

**PENGEPIANGAN SISTEM PERPIPAAN MODEL FISIK DENGAN AKURASI RAGAM BUKAAN KATUB  
PADA POLA ALIRAN UNSTEADY SEBAGAI KESELARASAN MEDIA PRAKTIKUM  
DI LABORATORIUM PLUMBING UNESA**

**DISCRIT GRATE SYSTEM PHYSICAL PIPE MODEL TO THE ACCURACY OF VARIOUS OPENING  
VALVE FLOW PATTERN PRACTICUM MEDIA UNSTEADY AS ALIGNMENT  
IN LABORATORY PLUMBING UNESA**

Djoni Irianto\*

Lektor Kepala, Kasub Lab. Plumbing Teknik Sipil FT-Universitas Negeri Surabaya

Koresponden : \*e-mail : ryanozimo@yahoo.com

**Abstrak.** Penelitian bidang hidrodinamika, mekanika fluida dan hidrolika ini dapat dimodelkan dalam bentuk suatu model fisik, yang terdiri atas persamaan pengatur dengan syarat batas. Aliran fluida di alam merupakan aliran tiga dimensi. Penyelesaian model fisik dalam pemecahan permasalahan fluida dengan pendekatan eksperimen dapat memberikan efisiensi waktu dalam kegiatan – kegiatan penelitian, analisa mengenai pengepungan sistem perpipaan ragam bukaan katub yang akurat pada aliran unsteady diharapkan dapat menjadi media dalam proses pembelajaran. Berdasarkan uraian di atas maka perlunya dilakukan penelitian. Dengan pendekatan eksperimen, waktu dan tenaga untuk melakukan sebuah penelitian akan lebih cepat. Model fisik pada aliran fluida dalam penelitian ini dengan cara melakukan percobaan pada sistem pipa dan membangun jaringannya. Eksperimen ini memaparkan simulasi perpindahan uap air sepanjang 4 meter panjang pipa yang menghubungkan 2 reservoir beda tinggi, berdiameter 25 mm. Sehingga terjadi tekanan akibat aliran unsteady dari hasil pengepungan yang diakibatkan oleh naiknya kecepatan.

**Kata Kunci :** bukaan katub, unsteady, pengepungan

**Abstract.** The research field of hydrodynamics, fluid mechanics and hydraulics can be modeled in the form of a physical model, which consists of a regulator equation with boundary conditions. Nature of fluid flow in a three-dimensional flow. Completion of physical models in problem solving fluid with experimental approaches can provide time efficiency in activities - research, analysis of variance piping system pengepungan accurate valve openings on the unsteady flow is expected to be the media in the learning process. Based on the description above, the need in doing research. The experimental approach, the time and effort to carry out a research will be faster. Physical models of fluid flow in this research by conducting experiments on the pipeline system and build its network. This experiment describes the simulation of the movement of water vapor throughout the 4-meter length of pipe that connects two different reservoir height, diameter 25 mm. Resulting in pressure due to the unsteady flow of a result pengepungan caused by the increase in speed.

**Keywords:** valve opening, unsteady, discrit

## PENDAHULUAN

Beberapa problem di bidang hidrodinamika, mekanika fluida dan hidrolika dapat dimodelkan dalam bentuk suatu persamaan matematik (model matematik), yang terdiri atas persamaan pengatur dengan syarat batas serta harga awal tertentu. Aliran fluida di alam merupakan aliran tiga dimensi. Sebagai contoh pada koordinat cartesian aliran merupakan variabel komponen arah X, Y, dan Z.

Penyelesaian model - model dalam pemecahan problem - problem fluida dengan pendekatan numerik dapat memberikan efisiensi waktu dalam kegiatan - kegiatan perencanaan, analisa mengenai kasus kasus yang berkaitan dengan aliran fluida. Berdasarkan uraian di atas maka perlunya di lakukan penelitian mengenai penerapan metode beda hingga dalam aplikasi pemecahan problem hidrodinamika.

Dengan pendekatan numerik waktu dan tenaga untuk melakukan sebuah penelitian akan lebih cepat dari pada melakukan praktikum secara manual. Pendekatan numerik pada aliran fluida dalam penelitian ini di gunakan aplikasi komputer MATLAB R2012a. Pendekatan numerik menggunakan metode beda hingga adalah suatu cara untuk menyelesaikan persamaan diferensial, metode ini menggunakan pendekatan ekspansi Taylor di titik acuan ( $x$ ). Ada tiga jenis beda (difference) yg bisa kita gunakan utk mencari nilai  $f(x+\Delta x)$ . Ketiga jenis beda ini disebut forward difference, backward difference, dan central difference.

