

# MINIMALISASI PENGARUH WATER HAMMER TERHADAP NILAI TEGANGAN *DISCHARGE* POMPA GM 53 JALUR CY.1 DENGAN PERBANDINGAN GAS ACCUMULATOR DAN SURGE ANTI VALVE

Muslikin.<sup>1\*</sup>, Emie Santoso.<sup>2</sup>, Nopem Ariwiyono.<sup>3</sup>

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Programs Studi D-III Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2,3</sup>

Email: [Muslikin1113@gmail.com](mailto:Muslikin1113@gmail.com)<sup>1\*</sup>; [Emie.santoso@gmail.com](mailto:Emie.santoso@gmail.com)<sup>2\*</sup>; [Nopem.ppns@gmail.com](mailto:Nopem.ppns@gmail.com)<sup>3\*</sup>;

**Abstract** - Distribution of fuel oil uses pipeline to avoid water hammer, because it can inhibit distribution process. In the case study there was a water hammer at the discharge pump GM 53 line CY.1 pipe. This is caused by the sudden closing of the valve, so that the working pressure exceeds the maximum limit on the discharge pump. This study was conducted to determine the impact of water hammer pressure on pipeline stress and effective way to minimize the impact of water hammer. In this study shows the difference between the calculation of manual pressure increase and using software of 6.291%. From modeling to know the value of stress with normal condition and when water hammer difference of stress happened value 2777 Psi. In reducing the pressure spike is used the addition of accumulator and surge anti valve with pipenet modeling. The result of pipenet modeling shows more effective surge pressure of anti-valve surge in reducing the spike of pressure value.

**Keyword:** Water Hammer, Accumulator, Pipenet, Stress, Surge anti valve.

## Nomenclature

$\Delta p$	tekanan kejut
$\Delta v$	penurunan kecepatan fluida
$\alpha$	kecepatan suara fluida
<b>Sh</b>	Allowable Stress
$\Delta P$	Tekanan kejut + normal
$\sigma_{LP}$	Tegangan Tekuk
$S_L$	Sustained Loads
<b>L</b>	Jarak antar support
<b>e</b>	tebal pipa
<b>V</b>	volume fluida
$\mu$	viskositas dinamik fluida
$\rho$	masa jenis fluid

## 1. PENDAHULUAN

Pada jalur pipa *discharge* pompa GM 53 jalur CY.1 terjadi *water hammer* yang menyebabkan terjadinya kebisingan dan *shutdown*nya pompa serta dapat pecah nya dinding pipa maupun rusaknya valve, sehingga mengganggu proses pendistribusian bahan bakar minyak dari terminal transit ke depot penerima. Hal ini disebabkan oleh pengoperasian *valve* yang menutup secara tiba tiba, sehingga menghambat laju aliran fluida dalam pendistribusian. *Pipeline* CY.1 yaitu jalur pendistribusian 1 (satu) dari Cilacap ke Yogyakarta. Ketika terjadi *water hammer* maka operasional kerja terhambat, sehingga ketersediaan bahan bakar minyak di Jawa Tengah akan mengalami *dead stock* dan

mengakibatkan kerugian dari segi teknis dan ekonomis. Dari segi teknis mengganggu operasional kerja dalam pendistribusian bahan bakar minyak, sedangkan dari segi ekonomis dapat merugikan berupa material saat perbaikan pompa, valve dan pipa yang membutuhkan waktu 7 hari dalam perbaikan akibat dari *water hammer*. Akibat dari kenaikan tekanan karena *water hammer* dapat mempengaruhi naiknya nilai tegangan (*stress*) pada pipa [1]. Analisa pada *line number* KP-PP-00 jalur CY.1 pompa GM 53 yang merujuk pada Lampiran 1 dengan diameter pipa 6 inch material pipa *carbon steel* metode yang digunakan dalam penelitian yaitu perhitungan manual dan pendekatan pemodelan menggunakan *software* PIPENET dan CAESAR II.

