

Analisa Aliran Fluida Pada Pipa Spiral Dengan Variasi Diameter Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)

Dr., Ir. Ahmad Indra. S ^{*}), Ridwan. ST.,MT ^{*}), Irwan Setiawan ^{**})

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Gunadarma
Depok, Indonesia

Abstraksi

Pipa merupakan alat transportasi fluida yang sangat murah, pipa memiliki berbagai ukuran dan bentuk penampang. Penurunan tekanan aliran didalam pipa sangat penting untuk diketahui guna merancang sistem perpipaan. Kekasaran pipa, panjang pipa, diameter pipa, jenis fluida, kecepatan dan bentuk aliran adalah hal yang sangat terkait dengan penurunan tekanan (*Pressure Drop*). Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat efek dari perubahan diameter terhadap penurunan tekanan (*pressure drop*) pada pipa spiral.

Simulasi dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui secara teknis faktor penting pada penurunan tekanan (*pressure drop*) pada pipa spiral. Dengan bantuan aplikasi CFD dilakukan variasi diameter yang mempengaruhi penurunan tekanan.

PENDAHULUAN

Fluida adalah suatu yang tidak bisa lepas dari kehidupan sehari-hari kita, dimanapun dan kapanpun kita berada, fluida selalu mempengaruhi berbagai kegiatan kita dalam kehidupan sehari-hari kita baik itu dalam bentuk liquid ataupun gas.

Aliran fluida didalam pipa pada kenyataannya mengalami penurunan tekanan seiring dengan panjang pipa yang dilalui fluida tersebut. Menurut teori dalam mekanika fluida, hal ini disebabkan karena fluida yang mengalir memiliki viskositas. Viskositas ini menyebabkan timbulnya gaya geser yang sifatnya menghambat. Untuk melawan gaya geser tersebut diperlukan energi sehingga mengakibatkan adanya energi yang hilang pada aliran fluida. Energi yang hilang ini mengakibatkan

penurunan tekanan aliran fluida atau disebut juga kerugian tekanan (*head loses*).

LANDASAN TEORI

Definisi Fluida

Fluida secara khusus didefinisikan sebagai zat yang berdeformasi terus menerus selama dipengaruhi suatu tegangan geser. Sebuah tegangan geser terbentuk apabila sebuah gaya tangensial bekerja pada sebuah permukaan. Apabila benda-benda padat biasanya seperti baja atau logam-logam lainnya dikenai oleh suatu tegangan geser, mula-mula benda itu akan berdeformasi (biasanya sangat kecil), tetapi tidak akan terus menerus berdeformasi (mengalir).

Macam-macam Aliran Fluida

Mekanika fluida adalah ilmu yang mempelajari tentang tipe-tipe aliran fluida dalam medium yang berbeda-beda. Aliran fluida terbagi atas beberapa kategori, dibagi berdasarkan sifat-sifat yang paling dominan dari aliran tersebut, atau berdasarkan jenis dari fluida yang terkait.

Berdasarkan pergerakannya aliran fluida terdiri dari

- **Steady Flow**

Steady flow merupakan suatu aliran fluida dimana kecepatannya tidak terpengaruh oleh perubahan waktu, sehingga kecepatan konstan pada setiap titik pada aliran tersebut.

- **Non Steady Flow**

Non steady flow terjadi apabila ada suatu perubahan kecepatan pada aliran tersebut terhadap perubahan waktu.

- **Uniform Flow**

Uniform flow merupakan aliran fluida yang terjadi besar dan arah dari vector-vector kecepatan tidak berubah dari suatu titik ke titik berikutnya dalam aliran fluida tersebut.

- **Non Uniform Flow**

Aliran ini terjadi jika besar dan arah vector-vector kecepatan fluida selalu berubah terhadap lintasannya. Ini terjadi apabila luas penampang medium fluida juga berubah.

Aliran fluida berdasarkan gaya yang bekerja pada fluida tersebut:

- **Aliran Laminar**

Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan, atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara merata. Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan-kecenderungan terjadinya gerakan relative antara lapisan. Sehingga aliran laminar memenuhi pasti hukum viskositas Newton, yaitu:

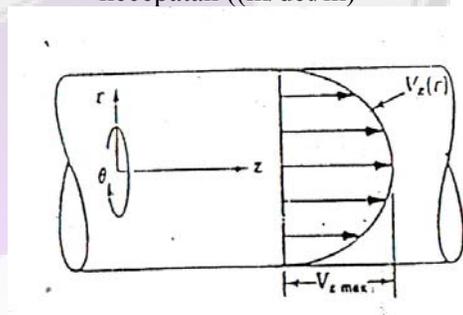
$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

dimana :

τ = tegangan geser pada fluida (N/m²)

μ = viskositas dinamik fluida (kg/m.det)

du/dy = gradient kecepatan ((m/det/m))



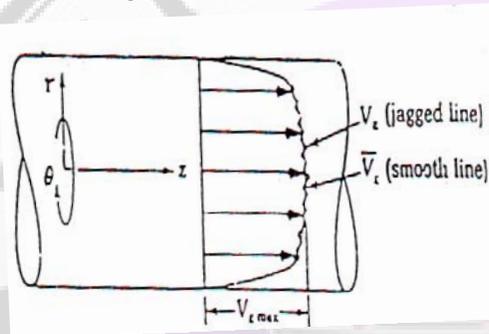
Gambar 2.1^[3]

Distribusi kecepatan aliran laminar pada pipa tertutup

- **Aliran Turbulen**

Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan partikel-partikel fluida sangat tidak menentu

karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi mengakibatkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian-kerugian aliran.



Gambar 2.2^[3]

Distribusi kecepatan aliran turbulen Dalam pipa tertutup pada arah aksial

- **Aliran Transisi**

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen.

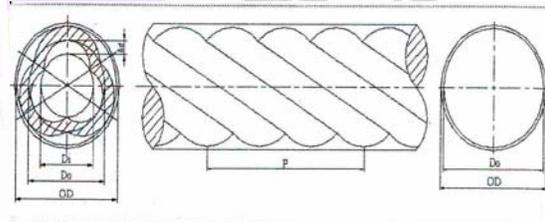
Aliran berdasarkan bisa tidaknya dicompres

- **Compressible flow**, dimana aliran ini merupakan aliran yang mampu mampat.

Incompressible flow, aliran tidak mampu mampat.