Maksud dari penulisan ini untuk memaparkan hasil analisa dengan menggunakan pendekatan numerik pada kasus fluida sederhana melewati tiang silinder. dalam penelitian ini di harapkan dapat memberi gambaran mengenai keakuratan hasil analisa dengan menggunakan pendekatan pemecahan numerik.

### Batasan Masalah

Masalah yang menjadi obyek penelitian dibatasi hanya pada analisis penerapan model beda hingga pada pemecahan aliran fluida sederhana dan aliran fluida yang melewati tiang silinder.

### Rumusan Masalah

1. Apakah dengan pembuatan model fisik, eksperimen ini dapat mendeteksi terjadinya gesekan air (*water hammer*) dan

penurunan tekanan ( *pressure drop* ), didalam pipa ?

2. Apakah terjadi headloss sepanjang jalur pipa, yang diakibatkan oleh tekanan beda pada reservoir ?
3. Berapa besar tekanan yang terjadi pada tiap titik simpul jaringan akibat pengepungan ?

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menggali informasi tekanan, aliran steady, aliran unsteady terjadi di dalam jaringan pipa tersebut, berdasarkan fenomena hidraulik, gambar grafik yang diakibatkan oleh hasil simulasi eksperimen di laboratorium.

### Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai kontribusi media pembelajaran di laboratorium plumbing, dan membantu mengatasi permasalahan kehilangan tinggi tekan air jaringan pipa di kota-kota besar. Serta berkontribusi pada penunahan air di jaringan saluran drainase.

### TINJAUAN PUSTAKA

Pokok teori yang menjadi acuan dalam ulasan jurnal ini. Adapun kajian pustaka yang dijadikan dasar adalah :

#### 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 (Dudlik, 2000).

#### Macam-macam aliran fluida

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 :

1. *Steady Flow* merupakan suatu aliran fluida dimana kecepatannya tidak terpengaruh oleh perubahan waktu, sehingga

kecepatan konstan pada setiap titik pada aliran tersebut.

2. *Non Steady Flow* terjadi apabila ada suatu perubahan kecepatan pada aliran tersebut terhadap perubahan waktu.
3. *Uniform Flow* merupakan aliran fluida yang terjadi besar dan arah dari vectorvektor kecepatan tidak berubah dari suatu titik ke titik berikutnya dalam aliran fluida tersebut.
4. *Non Uniform Flow* Aliran ini terjadi jika besar dan arah vector-vektor kecepatan fluida selalu berubah terhadap lintasannya. Ini terjadi apabila luas penampang medium fluida juga berubah. Aliran fluida berdasarkan gaya yang bekerja pada fluida tersebut:
5. Aliran Laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisanlapisan, atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara merata. Dalam aliran laminar ini, viskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan-kecenderungan terjadinya gerakan relative antaralapisan. Sehingga aliran laminar memenuhi pasti hukum viskositas Newton, yaitu:

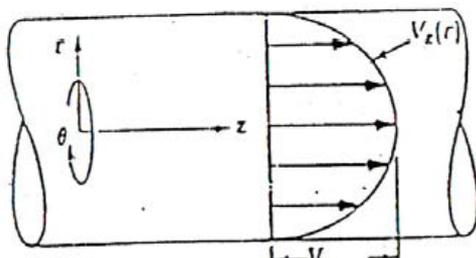
$\tau = \mu \frac{du}{dy}$

dimana :

$\tau$  = tegangan geser pada fluida (N/m<sup>2</sup>)

$\mu$  = viskositas dinamik fluida (kg/m.det)

$\frac{du}{dy}$  = gradient kecepatan (m/det/m)



Gambar 1. Distribusi kecepatan aliran laminar pada pipa tertutup

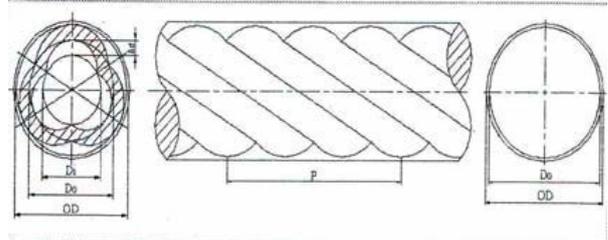
6. Aliran Turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dalam

keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi mengakibatkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian-kerugian aliran.