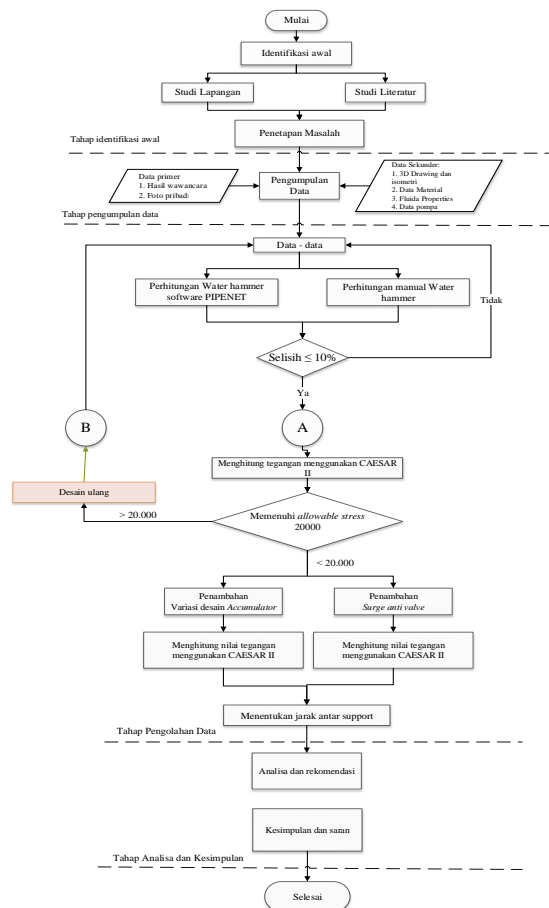
Di dalam paper ini dilakukan penelitian untuk mengetahui dan mendapatkan nilai kenaikan tekanan berdasarkan *software* dan manual, *modeling* analisis tegangan, penambahan *accumulator* dan *surge anti valve* serta penambahan *support*. Batasan paper ini fluida yang mengalir merupakan solar, mengabaikan geratan dan *Motoring Operational Valve* (MOV).

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan melakukan analisis dan perbandingan terkait mekanika fluida (Water Hammer), Tegangan dan proteksi water hammer.

Berikut merupakan diagram alir pada penelitian ini:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

## 2.2 Formulasi Matematika

Formula yang digunakan dalam perhitungan pada penelitian ini meliputi :

### 1. Water Hammer

Water hammer adalah gelombang tekanan yang disebabkan ketika cairan (biasanya cairan tapi kadang-kadang juga gas) dihentikan secara tiba-tiba. Ini umumnya terjadi ketika katup menutup secara tiba-tiba pada akhir pipa sistem dan tekanan yang dihasilkan merambat melalui pipa.

Dalam menentukan kenaikan nilai tekanan dapat melakukan metode perhitungan manual menggunakan perhitungan kenaikan tekanan [3]:

- Untuk mengetahui kecepatan suara water hammer sebagai berikut.

$$a = \sqrt{\frac{k}{1 + \left(\frac{k}{E}\right) \left(\frac{D}{t}\right)}} \quad (1)$$

- Untuk mengetahui penurunan kecepatan fluida ketika terjadi water hammer sebagai berikut.

$$\Delta V = \frac{m}{\rho \times A} \quad (2)$$

- Dalam mengetahui terjadinya hidrolisk shock ketika terjadi water hammer sebagai berikut.

$$\Delta p = \rho \times a \times \Delta v \quad (3)$$

- Untuk mengetahui kenaikan tekanan ketika terjadi water hammer sebagai berikut.

$$\Delta P = \text{tekanan normal} + \Delta p \quad (4)$$

## 2. Tegangan

Tegangan longitudinal yaitu tegangan yang arahnya sejajar dengan panjang pipa dan merupakan jumlah dari tegangan aksial (axial stress), tegangan tekuk (bending stress) dan tegangan tekanan (pressure stress). Mengenai ketiga tegangan ini dapat di perhitungkan sebagai berikut [2] :

1. Tegangan aksial ( $\sigma_{ax}$ ) tegangan yang ditimbulkan oleh gaya Fax yang bekerja searah dengan sumbu pipa. Nilai dari tegangan aksial dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\sigma_{ax} = \frac{F_{ax}}{A_m} \quad (5)$$