Pipa Spiral

Pipa merupakan alat transportasi fluida yang murah. Pipa memiliki berbagai ukuran dan bentuk penampang salah satunya adalah pipa spiral. Namun pipa yang berpenampang lingkaran (pipa sirkular) adalah pipa yang paling banyak digunakan. Pipa spiral memiliki dimensi diameter luar pipa (OD), tebal pipa (t), diameter dalam spiral (Di), diameter luar spiral (Do) dan panjang pitch pipa spiral (P) seperti gambar 2.4



Gambar 2.4 Dimensi Pipa Spiral

CFD (Computational Fluid Dynamics)

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah metode perhitungan dengan sebuah control dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya. Prinsipnya adalah suatu ruang yang berisi fluida yang akan dilakukan penghitungan dibagi-bagi menjadi beberapa bagian, hal ini sering disebut dengan sel dan prosesnya dinamakan meshing. Bagian-bagian yang terbagi tersebut merupakan sebuah kontrol penghitungan yang akan dilakukan adalah aplikasi. Kontrol-kontrol

penghitungan ini beserta kontrol-kontrol penghitungan lainnya merupakan pembagian ruang yang disebut tadi atau meshing. Nantinya, pada setiap titik kontrol penghitungan akan dilakukan penghitungan oleh aplikasi dengan batasan domain dan boundary condition yang telah ditentukan. Prinsip inilah yang banyak dipakai pada proses penghitungan dengan menggunakan bantuan komputasi komputer. Contoh lain penerapan prinsip ini adalah Finite Element Analysis (FEA) yang digunakan untuk menghitung tegangan yang terjadi pada benda solid.

Sejarah CFD berawal pada tahun 60-an dan terkenal pada tahun 70-an awalnya pemakaian konsep CFD hanya digunakan untuk aliran fluida dan reaksi kimia, namun seiring dengan perkembangannya industri ditahun 90-an membuat CFD makin dibutuhkan pada berbagai aplikasi lain. Contoh sekarang ini banyak sekali paket-paket software CAD menyertakan konsep CFD yang dipakai untuk menganalisa stress yang terjadi pada desain yang dibuat. Pemakaian CFD secara umum dipakai untuk memprediksi :

- Aliran dan panas
- Transfer massa
- Perubahan fasa seperti pada proses melting, pengembunan dan pendidihan
- Reaksi kimia seperti pembakaran
- Gerakan mekanis seperti piston dan fan
- Tegangan dan tumpuan pada benda solid
- Gelembung elektromagnetik

CFD adalah penghitungan yang mengkhususkan pada fluida. Mulai dari aliran fluida, heat transfer dan reaksi kimia yang terjadi pada fluida. Atas prinsip-prinsip dasar mekanika fluida, konservasi energi, momentum, massa, serta species, penghitungan dengan CFD dapat dilakukan. Secara sederhana proses penghitungan yang dilakukan oleh aplikasi CFD adalah dengan kontrol-kontrol penghitungan yang telah dilakukan maka kontrol penghitungan tersebut akan melibatkan dengan memanfaatkan persamaan-persamaan yang terlibat. Persamaan-persamaan ini adalah persamaan yang membangkitkan dengan memasukan parameter apa saja yang terlibat dalam domain. Misalnya ketika suatu model yang akan dianalisa melibatkan temperatur berarti model tersebut melibatkan persamaan energi atau konservasi dari energi tersebut. Inisialisasi awal dari persamaan adalah boundary condition. Boundary condition adalah kondisi dimana kontrol-kontrol perhitungan didefinisikan sebagai definisi awal yang akan dilibatkan ke kontrol-kontrol penghitungan yang berdekatan dengannya melalui persamaan-persamaan yang terlibat.

Secara umum proses penghitungan CFD terdiri atas 3 bagian utama:

1. Preprocessor
2. Processor
3. Post processor

Preprocessor adalah tahap dimana data diinput mulai dari pendefinisian domain serta pendefinisian kondisi batas atau boundary condition. Ditahap ini juga sebuah benda atau ruangan yang

akan dianalisa dibagi-bagi dengan jumlah grid tertentu atau sering juga disebut dengan meshing. Tahap selanjutnya adalah *processor*, pada tahap ini dilakukan proses penghitungan data-data input dengan persamaan yang terlibat secara iteratif. Artinya penghitungan dilakukan hingga hasil menuju error terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Penghitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap volume kontrol dengan proses integrasi persamaan diskrit. Tahap akhir merupakan tahap *postprocessor* dimana hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola warna tertentu.

Hal yang paling mendasar mengapa konsep CFD (software CFD) banyak sekali digunakan dalam dunia industri adalah dengan CFD dapat dilakukan analisa terhadap suatu sistem dengan mengurangi biaya eksperimen dan tentunya waktu yang panjang dalam melakukan eksperimen tersebut. Atau dalam proses design engineering tahap yang harus dilakukan menjadi lebih pendek. Hal ini yang mendasari pemakaian konsep CFD adalah pemahaman lebih dalam akan suatu masalah yang akan diselesaikan atau dalam hal ini pemahaman lebih dalam mengenai karakteristik aliran fluida dengan melihat hasil berupa grafik, vektor, kontur dan bahkan animasi.

