1.59	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.09	0.00	-1.59	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.10	-0.19	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	1.39	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	0.00	1.39	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	0.00	1.59	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.09	0.00	1.59	0.00	0.00	0.00

*** Segment A end ***

G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	0	14338	0	14338	-16727	0	0	16727
	Thermal 1{1}	0	0	21231	21231	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	3133	3133	0	0	0	0
	User 1{1}	-1323	-403	0	1383	470	-1544	0	1613
	GT1{1}	0	14338	21231	25619	-16727	0	0	16727
	GT1P1{1}	0	14338	24364	28270	-16727	0	0	16727
	GT1P1U1{1}	-1323	13935	24364	28099	-16257	-1544	0	16330
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	8365	0	0	8365
	Thermal 1{1}	0	0	21231	21231	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	3133	3133	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-235	772	0	807
	GT1{1}	0	0	21231	21231	8365	0	0	8365
	GT1P1{1}	0	0	24364	24364	8365	0	0	8365
	GT1P1U1{1}	0	0	24364	24364	8130	772	0	8166
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	8365	0	0	8365
	Thermal 1{1}	0	0	21231	21231	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	3133	3133	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-235	772	0	807
	GT1{1}	0	0	21231	21231	8365	0	0	8365
	GT1P1{1}	0	0	24364	24364	8365	0	0	8365
	GT1P1U1{1}	0	0	24364	24364	8130	772	0	8166
A02	Gravity{1}	0	-14338	0	14338	-16727	0	0	16727
	Thermal 1{1}	0	0	21231	21231	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	3133	3133	0	0	0	0
	User 1{1}	1323	403	0	1383	470	-1544	0	1613
	GT1{1}	0	-14338	21231	25619	-16727	0	0	16727
	GT1P1{1}	0	-14338	24364	28270	-16727	0	0	16727
	GT1P1U1{1}	1323	-13935	24364	28099	-16257	-1544	0	16330

*** Segment A end ***

R E S U L T   S U M M A R Y

```
Maximum displacements (mm)
---------------------------

        Maximum X :      0.10      Point : A01        Load Comb.: User 1{1}
        Maximum Y :     -0.20      Point : A01        Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Z :     -1.59      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
        Max. total:      1.59      Point : A00        Load Comb.: GT1P1U1{1}

Maximum rotations (deg)
-----------------------

        Maximum X :      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Y :      0.00      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
        Max. total:      0.00      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}

Maximum pipe forces (N )
-------------------------

        Maximum X :     -1323      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
        Maximum Y :     14338      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Z :     24364      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
        Max. total:     28270      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}

Maximum pipe moments (N.m  )
-----------------------------

        Maximum X :    -16727      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
        Maximum Y :     -1544      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
        Max. total:     16727      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
```

59. Input software 33

```
    ------------------------------------------------------------------------------------
---------------------------
FS 33 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                      BENTLEY
05:53 PM                                                                    AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------

---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 33 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                      BENTLEY
05:53 PM                                                                    AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                            T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 33 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                     BENTLEY
05:53 PM                                                   AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00            0.00  -105800.50        0.00
 A01            0.00  -105800.50     7400.00
 A02            0.00  -105800.50    14800.00

---------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 33 NON SUPPORT
```

P I P E   D A T A   L I S T I N G

Pipe ID/ Composition/ Material / CladMaterial / ---Line Class---	Nom/ Sch	O.D. mm	W.Th. / Clad	Corr	Mill	Insu	Ling	Spec Grav/ InsMt	InsuDen/ LingDen/ CladDen kg/m3	Weight(N/m) Pipe/ Cont	Ling/ Insu/ Clad	Total	ZL/ ZC
Tag No. : <None>													
599	500	508.00	15.90	0	1.99	5.50	0	0	1280.000	1888	0	4097	1.00
5LX-X65	NS							Other	0.000	0	111		1.00
Other			40						3044.000		2097		

M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

Material Name	Pipe ID	Density kg/m3	Pois. Ratio	Temper. deg C	Modulus E6 N/mm2 Axial	Hoop	Shear	Expans. mm/m	Composition
5LX-X65	599	7833.0	0.30	25.0	0.20314	0.20314	0.07813		
				60.0	0.20079			0.4003	

M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

Material Name	Pipe ID	Temper. deg C	Yield N/mm2
5LX-X65	599	25.0	448.16

OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
STRESSES IN N/mm2

POINT NAME	CASE	PRESS. N/mm2	TEMPER deg C	EXPAN. mm/m	MODULUS E6 N/mm	YIELD STRESS
*** SEGMENT A						
A00	T1	4.1400	60.00	0.400	0.20079	448.16
A02	Same as previous point.					

u User-defined value
* Non-code material for allowable stress;
  Non-standard material for expansion and modulus

05:53 PM AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 MODEL PAGE 6

L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

WAVE LOAD : CUR 100Y

Wave Type : Current   Load case : User 1

Water - Elevation : 0.00 mm
Depth : 106500.00 mm
Density : 1025.00 kg/m3

Wave - Height : 3900.00 mm
Period : 8.05 sec
Phase : 0.00 deg

Drag coefficient : 1.99
Inertia coefficient : 4.00

Direction - X= 1.000 Y= 0.000 Z= 0.000

Water Depth (mm)	Current Velocity (mm/s)	Marine Growth (mm)
106500.00	764.00	0.00

60. Output software 33

FS 33 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
06:03 PM AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17

T A B L E   O F   C O N T E N T S

FS 33 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR BENTLEY
06:03 PM AutoPIPE Advanced
11.01.00.17 RESULT PAGE 1

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm) X	Y	Z	ROTATIONS (deg) X	Y	Z
*** Segment A begin ***							
A00	Gravity{1}	0.00	-2.41	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	-2.90	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	-0.43	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.17	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-2.41	-2.90	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-2.41	-3.32	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.17	-2.34	-3.32	0.00	0.00	0.00
A01	Gravity{1}	0.00	-5.91	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.48	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-5.91	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1{1}	0.00	-5.91	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1P1U1{1}	0.48	-5.73	0.00	0.00	0.00	0.00
A02	Gravity{1}	0.00	-2.41	0.00	0.00	0.00	0.00
	Thermal 1{1}	0.00	0.00	2.90	0.00	0.00	0.00
	Pressure 1{1}	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00
	User 1{1}	0.17	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
	GT1{1}	0.00	-2.41	2.90	0.00	0.00	0.00

GT1P1{1}	0.00	-2.41	3.32	0.00	0.00	0.00
GT1P1U1{1}	0.17	-2.34	3.32	0.00	0.00	0.00

*** Segment A end ***

G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	0	30314	0	30314	-74774	0	0	74774
	Thermal 1{1}	0	0	44365	44365	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6547	6547	0	0	0	0
	User 1{1}	-2637	-927	0	2795	2288	-6503	0	6894
	GT1{1}	0	30314	44365	53733	-74774	0	0	74774
	GT1P1{1}	0	30314	50911	59253	-74774	0	0	74774
	GT1P1U1{1}	-2637	29387	50911	58843	-72486	-6503	0	72777
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	37390	0	0	37390
	Thermal 1{1}	0	0	44365	44365	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6547	6547	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1144	3252	0	3447
	GT1{1}	0	0	44365	44365	37390	0	0	37390
	GT1P1{1}	0	0	50911	50911	37390	0	0	37390
	GT1P1U1{1}	0	0	50911	50911	36246	3252	0	36391
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	37390	0	0	37390
	Thermal 1{1}	0	0	44365	44365	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6547	6547	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1144	3252	0	3447
	GT1{1}	0	0	44365	44365	37390	0	0	37390
	GT1P1{1}	0	0	50911	50911	37390	0	0	37390
	GT1P1U1{1}	0	0	50911	50911	36246	3252	0	36391
A02	Gravity{1}	0	-30314	0	30314	-74774	0	0	74774
	Thermal 1{1}	0	0	44365	44365	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	6547	6547	0	0	0	0
	User 1{1}	2637	927	0	2795	2288	-6503	0	6894
	GT1{1}	0	-30314	44365	53733	-74774	0	0	74774
	GT1P1{1}	0	-30314	50911	59253	-74774	0	0	74774
	GT1P1U1{1}	2637	-29387	50911	58843	-72486	-6503	0	72777

*** Segment A end ***

R E S U L T   S U M M A R Y

Maximum displacements (mm)

Maximum X :	0.48	Point : A01	Load Comb.: User 1{1}
Maximum Y :	-5.91	Point : A01	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Z :	-3.32	Point : A00	Load Comb.: GT1P1{1}
Max. total:	5.91	Point : A01	Load Comb.: Gravity{1}

Maximum rotations (deg)

Maximum X :	0.00	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Y :	0.00	Point : A00	Load Comb.: User 1{1}
Max. total:	0.00	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}

```
 Maximum pipe forces (N )
 -------------------------

         Maximum X :      -2637      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Maximum Y :      30314      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Z :      50911      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}
         Max. total:      59253      Point : A00        Load Comb.: GT1P1{1}

 Maximum pipe moments (N.m  )
 -----------------------------

         Maximum X :     -74774      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
         Maximum Y :      -6503      Point : A00        Load Comb.: User 1{1}
         Max. total:      74774      Point : A00        Load Comb.: Gravity{1}
```