7. Aliran Transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Aliran berdasarkan bisa tidaknya dicompres
8. *Compressible flow* adalah aliran dimana aliran ini merupakan aliran yang mampu mampat.
9. *Incompressible flow* adalah aliran yang 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)



Gambar 2. Gambar potongan pipa spiral

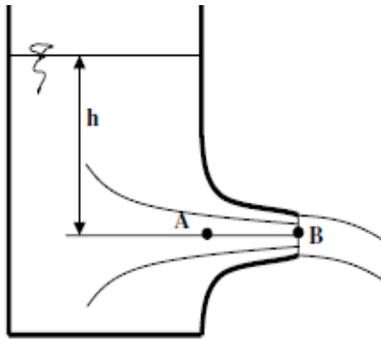
### CFD (Computational Fluid Dynamic)

*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 control penghitungan yang akan dilakukan adalah aplikasi.

### Percepatan aliran

Percepatan partikel zat cair di definisikan sebagai laju perubahan kecepatan. Laju perubahan kecepatan ini bisa di sebabkan oleh perubahan geometri medan aliran atau karena perubahan waktu. Dipandang suatu aliran

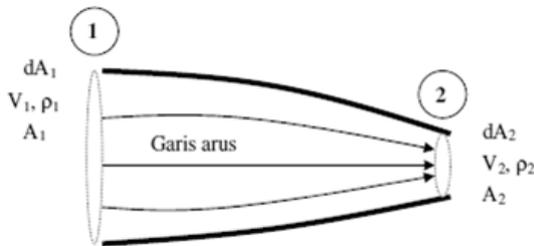
melalui curat dengan tampang lintang mengecil dari sebuah tangki seperti tampak pada gambar berikut



Gambar 3. Laju perubahan kecepatan

**Persamaan kontinuitas**

Apabila zat cair tak mampu mampat (*incompressible*) mengalir secara kontinu melalui pipa atau saluran, dengan tampang aliran tetap ataupun tidak tetap, maka volume zat cair yang lewat tiap satuan waktu adalah sama di semua tampang. Keadaan ini disebut dengan persamaan kontinuitas aliran zat cair. Dipandang tabung aliran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, untuk aliran satu dimensi dan mantap, kecepatan rerata dan tampang lintang pada titik 1 dan 2 adalah  $V_1$ ,  $dA_1$  dan  $V_2$ ,  $dA_2$ .



Gambar 4. Tabung aliran

Volume zat cair yang masuk melalui tampang 1 tiap satuan waktu adalah  $V_1 dA_1$ , dan volume zat cair yang keluar dari tampang 2 tiap satuan waktu adalah  $V_2 dA_2$ . Oleh karena tidak ada zat cair yang hilang di dalam tabung aliran, maka:

$$V_1 \cdot dA_1 = V_2 \cdot dA_2 \quad (1)$$

Untuk seluruh lapisan pipa

$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 \quad (2)$$

Atau

$$Q = A \cdot V = \text{tetap} \quad (3)$$

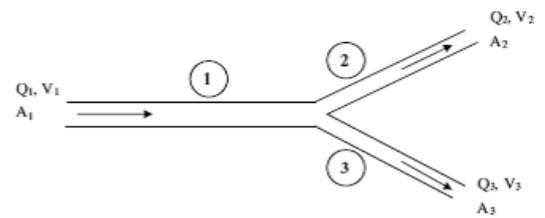
Dimana :

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan aliran (m/det)

Persamaan (7) dikenal dengan persamaan kontinuitas untuk zat cair tak mampu mampat. Pada pipa bercabang (Gambar 5.7), maka debit

aliran yang menuju titik cabang harus sama dengan debit aliran yang meninggalkan titik tersebut.