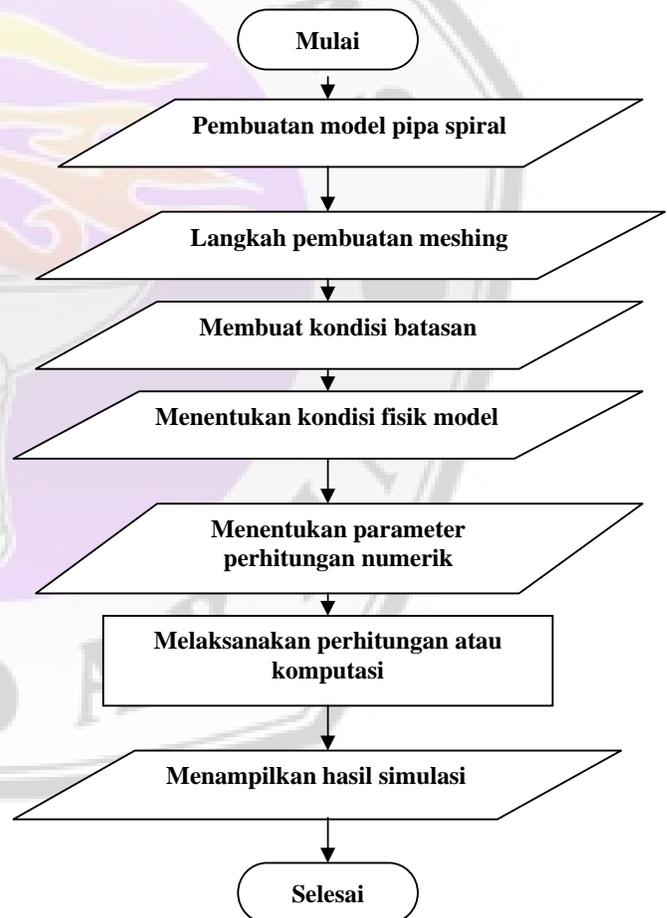
DESAIN PIPA SPIRAL DAN TAHAPAN PROSES SIMULASI

Langkah-langkah Simulasi

Untuk memudahkan proses simulasi dalam subbab ini akan

dijelaskan secara bertahap proses simulasi yang dimulai dari pembentukan geometri. Secara keseluruhan proses tersebut terdiri dari enam langkah yaitu:

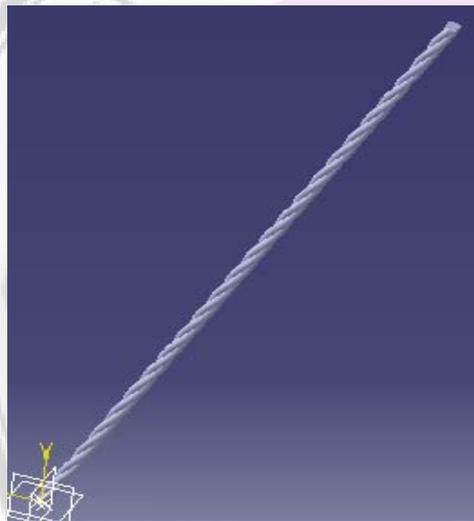
1. Membuat model pipa spiral
2. Membuat mesh
3. Menentukan boundary condition
4. Menentukan kondisi fisik model
5. Menentukan parameter penyelesaian dan menjalankan simulasi
6. Menampilkan hasil simulasi



Gambar 3.1 Langkah pembuatan model CAD dan proses simulasi

Pembuatan model pipa spiral

Hal yang perlu di lakukan pertama kali sebelum melakukan proses simulasi adalah membuat model aliran yang terjadi pada pipa spiral. Dalam hal ini model yang dibuat adalah berupa model volume. Asumsi penyederhanaan model yang dilakukan adalah dengan menganggap ketebalan pipa diabaikan. Dalam pembuatan model menggunakan CATIA sebagai pembuat model. Dan model yang akan disimulasikan pada skripsi ini adalah seperti gambar dibawah ini:

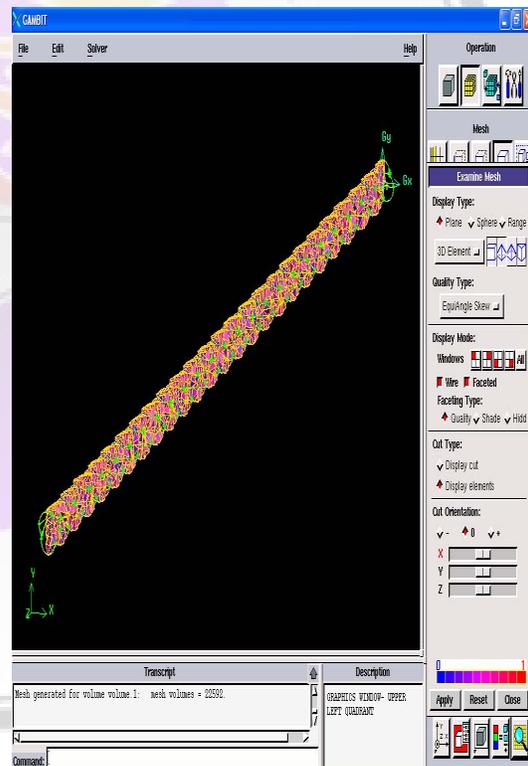


Gambar 3.2 Model aliran pipa spiral

Meshing

Meshing adalah proses dimana geometri secara keseluruhan dibagi-bagi dalam elemen-elemen kecil. Elemen-elemen kecil ini nantinya berperan sebagai kontrol surface atau volum dalam proses perhitungan yang kemudian tiap-tiap elemen ini akan menjadi inputan untuk elemen disebelahnya. Hal ini akan terjadi berulang-ulang hingga domain terpenuh. Dalam meshing

elemen-elemen yang akan dipilih disesuaikan dengan kebutuhan dan bentuk geometri. Dalam skripsi ini aplikasi meshing yang dipakai adalah gambit 2.2. Input yang dimasukan dalam gambit adalah input yang dibuat pada CATIA yang kemudian di export dalam bentuk STEP. Setelah geometri berhasil diinput selanjutnya adalah proses meshing. Dalam penelitian ini semua konfigurasi tipe elemen di simulasi menggunakan elemen hybrid atau tetrahedron. Dibawah ini gambar hasil meshing dengan konfigurasi meshing volum dan interval size sebesar 8.



Gambar 3.3 Hasil meshing dari gambit

Membuat kondisi batasan (*boundary condition*)

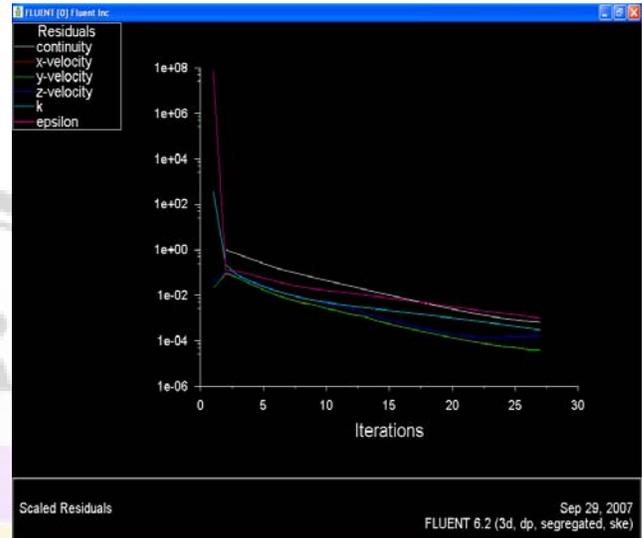
Boundary condition merupakan definisi dari zona-zona yang telah terdefinisi sebelumnya pada aplikasi gambit. Dalam fluentlah nilai-nilai dan karakteristik dari masing-masing boundary type, yang telah didefinisikan sebelumnya dalam gambit, didefinisikan. Karena model yang digunakan adalah model aliran air sederhana maka boundary condition yang mungkin dan sesuai untuk mendefinisikan keadaan aktualnya adalah velocity inlet untuk tempat masuknya air dari pompa. Dan exit sebagai tempat keluar air dari pipa spiral