61. Input software 34

```
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 34 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                            BENTLEY
06:04 PM                                                                          AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                              D E S C R I P T I O N
                              ---------------------

----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 34 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                            BENTLEY
06:04 PM                                                                          AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                            T A B L E   O F   C O N T E N T S
```



```
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 34 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                             BENTLEY
06:04 PM                                                           AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   1
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

 C O O R D I N A T E S   D A T A   L I S T I N G

 POINT   --------COORDINATE (mm   )---------
 NAME         X           Y           Z
 -----   ----------- ----------- -----------
 *** SEGMENT A
 A00           0.00  -105800.50        0.00
 A01           0.00  -105800.50     9750.00
 A02           0.00  -105800.50    19500.00

----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 34 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                             BENTLEY
06:04 PM                                                           AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  MODEL  PAGE   2
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                      P I P E   D A T A   L I S T I N G

 Pipe ID/     Nom/ O.D.  -----Thickness(mm  )----- Spec  InsuDen/   Weight(N/m   )    ZL/
Composition/
 Material     Sch  mm    W.Th. Corr Mill Insu Ling Grav/ LingDen/  Pipe/ Ling/ Total  ZC
 CladMaterial            Clad                      InsMt CladDen   Cont  Insu/
 ---Line Class---                                        kg/m3           Clad
```

```
 ------------ ---- ----- ----- ---- ---- ---- ---- ----- --------  ----- ----- ----- ---- ----
----------------

 Tag No. : <None>
 599          500 508.00 15.90    0 1.99 5.50    0     0 1280.000   1888     0  4097 1.00
 5LX-X65      NS                                  Other    0.000      0   111       1.00
 Other                      40                          3044.000         2097
```



```
               M A T E R I A L   D A T A   L I S T I N G

  Material             Density  Pois. Temper.       Modulus E6 N/mm2     Expans.  Composition
    Name      Pipe ID  kg/m3    Ratio deg C    Axial      Hoop    Shear   mm/m
------------ -------- -------- ----- ------- --------- --------- -------- -------- -------------
------
 5LX-X65     599        7833.0  0.30    25.0  0.20314  0.20314  0.07813
                                        60.0  0.20079                        0.4003
```



```
         M A T E R I A L   A L L O W A B L E   D A T A   L I S T I N G

  Material             Temper. Yield
    Name      Pipe ID  deg C   N/mm2
------------ -------- ------- --------
 5LX-X65     599         25.0   448.16
```



```
        OPERATING TEMPERATURE AND PRESSURE DATA
                    STRESSES IN N/mm2

 POINT       PRESS. TEMPER  EXPAN.      MODULUS    YIELD
 NAME  CASE  N/mm2  deg C   mm/m        E6 N/mm    STRESS
 ----  ----  ------ ------  --------    -------    ------

 *** SEGMENT A
 A00   T1    4.1400  60.00     0.400    0.20079    448.16
 A02    Same as previous point.


u  User-defined value
*  Non-code material for allowable stress;
   Non-standard material for expansion and modulus
```



```
             L O A D S   S U M M A R Y   D A T A   L I S T I N G

     WAVE LOAD : CU 100Y

     Wave Type : Current      Load case : User 1

     Water - Elevation :         0.00 mm
                 Depth :    106500.00 mm
               Density :     1025.00 kg/m3
```

```
     Wave - Height :     3900.00 mm
            Period :        8.05 sec
             Phase :        0.00 deg

     Drag    coefficient :   1.99
     Inertia coefficient :   4.00

     Direction  -      X=   1.000     Y=   0.000     Z=   0.000

     Water       Current       Marine
     Depth       Velocity      Growth
     (mm  )      (mm/s  )      (mm  )
     ------      ---------     ------
  106500.00        764.00        0.00
```

62. Output software 34

```
         ------------------------------------------------------------------------------------
--------------------------
FS 34 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                                            BENTLEY
06:04 PM                                                                          AutoPIPE
Advanced 11.01.00.17
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                           T A B L E  O F  C O N T E N T S

     Displacement..................................................................    1
     Forces & Moments..............................................................    2
     Result Summary................................................................    3

----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 34 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                             BENTLEY
06:04 PM                                                           AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   1
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------

                                      D I S P L A C E M E N T S

 Point      Load                         TRANSLATIONS (mm  )        ROTATIONS (deg  )
 name    combination                     X       Y       Z          X       Y       Z
 ------  ------------------------      ------  ------  ------     ------  ------  ------

 *** Segment A  begin ***

 A00     Gravity{1}                      0.00   -3.18    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                    0.00    0.00   -3.79       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                   0.00    0.00   -0.56       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                       0.23    0.10    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                          0.00   -3.18   -3.79       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                        0.00   -3.18   -4.35       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                      0.23   -3.08   -4.35       0.00    0.00    0.00

 A01     Gravity{1}                      0.00  -13.58    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                    0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                   0.00    0.00    0.00       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                       1.13    0.42    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                          0.00  -13.58    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                        0.00  -13.58    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                      1.13  -13.16    0.00       0.00    0.00    0.00

 A02     Gravity{1}                      0.00   -3.18    0.00       0.00    0.00    0.00
         Thermal 1{1}                    0.00    0.00    3.79       0.00    0.00    0.00
         Pressure 1{1}                   0.00    0.00    0.56       0.00    0.00    0.00
         User 1{1}                       0.23    0.10    0.00       0.00    0.00    0.00
         GT1{1}                          0.00   -3.18    3.79       0.00    0.00    0.00
         GT1P1{1}                        0.00   -3.18    4.35       0.00    0.00    0.00
         GT1P1U1{1}                      0.23   -3.08    4.35       0.00    0.00    0.00

 *** Segment A  end   ***

----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
FS 34 NON SUPPORT
03/06/2019 TUGAS AKHIR                                             BENTLEY
06:04 PM                                                           AutoPIPE Advanced
11.01.00.17  RESULT PAGE   2
----------------------------------------------------------------------------------------------
------------------
```

G L O B A L   F O R C E S   &   M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N) X	Y	Z	Result	MOMENTS (N.m) X	Y	Z	Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	0	39941	0	39941	-129806	0	0	129806
	Thermal 1{1}	0	0	58045	58045	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	8565	8565	0	0	0	0
	User 1{1}	-3474	-1222	0	3683	3971	-11290	0	11968
	GT1{1}	0	39941	58045	70459	-129806	0	0	129806
	GT1P1{1}	0	39941	66610	77667	-129806	0	0	129806
	GT1P1U1{1}	-3474	38719	66610	77124	-125835	-11290	0	126341
A01 -	Gravity{1}	0	0	0	0	64907	0	0	64907
	Thermal 1{1}	0	0	58045	58045	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	8565	8565	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1986	5645	0	5984
	GT1{1}	0	0	58045	58045	64907	0	0	64907
	GT1P1{1}	0	0	66610	66610	64907	0	0	64907
	GT1P1U1{1}	0	0	66610	66610	62921	5645	0	63174
A01 +	Gravity{1}	0	0	0	0	64907	0	0	64907
	Thermal 1{1}	0	0	58045	58045	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	8565	8565	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	-1986	5645	0	5984
	GT1{1}	0	0	58045	58045	64907	0	0	64907
	GT1P1{1}	0	0	66610	66610	64907	0	0	64907
	GT1P1U1{1}	0	0	66610	66610	62921	5645	0	63174
A02	Gravity{1}	0	-39941	0	39941	-129806	0	0	129806
	Thermal 1{1}	0	0	58045	58045	0	0	0	0
	Pressure 1{1}	0	0	8565	8565	0	0	0	0
	User 1{1}	3474	1222	0	3683	3971	-11290	0	11968
	GT1{1}	0	-39941	58045	70459	-129806	0	0	129806
	GT1P1{1}	0	-39941	66610	77667	-129806	0	0	129806
	GT1P1U1{1}	3474	-38719	66610	77124	-125835	-11290	0	126341
*** Segment A end ***									

R E S U L T   S U M M A R Y

Maximum displacements (mm)

Maximum X :	1.13	Point : A01	Load Comb.: User 1{1}
Maximum Y :	-13.58	Point : A01	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Z :	-4.35	Point : A00	Load Comb.: GT1P1{1}
Max. total:	13.58	Point : A01	Load Comb.: Gravity{1}

Maximum rotations (deg)

Maximum X :	0.00	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Y :	0.00	Point : A00	Load Comb.: User 1{1}
Max. total:	0.00	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}

Maximum pipe forces (N)

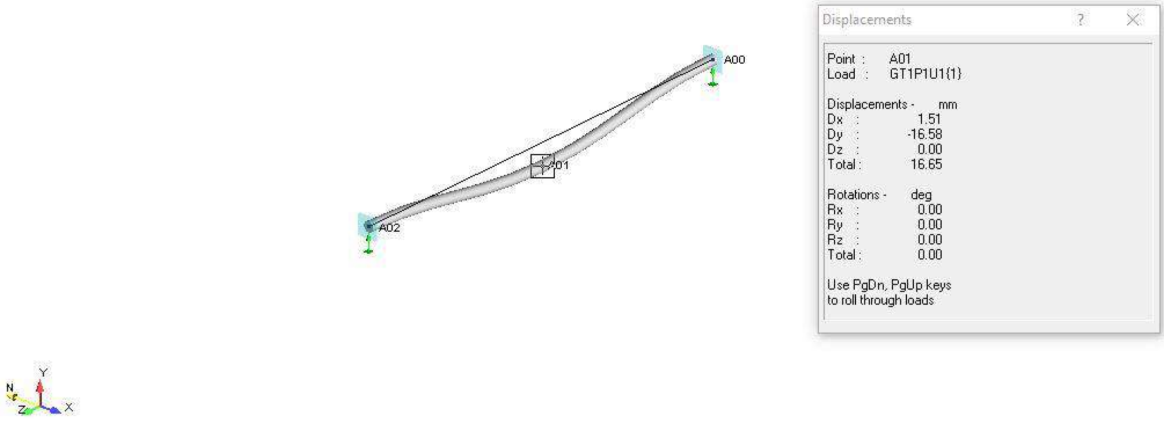
Maximum X :	-3474	Point : A00	Load Comb.: User 1{1}
Maximum Y :	39941	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Z :	66610	Point : A00	Load Comb.: GT1P1{1}
Max. total:	77667	Point : A00	Load Comb.: GT1P1{1}

Maximum pipe moments (N.m)