Gambar 5. Persamaan kontinuitas pada pipa bercabang

Maka berlaku :

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (4)$$

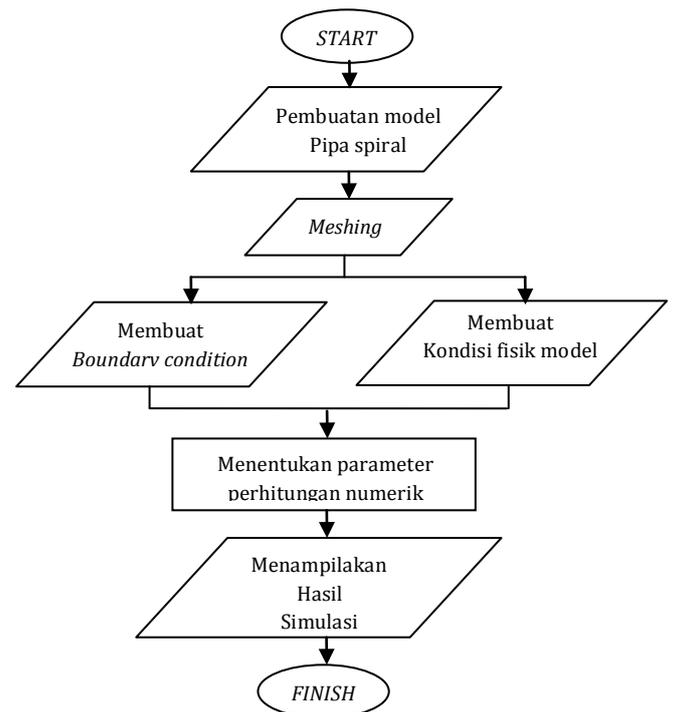
Atau

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 + A_3 \cdot V_3 \quad (5)$$

Biasanya debit aliran menuju titik cabang diberi tanda positif dan yang meninggalkan diberi tanda negatif, sehingga jumlah aliran pada percabangan nol.

$$\sum Q = 0 \quad (6)$$

**METODE PENELITIAN**



Gambar 5. Diagram alir penelitian

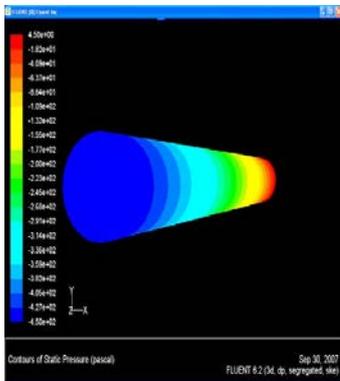
Untuk memudahkan proses simulasi dalam subbab ini akan dijelaskan secara bertahap proses simulasi yang dimulai dari pembentukan geometri. Secara keseluruhan proses tersebut seperti gambar 5 di atas.

**HASI L PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

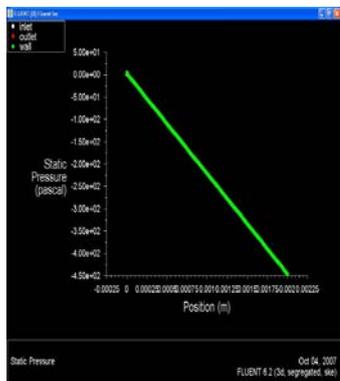
Dalam suatu aliran didalam pipa pada kenyataan terjadi penurunan tekanan yang disebabkan oleh faktor-faktor sebagai berikut; panjang pipa, diameter pipa, kecepatan, kekasaran permukaan dinding pipa sebelah dalam, dan sifat-sifat fluida kerapatan dan viskositas.

Perbandingan *pressure drop* pada pipa bundar dengan cara empiris dan dengan simulasi dilakukan 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 simulasi**



Gambar 6. Kontur tekan statis pada pipa bundar



Gambar 7. Grafik kontur tekan

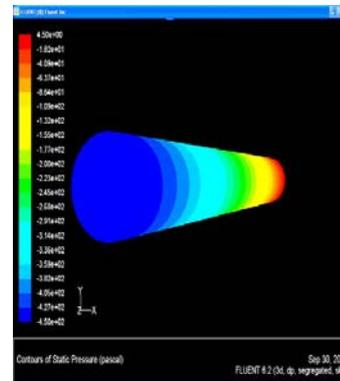
Pada gambar diatas menunjukkan penurunan tekanan (*pressure drop*) yang terjadi pada pipa bundar dengan nilai tekanan maksimum sebesar  $-2,00e+00$  pascal dan nilai minimumnya sebesar  $-4,50e+02$  pascal, pada hasil simulasi nilai tekanan diambil pada jarak atau panjang pipa 0,90 m karena pada jarak tersebut aliran fluida telah berkembang penuh

Dari hasil simulasi tersebut didapat nilai penurunan tekanan yang terjadi sebesar 250 pascal, sedangkan pada hasil empiris

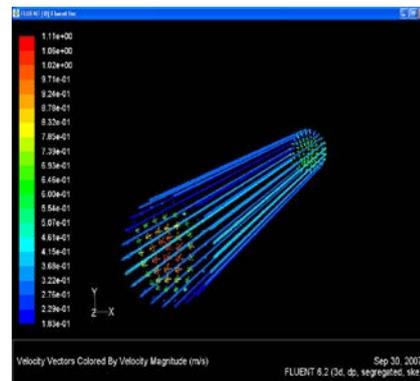
penurunan tekanan sebesar 122,4 pascal. Maka didapat selisih atau perbandingan penurunan tekanan yang terjadi dengan metode empiris dan simulasi sebesar 137,6 Pascal.