Menentukan kondisi fisik model

Hal yang perlu dilakukan selanjutnya adalah penentuan kondisi fisik dari model yaitu penentuan model penyelesaian, fluida yang dipakai dan kondisi

Menentukan parameter perhitungan numerik

Setelah selesai mendefinisikan model yang akan disimulasikan maka tahap selanjutnya adalah menentukan parameter perhitungan numerik yang akan digunakan seperti kontrol solusi, melakukan initialize awal, monitor residual, dan kemudian melakukan proses iterasi simulasi, proses iterasi akan berhenti setelah terjadi konvergensi. Pada saat proses iterasi maka akan tampil grafik residual seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.4 Grafik residul

Menampilkan hasil simulasi

Setelah mencapai konvergensi dari solusi, maka tahap selanjutnya adalah tahap untuk melihat hasil simulasi yang telah dilakukan. Dalam melihat hasil simulasi dari fluent dapat dilakukan dengan berbagai cara, dilihat secara keseluruhan maupun target tertentu saja dengan menentukan bidang, garis atau titik pengamatan. Karena target utama adalah untuk melihat bagaimana pengaruh perubahan diameter terhadap *pressure drop* mulai dari inlet sampai outlet, maka akan dilihat vektor kecepatan baik itu keseluruhan maupun bidang yang dibuat sebelumnya, dan kontur serta melihat garis aliran (*path lines*) untuk menentukan apakah aliran yang terjadi sudah efektif atau belum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dasar teori yang telah dijelaskan pada bab II maka pada bab ini akan dilakukan analisa dimensional mengenai factor-faktor yang mempengaruhi penurunan tekanan (*pressure drop*). Untuk mengetahui hal tersebut maka perlu dilakukan simulasi dengan menggunakan software CFD, perubahan dari variabel-variabel fungsi yang berpengaruh terhadap tekanan akan dilakukan menggunakan CFD. Karena dalam modeling perubahan bentuk geometri lebih mudah dilakukan. Oleh karena itu dalam modeling pipa spiral menggunakan software CAD. Setelah itu dilakukan analisa dimensional khususnya menyangkut perubahan geometri yang akan berpengaruh pada penurunan tekanan (*pressure drop*) pada aliran fluida didalam pipa.

Dalam suatu aliran didalam pipa pada kenyataan terjadi penurunan tekanan yang disebabkan oleh faktor-faktor sebagai berikut panjang pipa, diameter pipa, kecepatan, kekasaran permukaan dinding pipa sebelah dalam, dan sifat-sifat fluida kerapatan dan viskositas.

Analisa perbandingan *pressure drop* pada pipa bundar dengan cara empiris dan simulasi dengan CFD

Perbandingan *pressure drop* pada pipa bundar dengan cara empiris dan dengan simulasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sejauh mana selisih atau perbedaan *pressure drop* dengan cara empiris dan dengan cara simulasi pada CFD.

Analisa *pressure drop* pada pipa bundar dengan metode empiris

$$\Delta P = \frac{f(L/D)\rho V^2}{2}$$

- Kecepatan aliran untuk pipa bundar

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0,0007}{\frac{\pi}{4}d^2} = \frac{0,0007}{\frac{3,14}{4} \cdot 0,039^2} = 0,59 \text{ m/s}$$

Dalam skripsi ini suhu air diasumsikan 20°C sehingga $\rho = 998,2 \text{ kg/m}^3$ dan $\mu = 1,005 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$ (tabel 2.1)

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{998,2 \times 0,59 \times 0,039}{1,005 \times 10^{-3}} = 2285$$

Sehingga faktor gesekan (f) dapat dicari dalam diagram Moody $f = 0,025$

$$\Delta P = \frac{f(L/D)\rho V^2}{2} = \frac{0,025 \times 11 / 0,039 \times 998,2 \times 0,59^2}{2} = 1224 \text{ Pa}$$

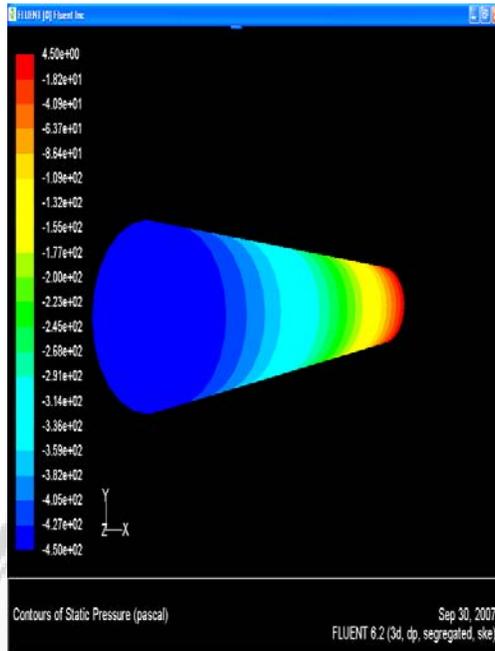
Pa

Pada analisa simulasi atau eksperimen aliran didalam pipa tidak langsung berkembang penuh, sehingga untuk mencari aliran berkembang penuh dapat dicari dengan cara sebagai berikut:

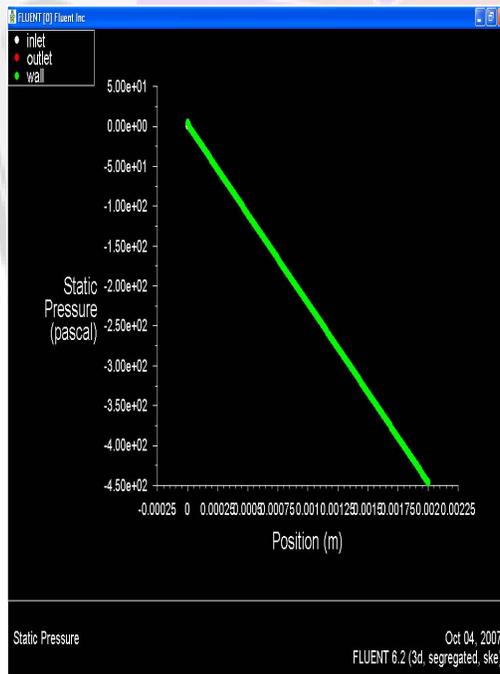
$$\frac{Le}{D} = 4,4 Re^{1/6}$$

$$Le = D \cdot 4,4 \cdot Re^{1/6} = 0,039 \times 4,4 \times 2285^{1/6} = 0,90 \text{ m}$$

Analisa *pressure drop* pada pipa bundar dengan metode simulasi



Gambar 4.1 kontur tekanan statis pada pipa bundar



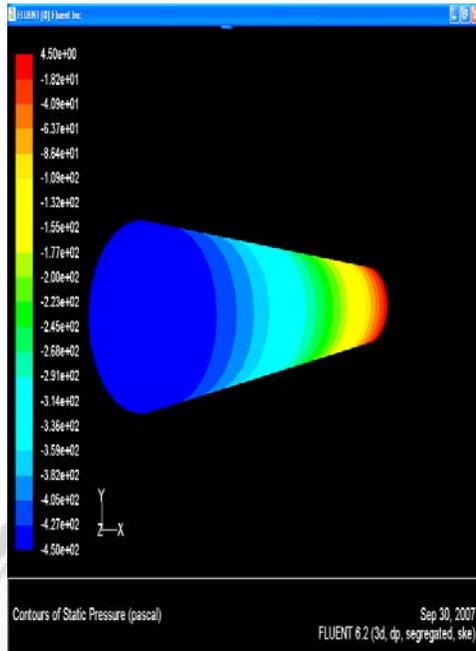
Gambar 4.2 Grafik kontur tekanan

Pada gambar diatas menunjukkan penurunan tekanan (*pressure drop*) yang terjadi pada pipa bundar dengan nilai tekanan maksimum sebesar $-2,00e+00$ pascal dan nilai minimumnya sebesar $-4,50e+02$ pascal, pada hasil simulasi nilai tekanan diambil pada jarak atau panjang pipa 0,90 m karena pada jarak tersebut aliran fluida telah berkembang penuh . Dari hasil simulasi tersebut didapat nilai penurunan tekanan yang terjadi sebesar 250 pascal, sedangkan pada hasil empiris penurunan tekanan sebesar 122,4 pascal. Maka didapat selisih atau perbandingan penurunan tekanan yang terjadi dengan metode empiris dan simulasi sebesar 137,6 Pascal.

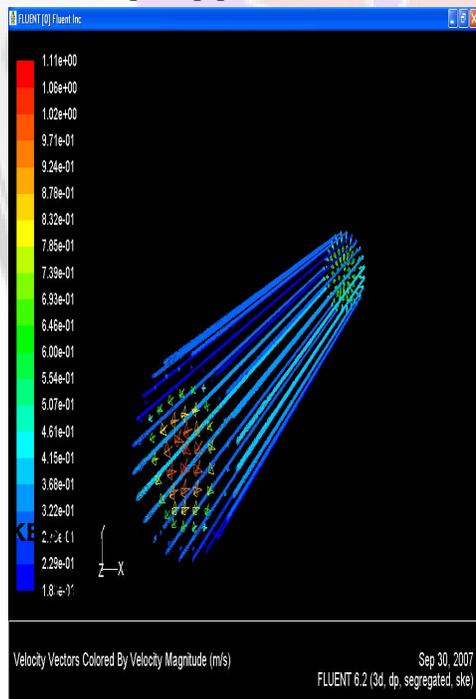
Analisa perbandingan *pressure drop* pada pipa bundar dan pipa spiral dengan simulasi CFD

Analisa ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui *pressure drop* aliran fluida didalam pipa yang terjadi pada pipa bundar dan pipa spiral. Untuk dapat mengetahui *pressure drop* yang terjadi pada aliran fluida di dalam pipa penulis mencoba untuk meneliti dan menganalisa hal itu dengan melakukan simulasi. Simulasi ini dilakukan dengan debit aliran dan panjang pipa yang sama, dimana dengan debit aliran sebesar 42 Lt/menit dan panjang pipa 2000 mm.

Analisa *pressure drop* pada pipa bundar dengan diameter 39 mm



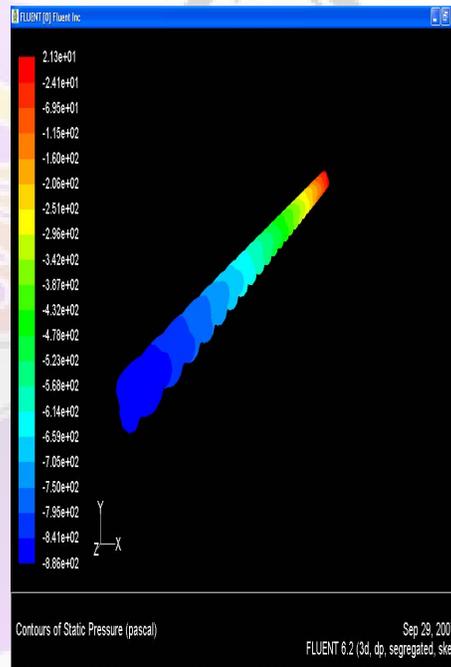
Gambar 4.3 kontur tekanan statis pada pipa bundar



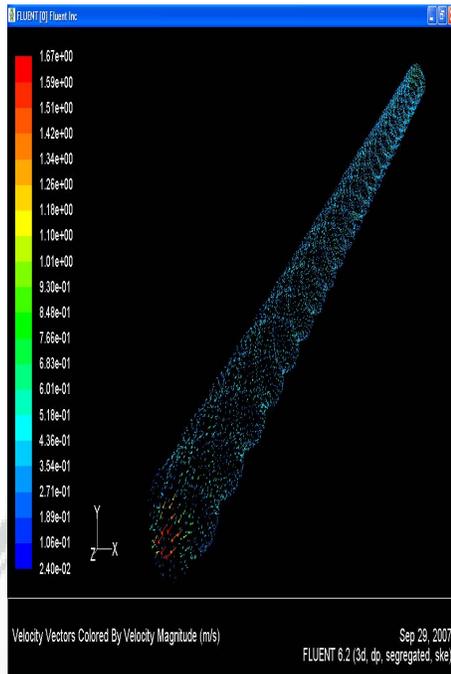
Gambar 4.4 vektor kecepatan pada pipa bundar

Gambar diatas menunjukan penurunan tekanan dan distribusi kecepatan yang terjadi pada pipa bundar, dengan nilai kontur maksimumnya sebesar $4,5e+00$ pascal dan nilai minimum sebesar $-4,50e+02$ pascal. Dan nilai distribusi kecepatan maksimumnya sebesar $1,11e+00$ m/s dan nilai minimumnya sebesar $1,83e-01$ m/s.