Maximum X :	-129806	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}
Maximum Y :	-11290	Point : A00	Load Comb.: User 1{1}
Max. total:	129806	Point : A00	Load Comb.: Gravity{1}

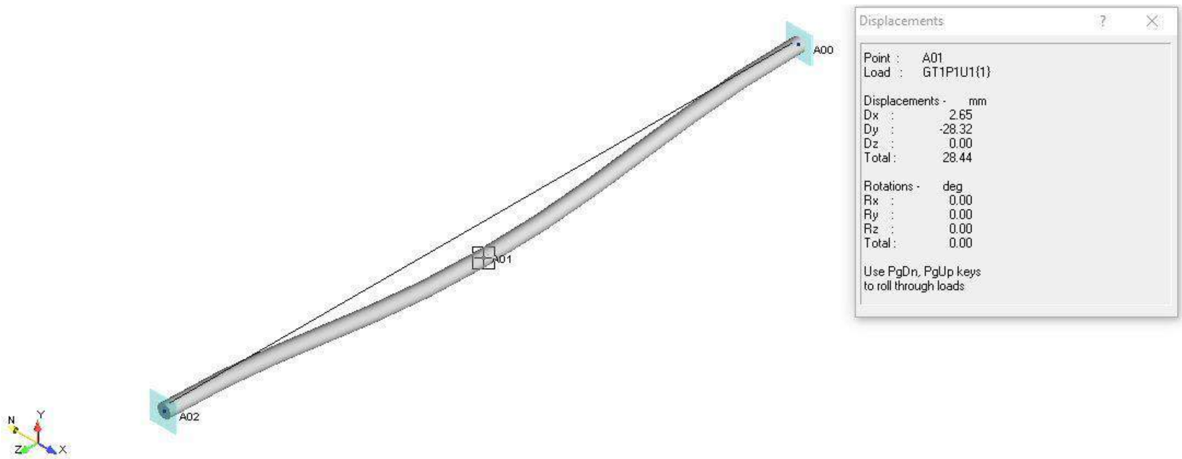
LAMPIRAN VI
Hasil Pemodelan Defleksi Autopipe