**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. Simulasi ini dilakukan dengan debit aliran dan panjang pipa yang sama, dimana dengan debit aliran sebesar 42 Lt/menit dan panjang pipa 2000 mm.



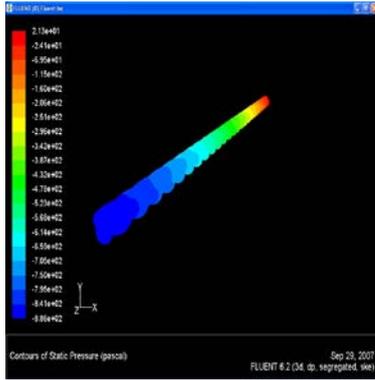
Gambar 8. Kontur tekan statis pipa bundar  $\phi$  39mm



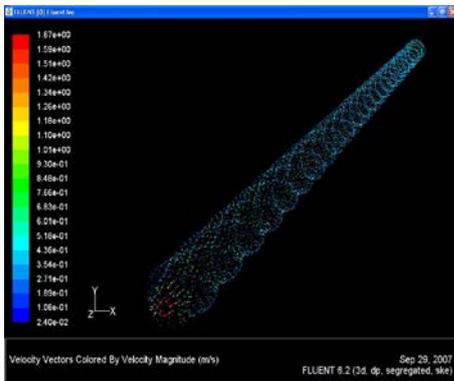
Gambar 9. Vektor kecepatan pada pipa bundar

**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 mmdan panjang pitch adalah tetap sebesar 246 mm.



Gambar 10. Kontur tekanan statik pada pipa spiral  $\phi$  27mm



Gambar 11. Vektor kecepatan pada pipa spiral  $\phi$  27mm

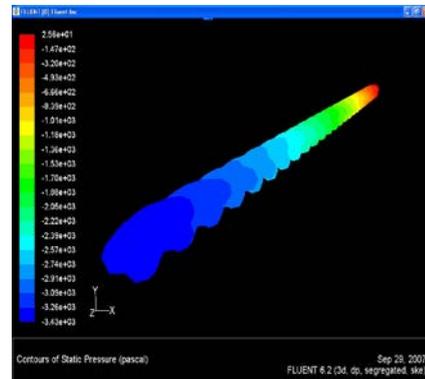


Gambar 12. Grafik *pressure* pipa spiral  $\phi$  27mm

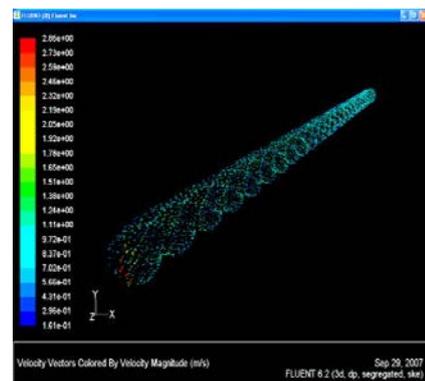
Dari hasil analisa tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan tekanan (*pressure drop*) pada pipa spiral. Dengan penurunan tekanan sebesar 907,3 pascal, dan distribusi vektor kecepatannya yang terjadi sebesar 1,65 m/s. spiral dilakukan untuk menganalisa penurunan tekanan (*pressure drop*) dari pipa spiral jika diameter pipa spiral dikurangi menjadi 17 mm ata 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 vector kecepatannya yang terjadi.