Analisa pressure drop pada pipa spiral dengan diameter dalam 27 mm dan diameter luar 39 mm



Gambar 4.5 kontur statik pada pipa spiral



Gambar 4.6 Vektor kecepatan pipa spiral

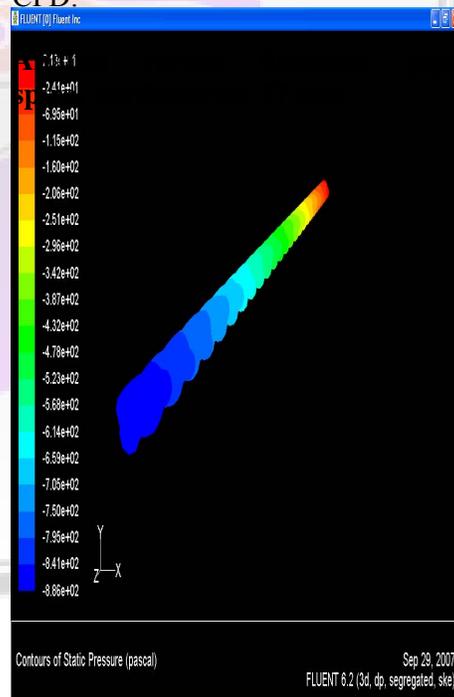
Pada gambar diatas terlihat penurunan tekanan, distribusi kecepatan yang terjadi pada pipa spiral dengan nilai kontur maksimumnya sebesar $2.13e+01$ pascal dan nilai minimumnya sebesar $-8,86e+02$ pascal . Sedangkan pada vektor kecepatan nilai maksimumnya sebesar $1,67e+00$ m/s dan nilai minimumnya sebesar $2,40e-02$ m/s.

Dari hasil analisa tersebut menunjukkan bahwa penurunan tekanan yang terjadi antara pipa bundar dengan pipa spiral lebih besar pipa spiral dan distribusi kecepatannya-pun lebih besar pipa spiral, ini disebabkan karena kecepatan aliran fluida lebih besar pipa spiral. Sehingga dapat dikatakan penurunan tekanan hampir sebanding dengan kuadrat kecepatan.

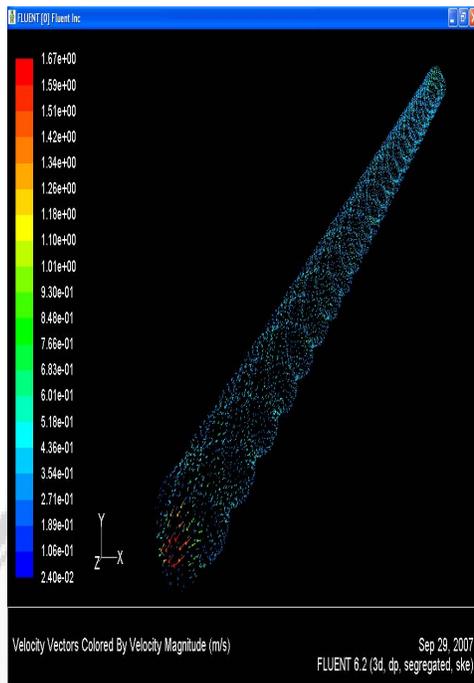
Analisa Variasi diameter pipa spiral

Variasi diameter yang mungkin dapat dilakukan dengan jangkauan mulai dari diameter 17 mm, 27 mm dan 37 mm. Variasi ini diberikan dengan catatan bahwa debit aliran 42 Lt/menit, dengan dimensi pipa; panjang pipa 2000 mm dan panjang pitch adalah tetap sebesar 246 mm.

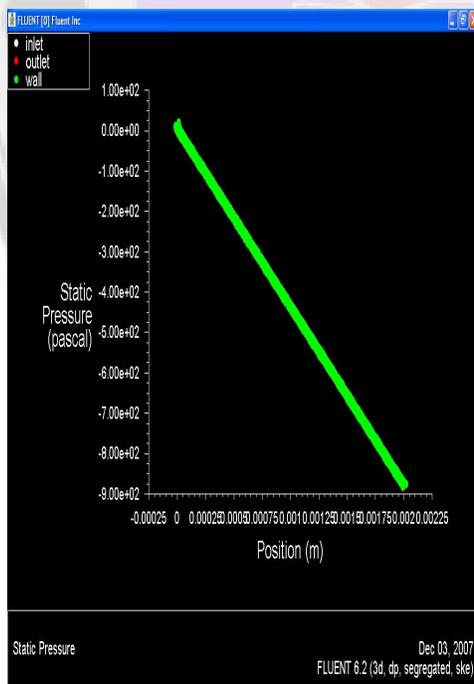
Setelah dilakukan simulasi didapat nilai-nilai tekanan pada masing-masing variasi data seperti yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya. Berikut akan ditampilkan hasil analisis terhadap penurunan tekanan (*pressure drop*) pada pipa spiral dengan simulasi CFD.