1. **Pemodelan defleksi FS 1**

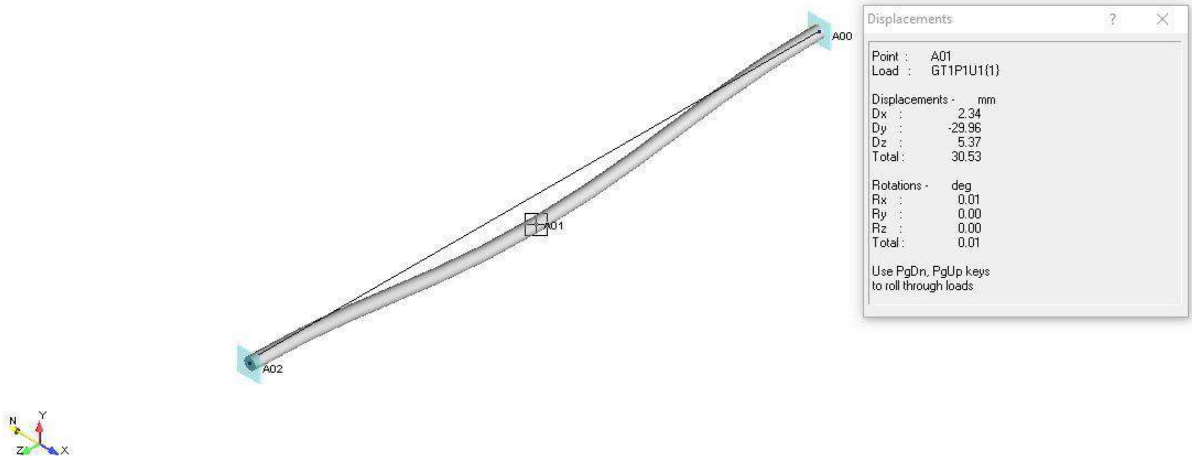


2. **Pemodelan defleksi FS 2**

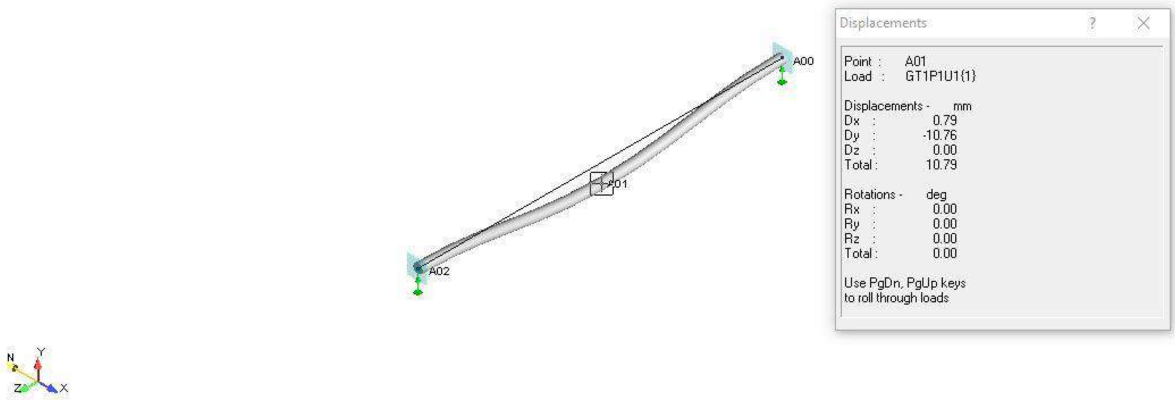
3. **Pemodelan defleksi FS 3**



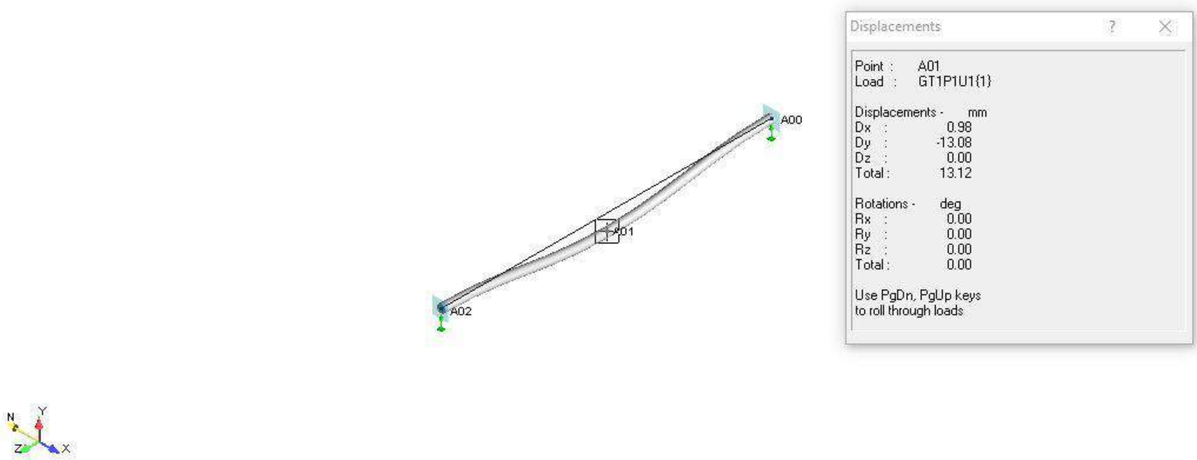
4. Pemodelan defleksi FS 4



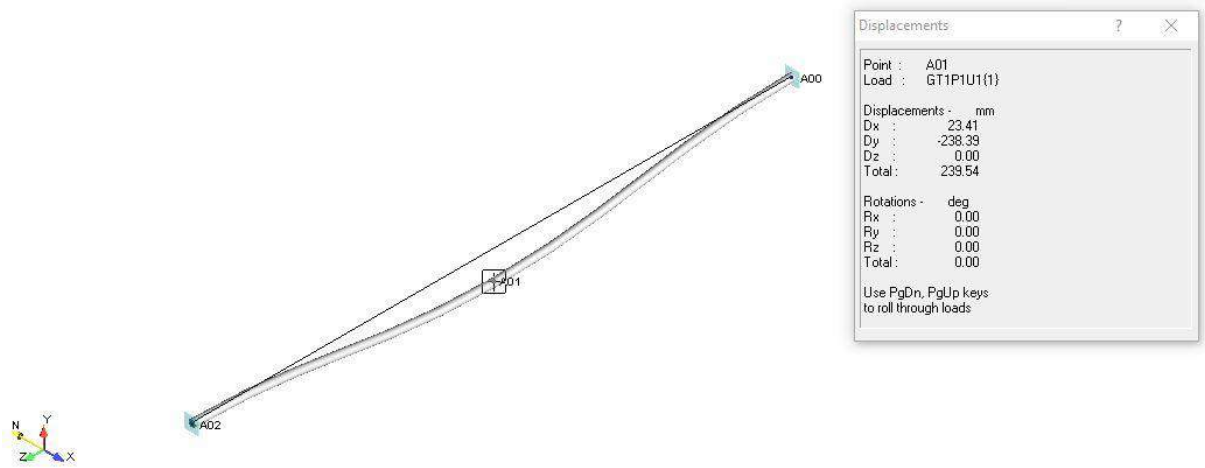
5. Pemodelan defleksi FS 5



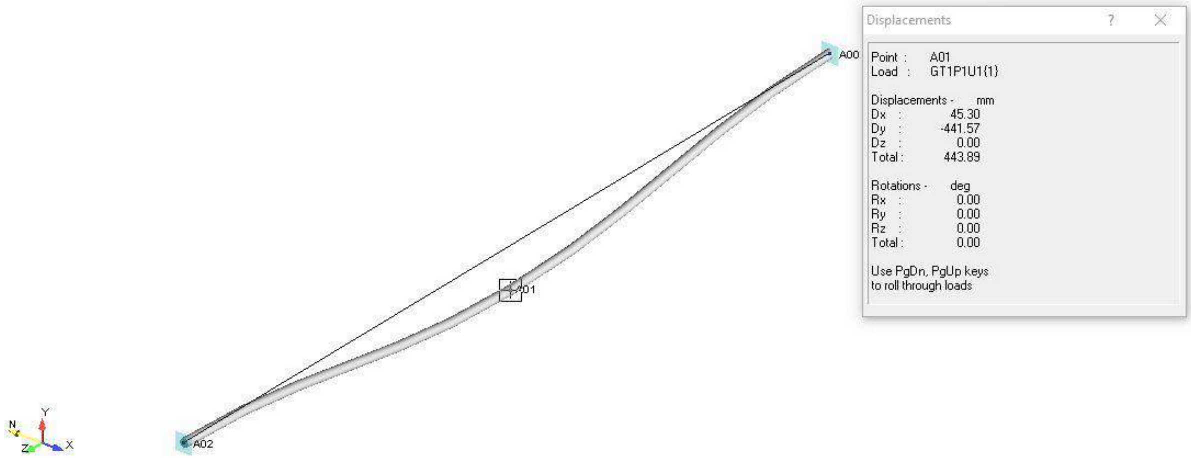
6. Pemodelan defleksi FS 6



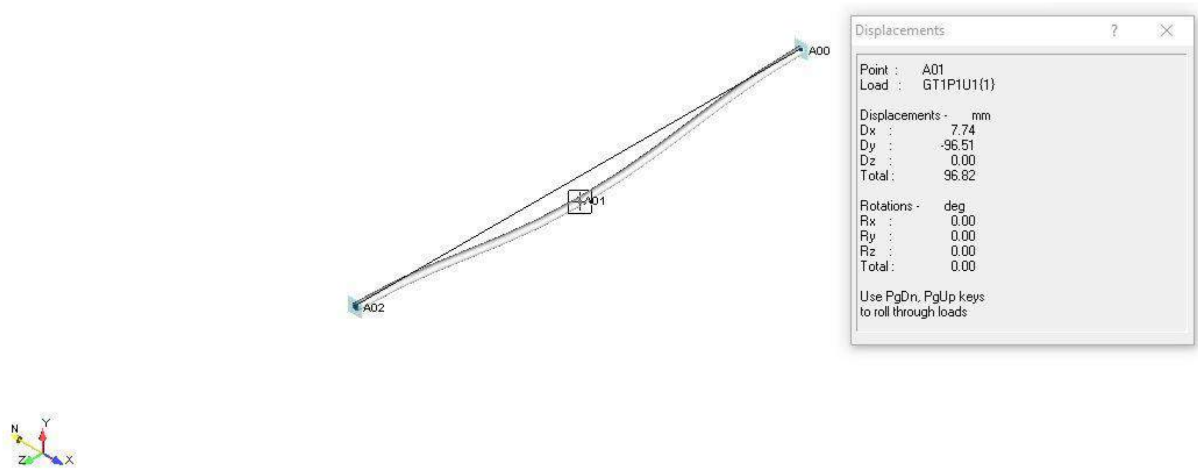
7. Pemodelan defleksi FS 7



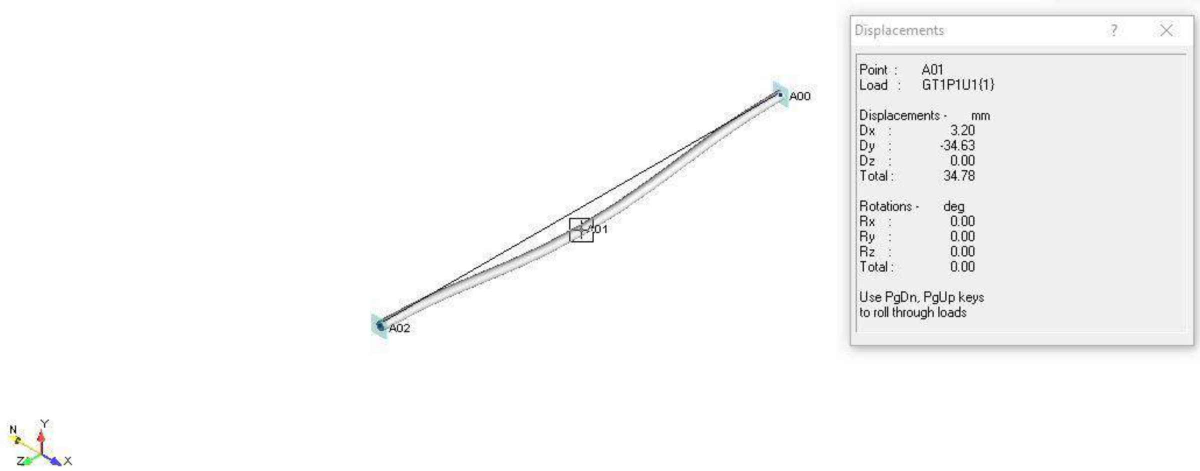
8. Pemodelan defleksi FS 8



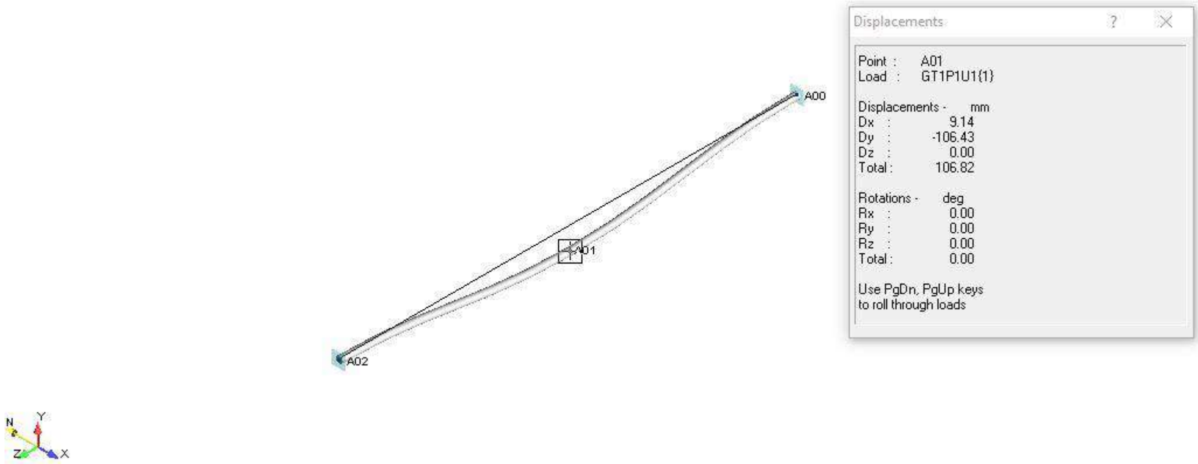
9. Pemodelan defleksi FS 9



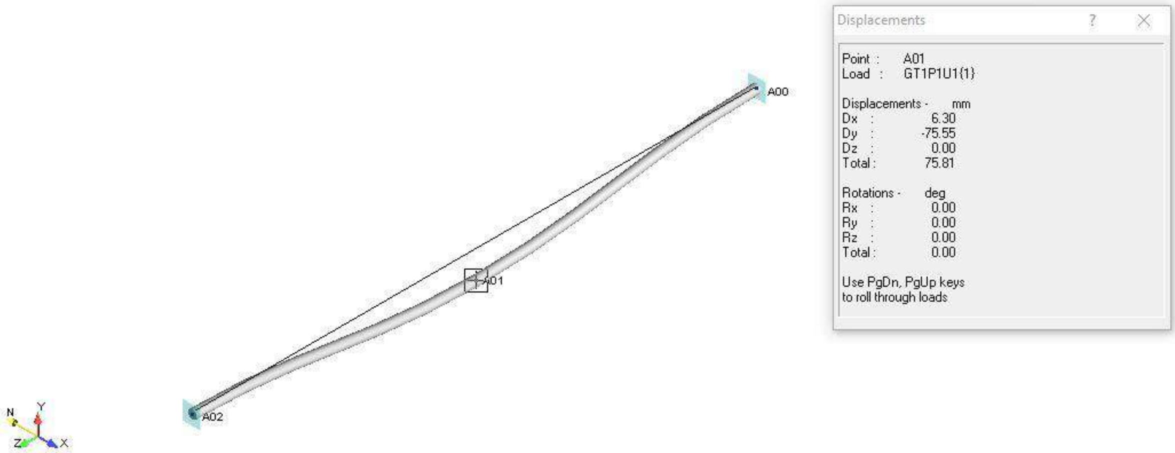
10. Pemodelan defleksi FS 10



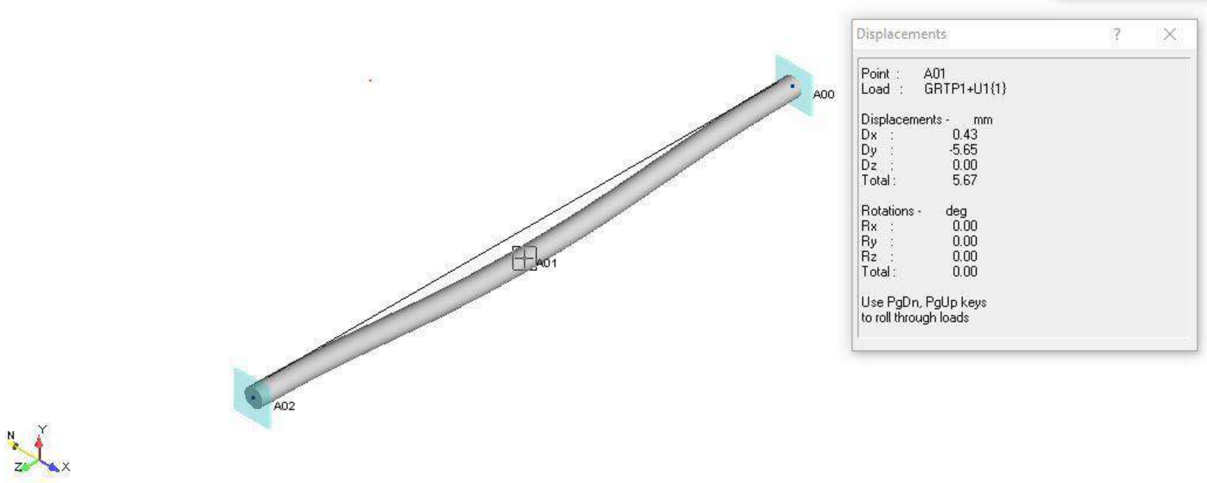
11. Pemodelan defleksi FS 11



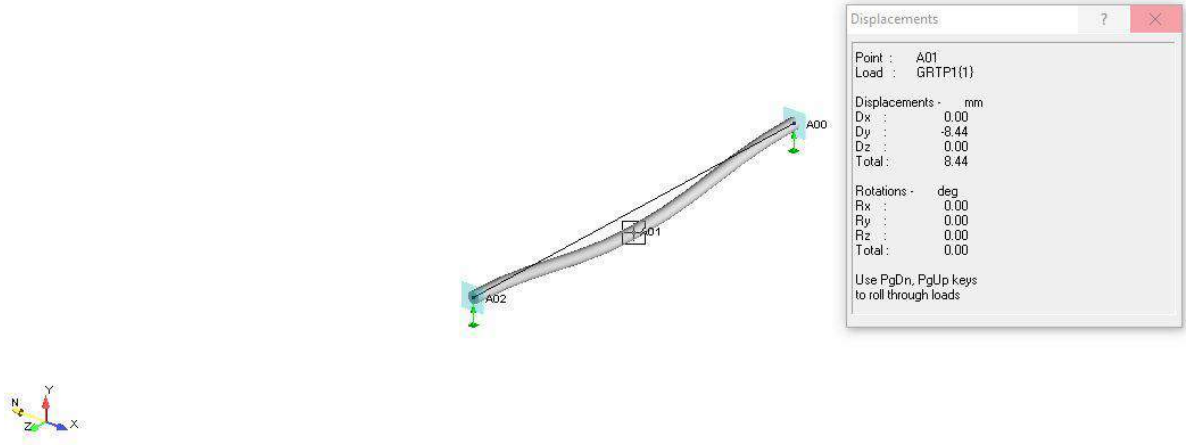
12. Pemodelan defleksi FS 12