2. Tegangan tekuk ( $\sigma_b$ ) adalah tegangan yang ditimbulkan oleh momen (M) yang bekerja diujung-ujung pipa. Nilai dari tegangan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :

$$\sigma_b = \frac{M_b c}{I} \quad (6)$$

3. Tegangan longitudinal tekan ( $\sigma_{LP}$ ) adalah tegangan yang ditimbulkan oleh gaya tekan internal (P) yang bekerja pada dinding pipa dan searah sumbu pipa. Nilai dari tegangan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut.

$$\sigma_{LP} = \frac{PA_i}{A_m} = \frac{Pd_i^2}{d_o^2 - d_i^2} = \frac{Pd_i^2}{4td_m} = \frac{Pd_0}{4t} \quad (7)$$

4. Beban sustain adalah beban yang bekerja secara terus-menerus pada pipa. Tegangan yang terjadi pada beban sustain merupakan hasil dari jumlah tegangan longitudinal  $S_L$  akibat tekanan, berat, dan beban sustain lain dengan tidak melebihi dari  $S_h$  ( $S_L < S_h$ ).

$$S_L = \frac{F_{ax}}{A_m} + \frac{Mbc}{I} + \frac{p \cdot do}{4t} \quad (8)$$

### 3. Support

Support pada pipa sangat diperlukan, karena tanpa support pipa tidak akan bisa menahan bebannya sendiri. Dalam penentuan support, ada standar yang ditentukan dalam pemasangannya, terutama jarak antar support. Nama lain jarak antar support dalam dunia perpipaan ialah span. Dalam menggunakan perhitungan Jarak antar support yang merujuk pada *Analysis Pipe Stress* sebagai berikut [5]:

$$L = \sqrt{\frac{0.4 Z Sh}{W}} \quad (9)$$

Span yang diizinkan menurut standar tertulis sebagai berikut [2]:

Tabel 1: Jarak antar support

Nominal Pipe Size, NPS	Diameter Nominal, DN	Suggested Maximum Span			
		Water Service		Steam, Gas, or Air Service	
		ft	m	ft	m
1	25	7	2.1	9	2.7
2	50	10	3.0	13	4.0
3	80	12	3.7	15	4.6
4	100	14	4.3	17	5.2
6	150	17	5.2	21	6.4
8	200	19	5.8	24	7.3
12	300	23	7.0	30	9.1
16	400	27	8.2	35	10.7
20	500	30	9.1	39	11.9
24	600	32	9.8	42	12.8

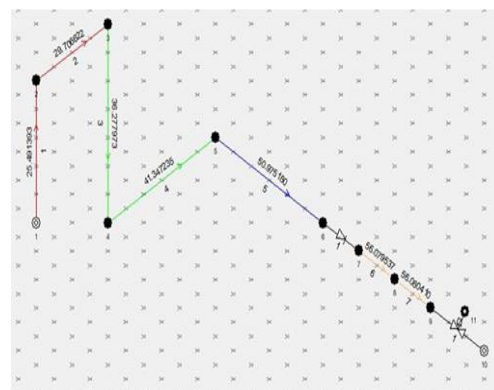
### 4. Proteksi Water Hammer

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan proteksi *water hammer* dengan membandingkan surge anti valve dan accumulator sesuai dengan penjelasan. *Surge anti valve* diletakkan dalam sistem untuk mencegah tekanan kejut. *Surge anti valve* berbentuk valve yang terkoneksi dengan perpipaan. Pada *surge anti valve* terdapat sensor tekanan bila terjadi tekanan berlebih maka valve akan terbuka, yang mana untuk mengurangi efek tekanan kejut. *Accumulator* terkoneksi pada sistem perpipaan untuk mencegah terjadinya *water hammer*. *Accumulator* terdiri dari tangki berbentuk silinder yang terkoneksi dengan perpipaan. Pemasangan gas accumulator pada umumnya dipasang pada discharge pompa untuk mengurangi fluktuasi tekanan mendadak sebagai akibat pengoperasian dan kegagalan pompa beroperasi.