Gambar 4.7 Kontur tekanan statik pada pipa spiral diameter 27 mm



Gambar 4.8 Vektor kecepatan pipa spiral diameter 27 mm



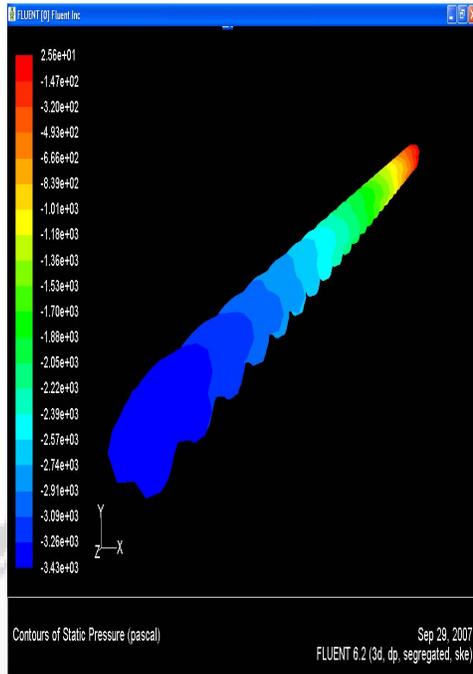
Gambar 4.9 Garafik pressure pipa spiral diameter 27 mm

Gambar diatas menunjukkan penurunan tekanan (*pressure drop*), kontur tekanan statik, dan distribusi vektor kecepatan yang terjadi pada pipa spiral dengan panjang pipa 2000 mm dan diameter pipa 27 mm. Dimana menunjukkan nilai kontur maksimum sebesar $2,13e+01$ pascal dan nilai kontur minimum sebesar $-8,86+02$ pascal. Sedangkan pada vektor kecepatan maksimum yang terjadi pada pipa spiral sebesar $1,67e+00$ m/s dan vektor kecepatan minimum sebesar $2,40e-02$ m/s.

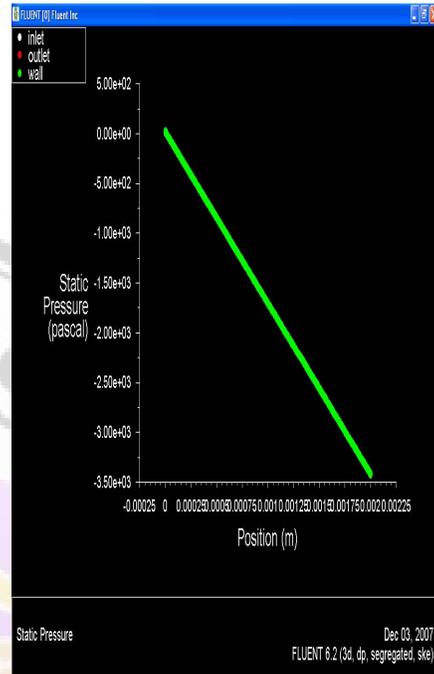
Dari hasil analisa tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan tekanan (*pressure drop*) pada pipa spiral. Dengan penurunan tekanan sebesar 907,3 pascal, dan distribusi vektor kecepatannya yang terjadi sebesar 1,65 m/s.

Analisa variasi diameter pipa spiral dilakukan untuk menganalisa penurunan tekanan (*pressure drop*) dari pipa spiral jika diameter pipa spiral dikurangi menjadi 17 mm atau ditambah sehingga menjadi 37 mm, dengan pemberian debit yang sama. Dengan tujuan untuk perbandingan penurunan tekanan, dengan pipa spiral yang berdiameter 27 mm, sehingga dapat diketahui penurunan tekanan, kontur dan vektor kecepatannya yang terjadi.

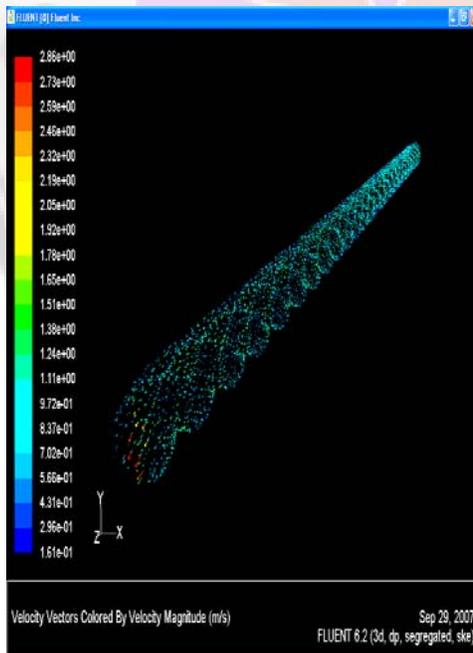
Analisa variasi diameter pada pipa spiral berdiameter dalam 17 mm



Gambar 4.10 kontur tekanan statik pipa spiral diameter 17 mm



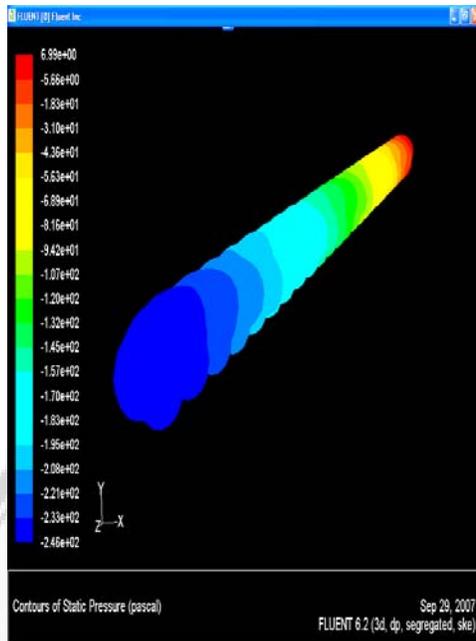
Gambar 4.12 Grafik pressure pipa spiral diameter 17 mm



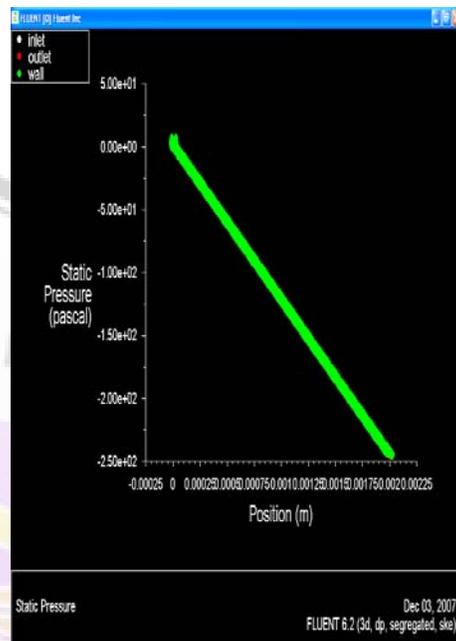
Gambar 4.11 Vektor kecepatan pipa spiral diameter 17 mm

Gambar tersebut menunjukkan penurunan tekanan, kontur tekanan statik dan vektor kecepatan yang terjadi pada pipa spiral dengan diameter 17 mm. Dimana menunjukkan nilai kontur tekanan maksimum yang terjadi sebesar $2,56e+01$ pascal dan nilai kontur minimum sebesar $-3,43e+03$ pascal. Sedangkan pada vektor kecepatan maksimum sebesar $2,86e+00$ m/s dan vektor kecepatan minimumnya sebesar $1,61e-01$ m/s.