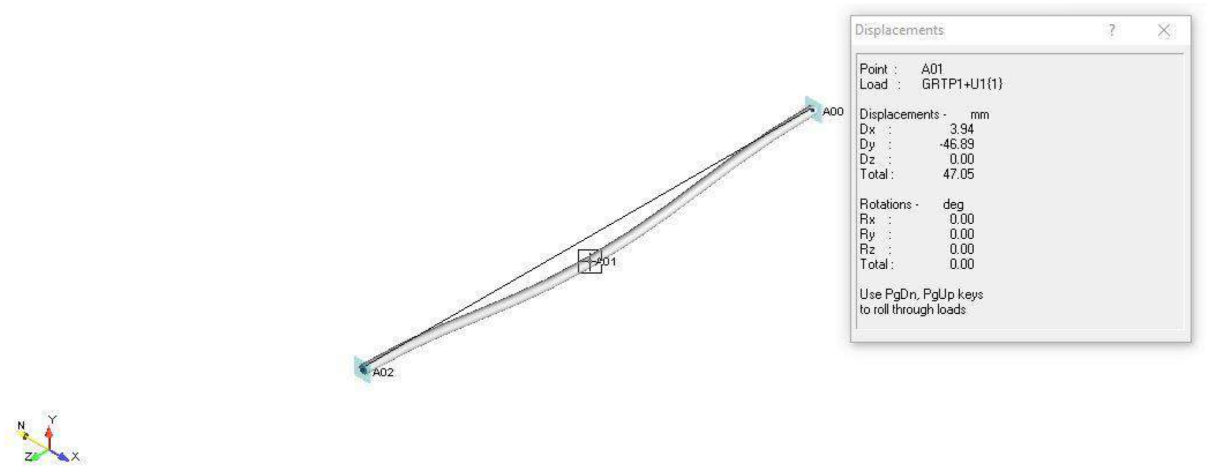
13. Pemodelan defleksi FS 13



14. Pemodelan defleksi FS 14

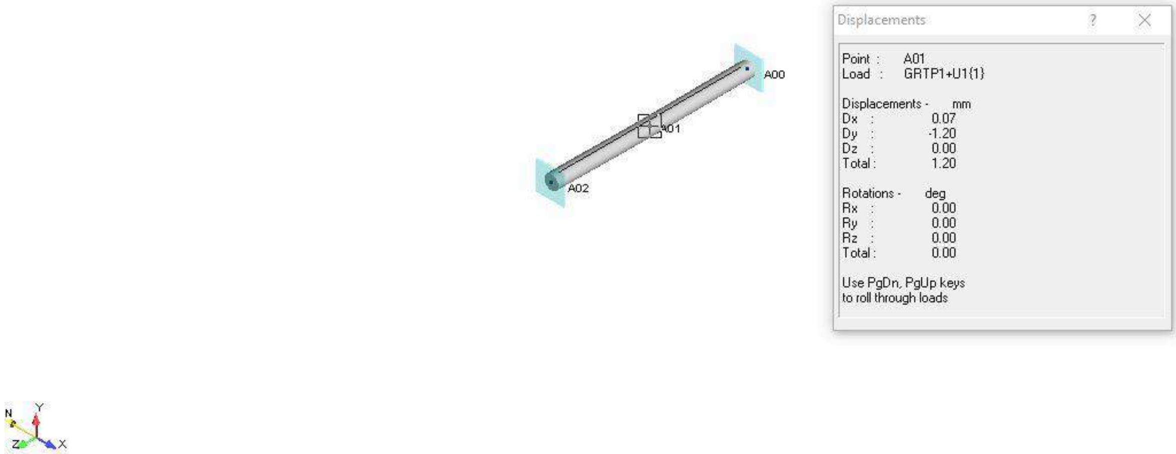


15. Pemodelan defleksi FS 15

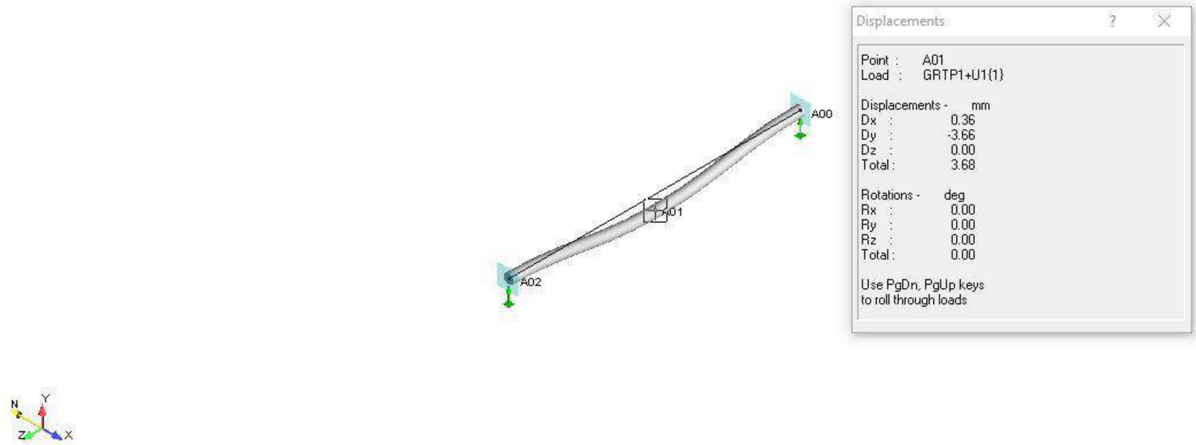


16. Pemodelan defleksi FS 16

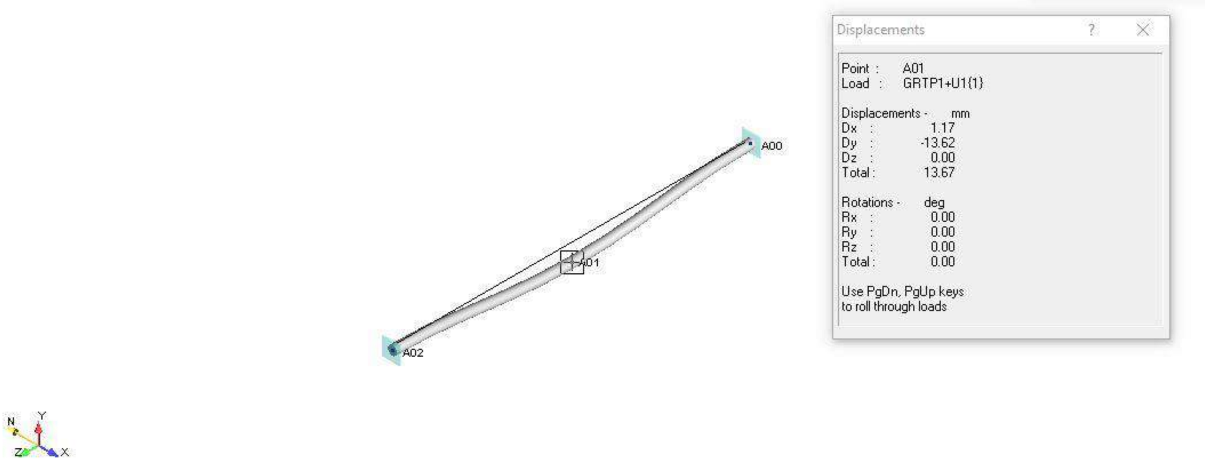
17. Pemodelan defleksi FS 17



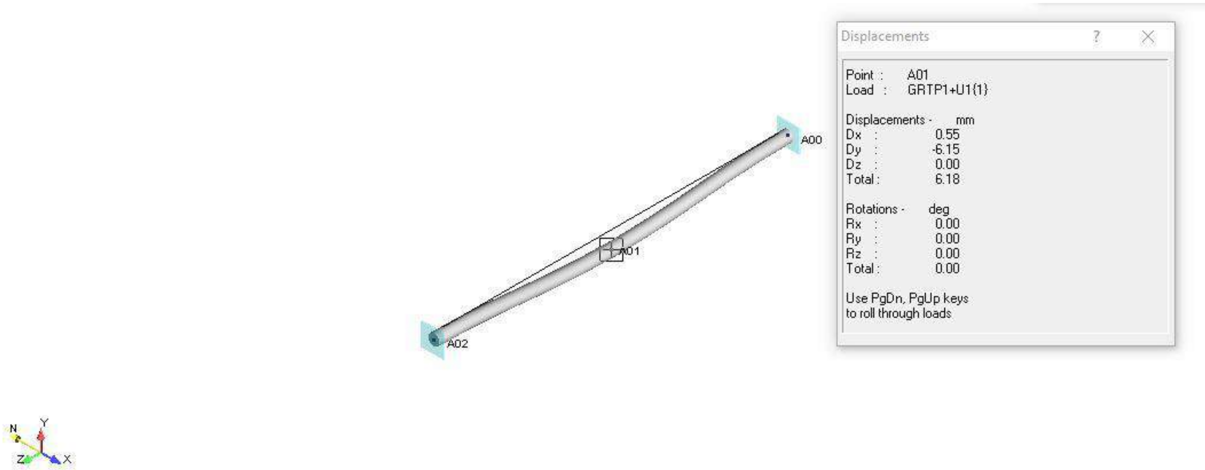
18. Pemodelan defleksi FS 18



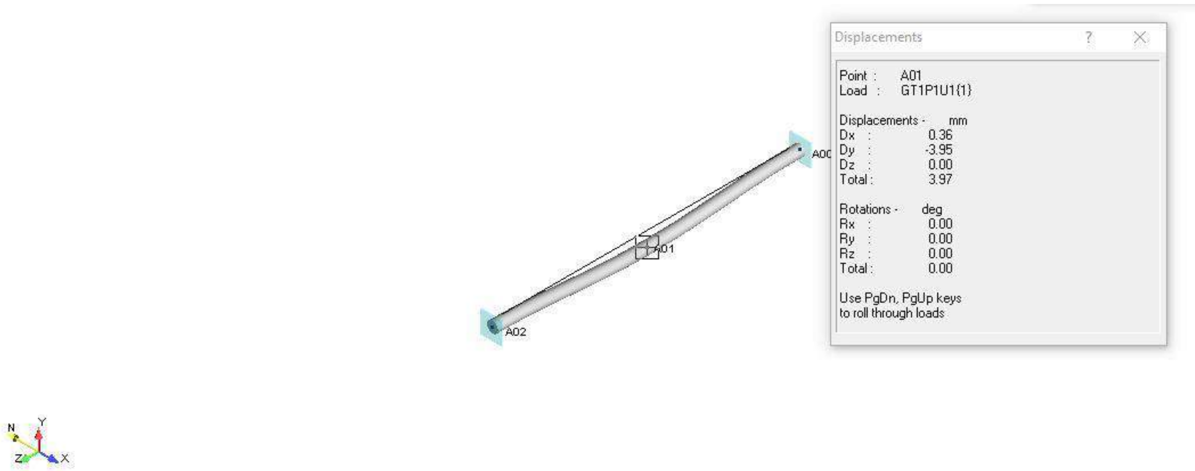
19. Pemodelan defleksi FS 19



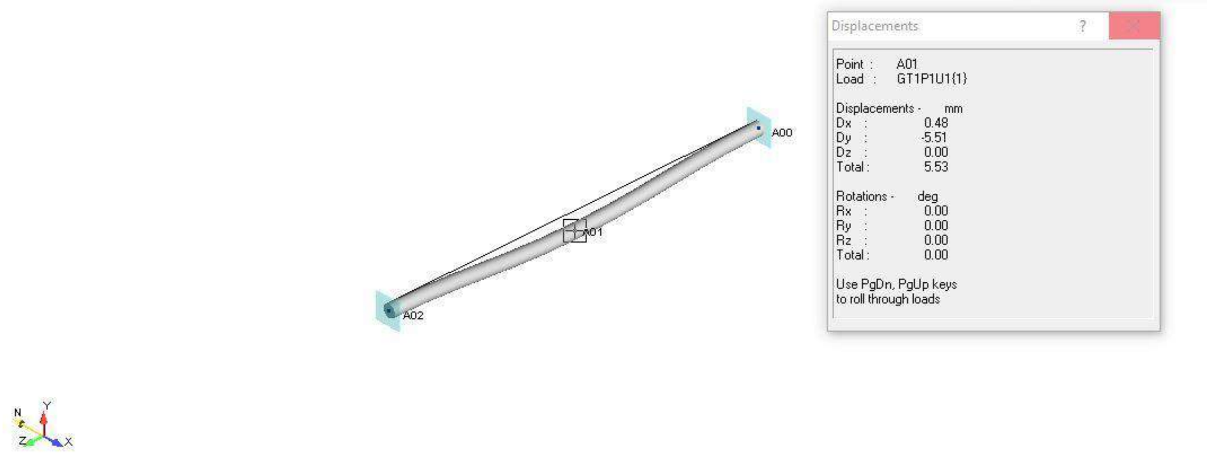
20. Pemodelan defleksi FS 20



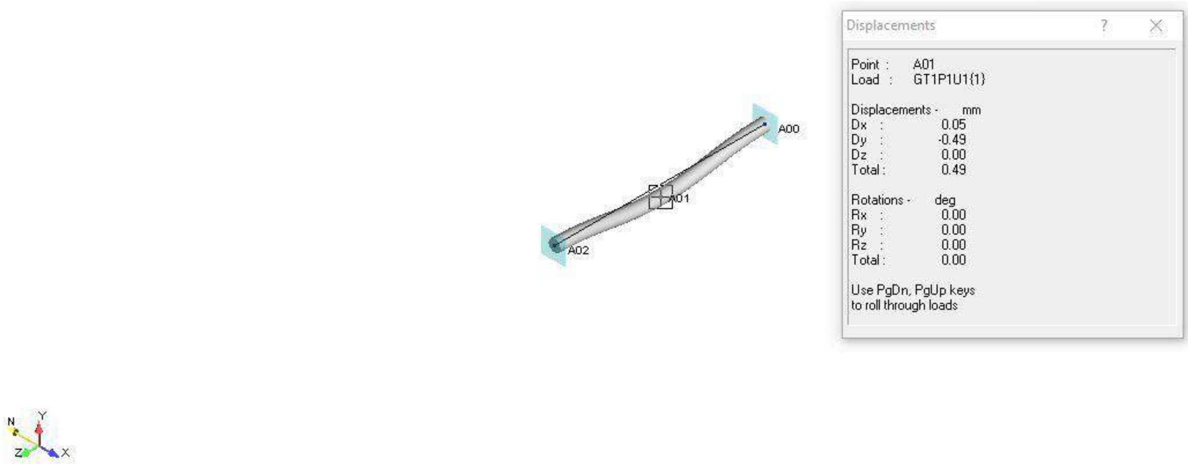
21. Pemodelan defleksi FS 22



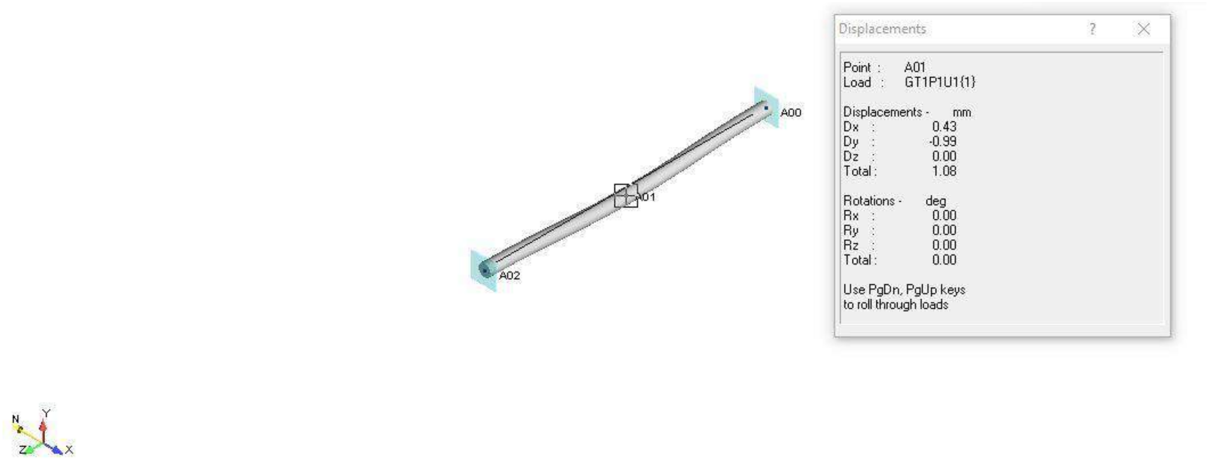
22. Pemodelan defleksi FS 23



23. Pemodelan defleksi FS 24

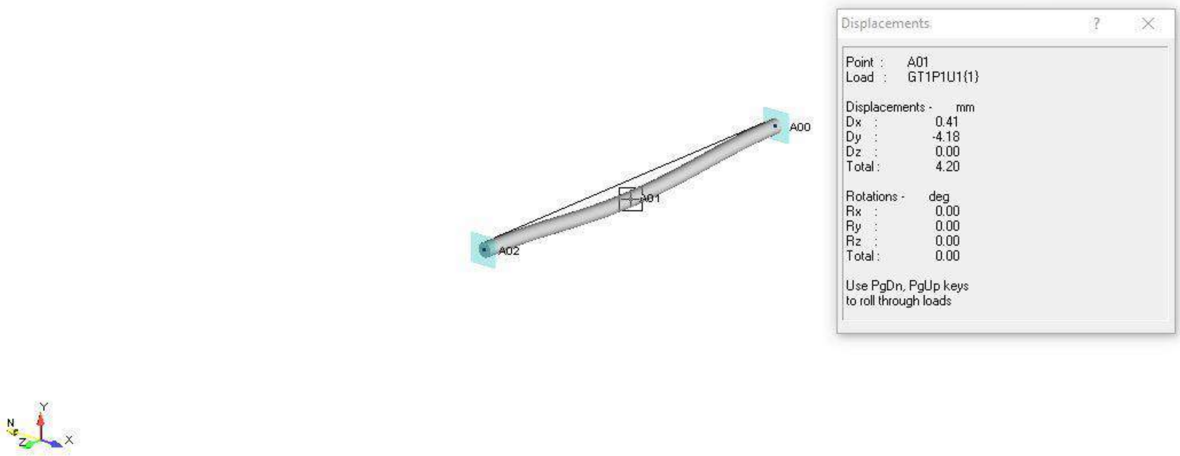


24. Pemodelan defleksi FS 26

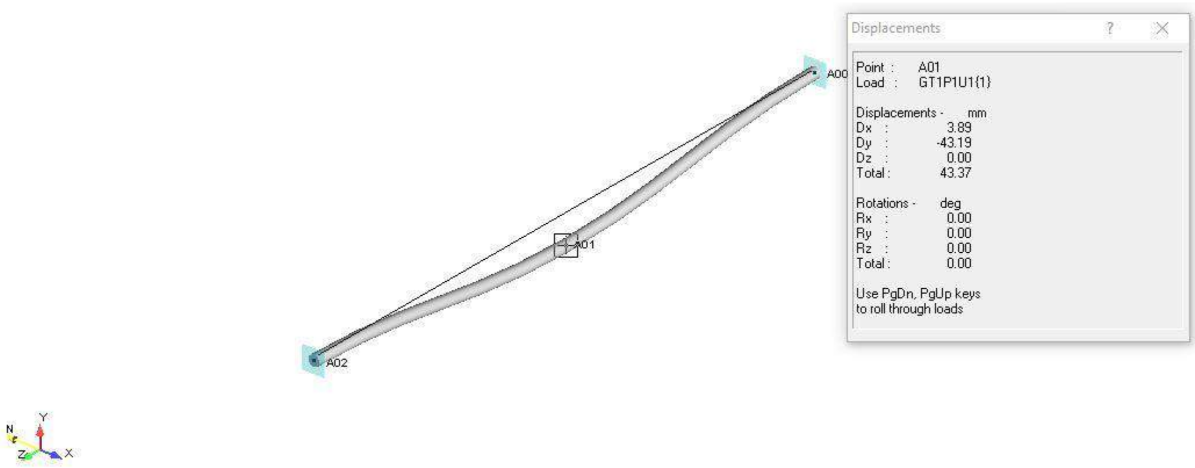