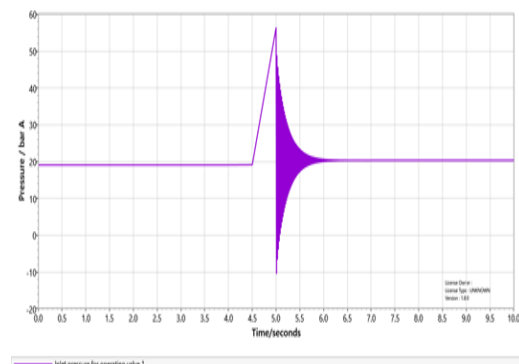
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Perhitungan water hammer

Dalam metode ini menggunakan perhitungan manual atau menggunakan pendekatan pemodelan dengan *software pipenet*. Pada perhitungan manual yaitu *wavespeed* fluida  $3933.859 \frac{ft}{s}$  dengan mengalami penurunan kecepatan  $11.141 \frac{ft}{s}$  dengan kondisi tersebut terjadinya kenaikan tekanan akibat *water hammer* sebesar 52.552 bar dalam kondisi aliran fluida *turbulen*. Dari perhitungan manual dengan pemodelan pipenet didapatkan hasil dengan pemodelan menggunakan pipenet didapatkan hasil 56.080 Bar dan perhitungan manual 52.552 Bar dengan selisih sebesar 6.291%.



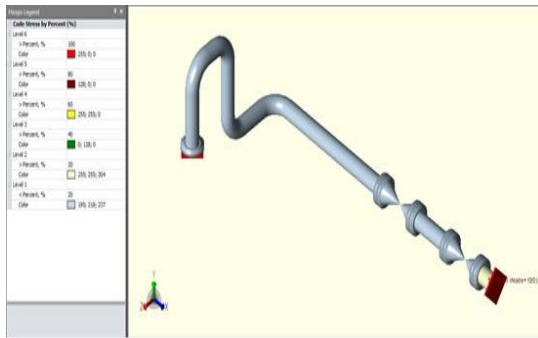
Gambar 2. Hasil output pipenet nilai tekanan tiap node



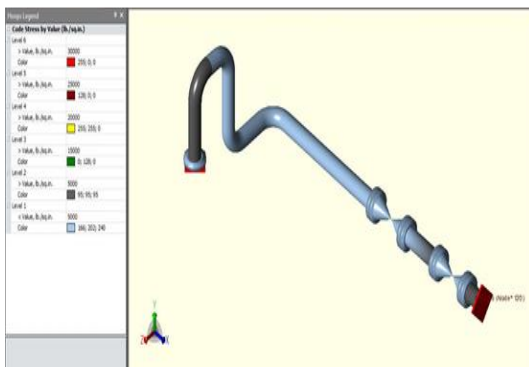
Gambar 3. Hasil output pipenet grafik kenaikan tekanan

### 3.2 Modeling Tegangan

Pada kondisi normal nilai tegangan maksimal sebesar 5606.6 Psi dan pada kondisi *water hammer* nilai tegangan maksimal yang terjadi 8383.6 dengan selisih nilai tegangan 2777 Psi. Jadi dengan naiknya tekanan dan nilai tegangan maka dibutuhkan peredam, yaitu dengan membandingkan *accumulator* dan *surge anti valve*. Pemodelan untuk mengetahui nilai tegangan menggunakan *software Caesar II* sebagai berikut:



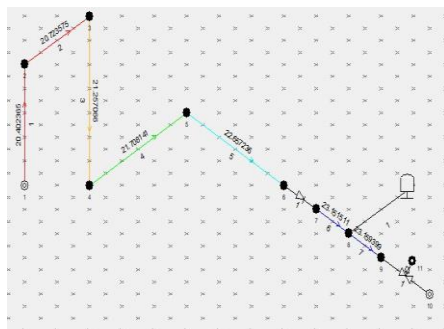
Gambar 4. Pemodelan software caesar kondisi normal