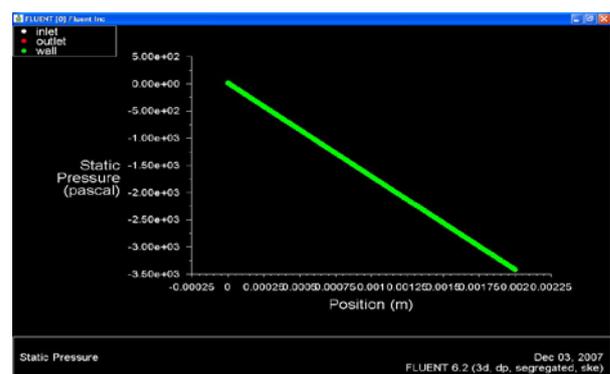
**Analisa variasi diameter pada pipa spiral berdiameter dalam 17 mm**



Gambar 13. Kontur tekanan statik pada pipa spiral  $\phi$  17mm



Gambar 14. Vektor kecepatan pada pipa spiral  $\phi$  17mm

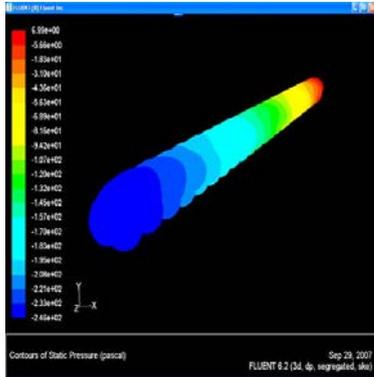


Gambar 15. Grafik *pressure* pipa spiral  $\phi$  27mm

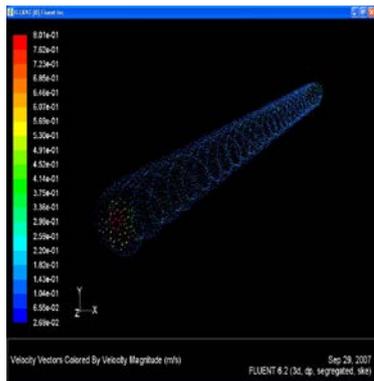
Gambar tersebut menunjukkan penurunan tekanan, kontur tekanan statik dan vektor kecepatan yang terjadi pada pipa spiral dengan diameter 17 mm. Dimana menunjukkan nilai kontur tekanan maksimum yang terjadi

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.

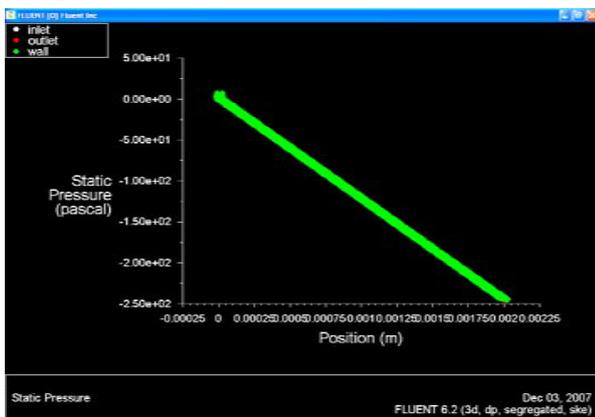
**Analisa variasi diameter pipa spiral diameter dalam 37 mm**



Gambar 16. Kontur tekanan statik pada pipa spiral  $\phi$  37mm



Gambar 17. Vektor kecepatan pada pipa spiral  $\phi$  37mm



Gambar 18. Grafik *pressure* pipa spiral  $\phi$  27mm

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 vector 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 semaki kecil.

**KESIMPULAN**

Keselarasan pengepungan rumus pada sistem perpipaan spiral pola aliran unsteady dengan benar, berdampak positif pada deteksi gesekan, head loss, tekanan air media hasil praktikum.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Billy Laula Meirita

**DAFTAR PUSATAKA**

Reuben M. Olson & Steven J. Wright, Dasar – Dasar Mekanika Fluida Teknik, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama. 1993.  
 Victor L. Streeter & E. Benjamin Wylie. Mekanika Fluida, Jakarta: Erlangga. 1993.  
 Bruce R. Munson & Donald F. young Mekanika Fluida, Jilid 1, Jakarta: Erlangga 2005.  
 Bruce R. Munson & Donald F. young Mekanika Fluida, Jilid 2, Jakarta: Erlangga 2005.  
 Raswani, Perencanaan dan Penggambaran Sistem Perpipaan, Universitas Indonesia. Jakarta, 1987.  
 Ahmad Fauzan, RANCANGAN BANGUN CIRCULAR HOVERCRAFT DAN ANALISA ALIRAN PADA BAG YANG MEMPENGARUHI CUSHION PRESSURE DENGAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS, Jakarta. 2006.

<http://www.pipa spiral.com> , diakses tanggal 20september 2007