25. Pemodelan defleksi FS 27

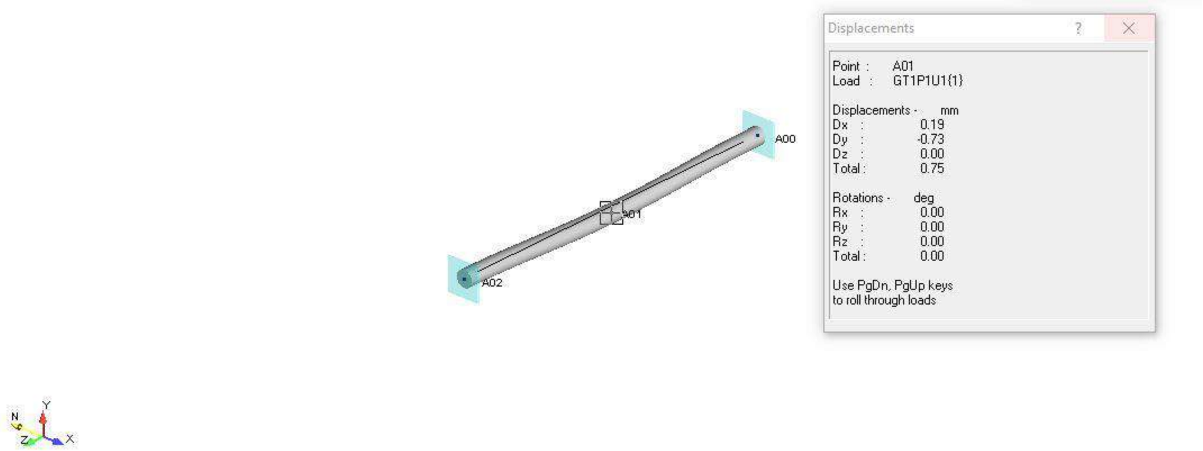
26. Pemodelan defleksi FS 28



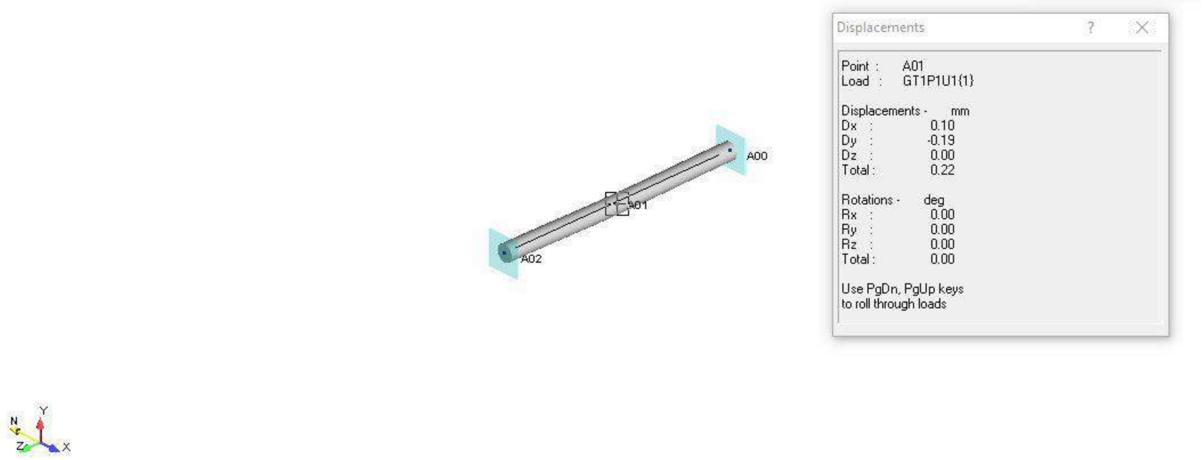
27. Pemodelan defleksi FS 30



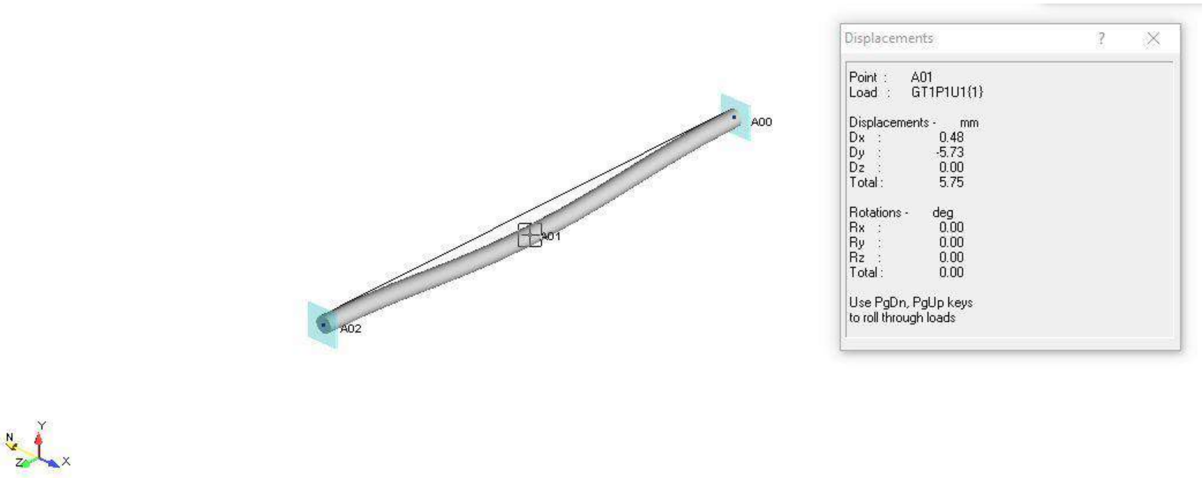
28. Pemodelan defleksi FS 31



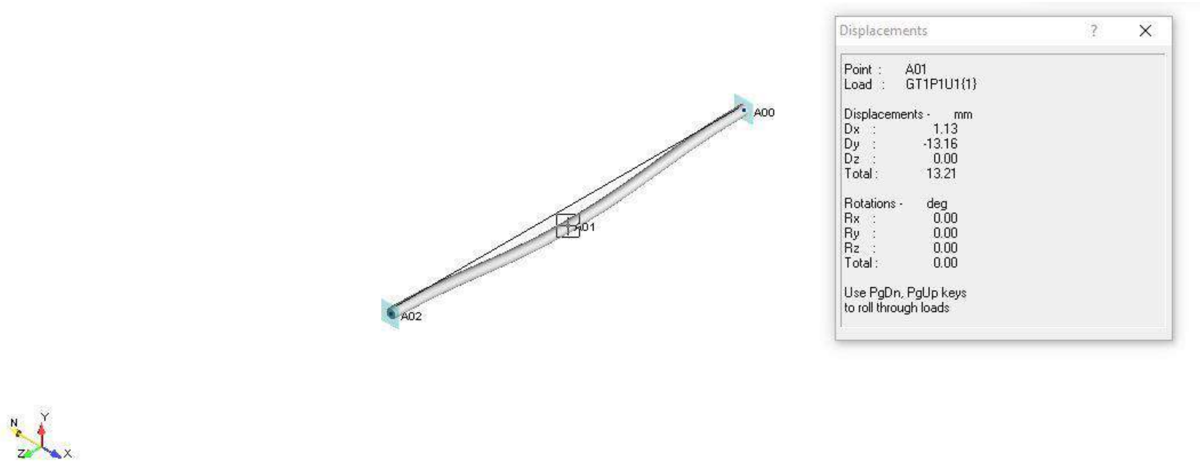
29. Pemodelan defleksi FS 32



30. Pemodelan defleksi FS 33



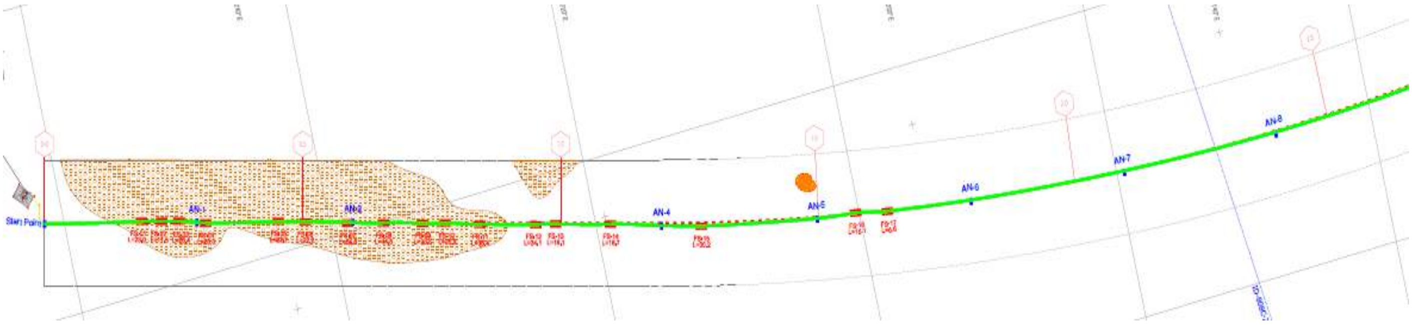
31. Pemodelan defleksi FS 34


A00
A01
A02
Displacements
Point : A01
Load : GT1P1U1(1)
Displacements - mm
Dx : 1.13
Dy : -13.16
Dz : 0.00
Total : 13.21
Rotations - deg
Rx : 0.00
Ry : 0.00
Rz : 0.00
Total : 0.00
Use PgDn, PgUp keys
to roll through loads
N
Y
Z
X

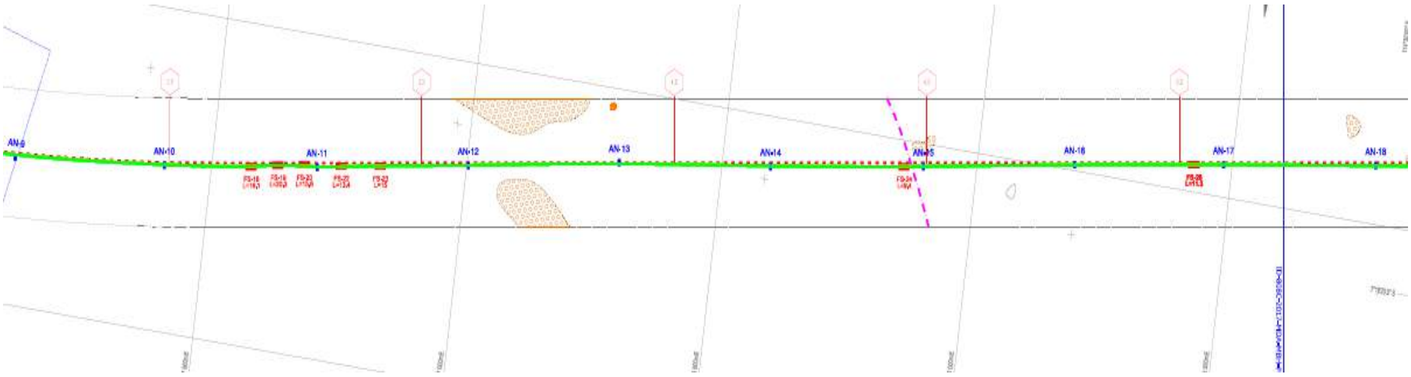
LAMPIRAN VII
Data Survey Freespan

1. Data survey freespan

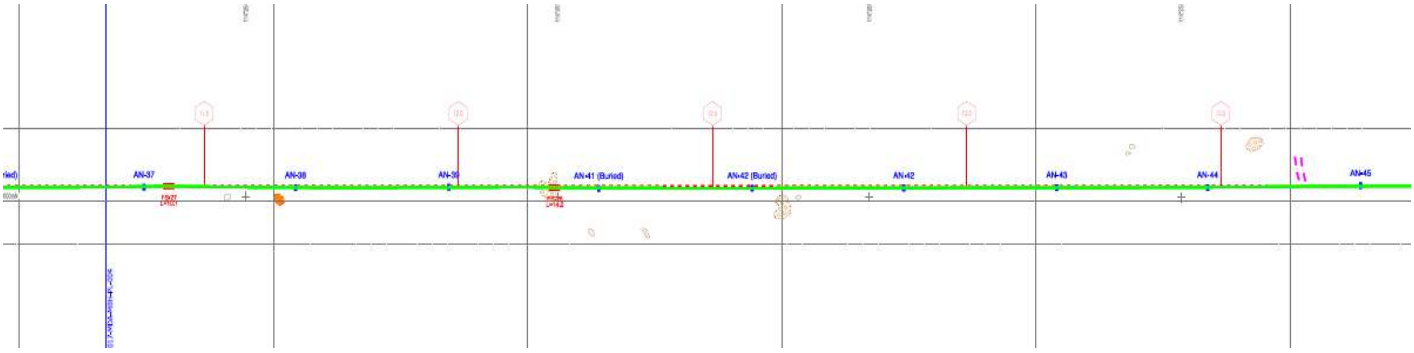
- **FS 1 – FS 17**