Gambar 5. Pemodelan software caesar kondisi water hammer

### 3.3 Proteksi Water Hammer

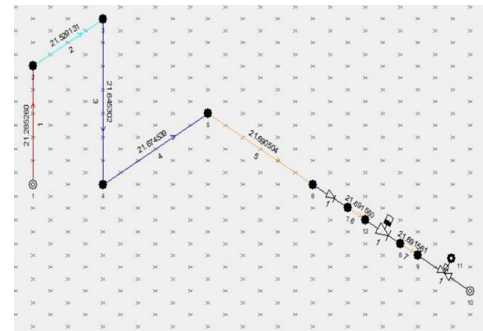
Pada penambahan proteksi *water hammer* menggunakan *accumulator* dengan model yang efektif dengan tinggi 1,7 meter dan diameter 0,267 meter. Untuk nilai tegangan maksimal 5829 Psi dengan pemasangan 3 support dengan jarak 93.682 inch.



Gambar 6. Pemodelan dengan penambahan accumulator

Tabel 2: Variasi desain penambahan accumulator

Model	M	D	T	P <sub>wh</sub>	P <sub>acc</sub>
odel	(mm)	(mm)	(bar)	(Bar)	(Bar)
odel 1	M	2	1	5	3
odel 2	M	67.4	200	6.08	2.214
odel 3	M	2	1	56.08	8.059
odel 4	M	67.4	500	5	2
odel 5	M	67.4	700	6.08	3.159



Gambar 7. Pemodelan dengan penambahan surge anti valve

Pada pemodelan ini juga dilakukan 3 kali variasi ukuran valve yang digunakan sesuai dengan tabel 4 dan didapatkan hasil paling optimal yaitu dengan valve ukuran 6 inch. Untuk nilai tegangan maksimal 5825.9 Psi dengan pemasangan 4 support dengan jarak 127.975 inch. Pada penambahan proteksi *surge anti valve* dibutuhkan aliran balik untuk membalikan fluida ke tanki.

Tabel 3: Variasi desain penambahan surge anti valve

No	Model	D (Inch)	P <sub>wh</sub> (Bar)	P.S.A.V (Bar)
1	Model 1	6	56.080	21.691
2	Model 2	8	56.080	22.368
3	Model 3	10	56.080	26.740

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan besarnya nilai perhitungan *software* dan manual selisih perhitungannya yaitu 6.291 % dengan nilai tegangan mengalami kenaikan nilai tegangan sebesar 2777 Psi. Pada penelitian ini menggunakan model 3 *accumulator* dengan hasil yang terbaik dengan nilai penurunan tekanan 23.159 Sedangkan untuk *surge anti valve* hasil yang terbaik dengan nilai 21.691 Bar, tetapi harus ada penambahan aliran balik ke tanki. Jarak antar support ketika penambahan accumulator jumlah support 3 dan surge anti valve jumlah support yang digunakan 4 support.

### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada paper ini penulis ucapkan terimakasih kepada Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, ilmu dan hidayah kepada penulis. Kepada kedua orang tua (Bapak Sidi dan Ibu Marinten) yang telah memberikan banyak kasih sayang, nasehat hidup, doa, dukungan moril serta materil, dan segalanya bagi penulis dan Kepada Ibu Ir. Emie Santoso, M.T. dan Bapak Nopem Ariwiyono, S.T.,M.T sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan banyak bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan tugas akhir.

## 6. PUSTAKA

- [1] Adi, S.Tri, Hari Prastowo dan Beni Cahyono, 2014. *Analisa Pengaruh Water Hammer Terhadap Nilai Stress Pipa pada Sistem Loading - Offloading PT.DABN*. Surabaya: POMITS.
- [2] ASME B31.1, A., 2016. *Power Piping*. New York: The America Society of Mechanical Engineer.
- [3] Caesar, 2014. *User's Guides*. United State America: CAESAR II.
- [4] Chamsudi, A., 2005. *DIKTAT - PIPING STRESS ANALYSIS*. Jakarta: PT. Rekayasa Industri.
- [5] Sam Kannapan, P., 1986. *Introduction to pipe stress analysis*. Canada: John Willey & Sons, Inc.

**(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)**