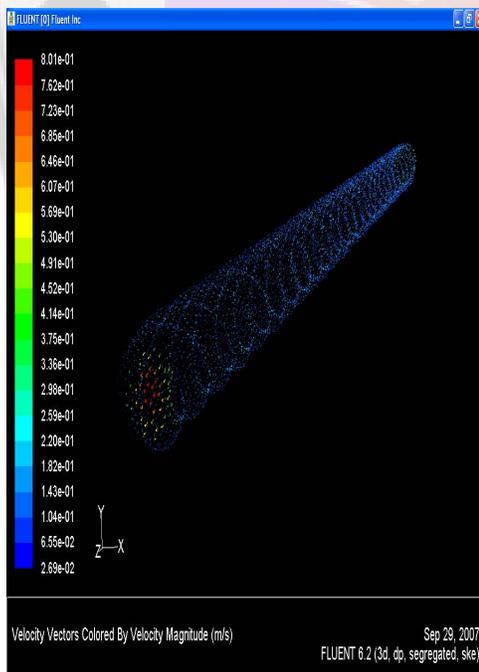
Analisa variasi diameter pipa spiral diameter dalam 37 mm



Gambar 4.13 kontur tekanan statik pipa spiral diameter 37 mm



Gambar 4.15 Grafik pressure pipa spiral diameter 37 mm



Gambar 4.14 Vektor kecepatan pipa spiral diameter 37 mm

Tabel 4.1 Simulasi pipa spiral

| Diameter (m) | Kecepatan (m/s) | Diameter Hidrolis (m) | Penurunan tekanan (Pa) |
|--------------|-----------------|-----------------------|------------------------|
| 0,17 | 1,42 | 0,022 | 3445,6 |
| 0,27 | 0,73 | 0,032 | 907,3 |
| 0,37 | 0,35 | 0,054 | 253 |

Gambar tersebut menunjukkan penurunan tekanan, kontur tekanan, dan vektor kecepatan yang terjadi pada pipa spiral dengan diameter 37 mm. Dimana menunjukkan nilai kontur tekanan maksimumnya sebesar 6,99e+00 pascal dan nilai minimumnya sebesar -2,46e+02 pascal. Sedangkan nilai maksimum vektor kecepatan sebesar 8,01e-01

m/s dan nilai minimumnya sebesar $2,69e-01$ m/s.

Pada variasi diameter pipa spiral yang berdiameter 17 mm, nilai penurunan tekanannya yang terjadi sebesar 3455,6 pascal. Sedangkan pada pipa spiral yang berdiameter 27 mm penurunan tekanannya yang terjadi sebesar 907,3 pascal. Dan pada pipa spiral yang berdiameter 37 mm nilai penurunan tekanannya yang terjadi sebesar 253 pascal. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin besar diameter pipa dengan debit aliran yang sama maka penurunan tekanan (*pressure drop*) dan distribusi vektor kecepatannya pada aliran fluida didalam pipa spiral semakin kecil.

Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa aliran fluida didalam pipa spiral dengan menggunakan metode CFD maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil simulasi yang dilakukan pada pipa spiral dengan variasi diameter dimana semakin besar diameter pada pipa spiral maka penurunan tekanannya semakin kecil
2. Penurunan tekanan hampir sebanding dengan kuadrat kecepatan
3. Penurunan tekanan dengan debit aliran yang sama pada masing-masing pipa spiral melalui simulasi CFD diketahui bahwa:
 - a. Pada pipa spiral diameter 17 mm untuk debit 42 Lt/menit

- Penurunan tekanannya sebesar 3455,6 pascal

- Vektor kecepatan maksimumnya sebesar $2,86e+00$ m/s dan kecepatan minimumnya sebesar $1,61e-01$ m/s

- b. Pada pipa spiral diameter 27 mm untuk debit 42 lt/menit

- Penurunan tekanannya sebesar 907,3 pascal.

- Vektor kecepatan maksimum sebesar $1,67e+00$ m/s dan vektor kecepatan minimumnya sebesar $2,40e-02$ m/s

- c. Pada pipa spiral dengan diameter dalam 37 mm untuk debit 42 lt/menit

- Penurunan tekanannya sebesar 253 pascal.

- Vektor kecepatan maksimum sebesar $8,01e-01$ m/s dan vektor kecepatan minimumnya sebesar $2,69e-01$ m/s.

Saran

Karena pada penelitian dalam skripsi ini masih kurang akurat, bagi yang ingin melanjutkan penelitian ini penulis ingin memberikan saran yang ingin disampaikan. Untuk analisa penurunan tekanan penulis menyarankan agar pada saat meshing atau distribusi grid dan pemilihan jenis atau type grid harus benar-benar tepat, sehingga jika dibandingkan dengan metode empiris

selisih atau perbedaannya tidak terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Reuben M. Olson & Steven J. Wright, **Dasar - Dasar Mekanika Fluida Teknik**, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama. 1993.
2. Victor L. Streeter & E. Benjamin Wylie. **Mekanika Fluida**, Jakarta: Erlangga. 1993.
3. Bruce R. Munson & Donald F. Young **Mekanika Fluida**, Jilid 1, Jakarta: Erlangga 2005.
4. Bruce R. Munson & Donald F. Young **Mekanika Fluida**, Jilid 2, Jakarta: Erlangga 2005.
5. Raswani, **Perencanaan dan Penggambaran Sistem Perpipaan**, Universitas Indonesia. Jakarta, 1987.
6. Ahmad Fauzan, **RANCANGAN BANGUN CIRCULAR HOVERCRAFT DAN ANALISA ALIRAN PADA BAG YANG MEMPENGARUHI CUSHION PRESSURE DENGAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS**, Jakarta. 2006.
7. <http://www.pipa-spiral.com> 20 september 2007