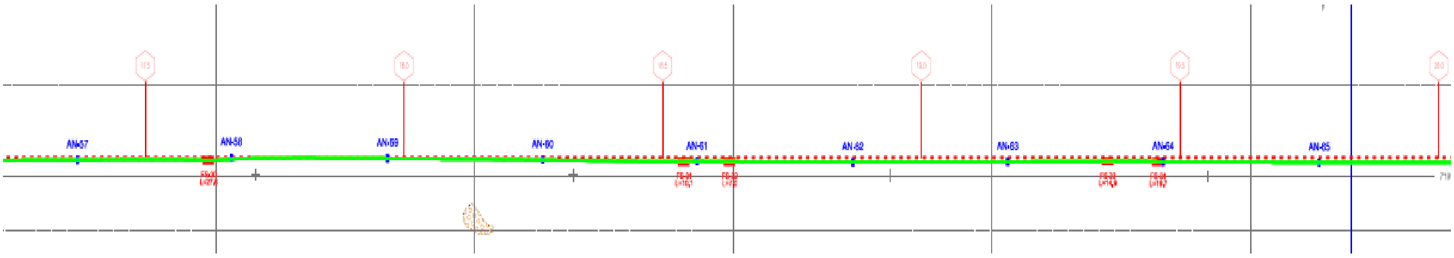
- **FS 18 – FS 26**



- **FS 27 – FS 28**



- **FS 30 – FS 34**



BIODATA PENULIS

Muhammad Fadhilah Syahran lahir di Bekasi pada tanggal 2 Mei 1997. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Islam Al-Husna Bekasi pada tahun 2009, kemudian melanjutkan ke SMPN 12 Bekasi (2009-2012). Setelah menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMAN 81 Jakarta (2012-2015), penulis melanjutkan studi S1 di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Semasa perkuliahan penulis aktif mengikuti kegiatan-kegiatan kampus seperti menjabat *Head Coordinator of Competition Division* pada OCEANO 2018 yang merupakan acara tahunan terbesar yang diadakan oleh Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti organisasi kampus, dimana penulis menjabat menjadi staff *Competition Development* di Society of Petroleum Engineers (SPE), Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Di tahun 2018, penulis mendapatkan kesempatan kerja praktek di Husky-CNOOC Madura Limited. Selain aktif di kepanitiaan dan organisasi kampus, penulis juga pernah mengikuti perlombaan *Oil Rig Design* tingkat internasional yaitu Petroweek 2016 yang diselenggarakan oleh SPE Trisakti. Pada kesempatan tersebut penulis berhasil meraih juara 2. Beberapa kompetisi lain berkaitan *Oil Rig Design* yang pernah diikuti penulis adalah Oil Expo 2016 yang diadakan oleh Himpunan Mahasiswa Perminyakan, Universitas Trisakti dan Ipweek 2017 yang diadakan oleh SPE ITB. Penulis memiliki ketertarikan pada *Deepwater* dan *Subsea Technology,* membuat penulis mempelajari bidang keahlian perancangan dan perencanaan pipa bawah laut.