

## **PENGARUH DENSITAS DAN VISKOSITAS TERHADAP PROFIL KECEPATAN PADA ALIRAN FLUIDA LAMINAR DI DALAM PIPA HORIZONTAL**

**BONI SENA**

[bonisena@mail.ugm.ac.id](mailto:bonisena@mail.ugm.ac.id)

085692423611

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Matematika dan IPA  
Universitas Indraprasta PGRI

**Abstrak.** The process of fluid flow in the pipeline is fundamental in the industry so that it needs the design process fluid flow in the pipeline to achieve the safety and efficiency of the system. Computational fluid dynamics (CFD) is the most detailed and efficient methodology to research fluid in horizontal pipe. The results obtained by varying the density and viscosity to see its effect on the fluid velocity. When the fluid density greater, it needs further position to reach fully developed condition. The proof is when the density increases to  $3 \text{ kg/m}^3$ , fluid has not reached fully developed condition at the position 5,64 m with speed  $1.79 \text{ m/s}$  and fluid has maximum speed  $1.9 \text{ m/s}$  at the position 10 m. The greater the density and viscosity, the lower average fluid velocity and the fully developed condition is never reached within 10 m. When the density  $10 \text{ kg/m}^3$  and viscosity  $2 \times 10^{-3} \text{ kg/ms}$ , the average fluid velocity  $1.4 \text{ m/s}$ . When the density and viscosity increase to  $30 \text{ kg/m}^3$  and  $4 \times 10^{-3} \text{ kg/ms}$ , the average fluid velocity decrease to  $1.32 \text{ m/s}$ . When viscosity increase and density decreases then the condition is fully developed more quickly achieved within 10 m. When the value of viscosity  $4 \times 10^{-3} \text{ kg/ms}$  and density  $0.5 \text{ kg/m}^3$ , constant speed  $1.96 \text{ m/s}$  achieved at a position 4.73 m. When the value of viscosity  $6 \times 10^{-3} \text{ kg/ms}$  and the value of density  $0.25 \text{ kg/m}^3$ , constant speed  $1.96 \text{ m/s}$  is achieved at a position 1.45 m.

Keywords: density, viscosity, CFD, velocity

**Abstrak.** Proses aliran fluida di dalam pipa menjadi hal yang fundamental di dunia industri sehingga dibutuhkan proses perancangan aliran fluida di dalam pipa untuk mencapai *safety* dan efisiensi sistem. Metodologi simulasi aliran fluida yang paling detail dan efisien adalah *computational fluid dynamics* (CFD). Hasil penelitian didapatkan dengan melakukan variasi densitas dan viskositas untuk melihat pengaruhnya terhadap kecepatan fluida. Ketika densitas fluida semakin besar maka posisi fluida untuk mencapai kondisi berkembang penuh semakin jauh. Buktinya adalah ketika densitas mengalami kenaikan menjadi  $3 \text{ kg/m}^3$ , fluida belum mencapai kondisi berkembang penuh pada posisi 5,64 m dengan kecepatan sebesar  $1,79 \text{ m/s}$  dan kecepatan maksimum fluida sebesar  $1,9 \text{ m/s}$ . Semakin besar densitas dan viskositas maka rata-rata kecepatan fluida semakin rendah dan kondisi berkembang penuh tidak pernah tercapai dalam jarak 10 m. Ketika densitas sebesar  $10 \text{ kg/m}^3$  dan viskositas sebesar  $2 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$ , rata-rata kecepatan fluida sebesar  $1,4 \text{ m/s}$ . Ketika densitas dan viskositas meningkat menjadi  $30 \text{ kg/m}^3$  dan  $4 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$  maka rata-rata kecepatan fluida menjadi  $1,32 \text{ m/s}$ . Semakin meningkat viskositas dan semakin menurun densitas maka kondisi berkembang penuh semakin cepat tercapai dalam jarak 10 m. Ketika nilai viskositas  $4 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$  dan densitas  $0,5 \text{ kg/m}^3$ , kecepatan konstan sebesar  $1,96$  dicapai pada posisi 4,73 m. Ketika nilai viskositas  $6 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$  dan densitas  $0,25 \text{ kg/m}^3$ , kecepatan konstan sebesar  $1,96 \text{ m/s}$  dicapai pada posisi 1,45 m.

Kata Kunci: densitas, viskositas, CFD, kecepatan

## PENDAHULUAN

Aliran fluida digunakan dalam industri *manufacturing* seperti makanan, *polymer*, obat-obatan, perminyakan, konstruksi, *water treatment* dan industri pembangkit tenaga (Eesa, 2009). Proses aliran fluida di dalam pipa menjadi hal yang fundamental di dunia industri sehingga dibutuhkan proses perancangan aliran fluida di dalam pipa untuk mencapai *safety* dan efisiensi sistem. Proses perancangan aliran fluida di dalam sistem perpipaan merupakan aspek yang sangat luas sehingga pada penelitian ini hanya dibahas salah satu aspek perancangan yaitu pengaruh densitas dan viskositas terhadap kecepatan fluida yang mengalir di dalam pipa.

Pengembangan sebuah metodologi untuk memprediksi aliran fluida dengan detail dan efisien sangat dibutuhkan saat ini. Metodologi yang ada untuk memecahkan masalah aliran fluida adalah *computational fluid dynamics* (CFD). CFD merupakan sebuah metode analisis untuk sistem yang melibatkan aliran fluida, transfer kalor, dan hal-hal yang berhubungan dengan keduanya (Rusche, 2002).

Pada penelitian ini, model pipa horizontal dua dimensi digunakan untuk mensimulasikan aliran fluida laminar. Fluida yang digunakan dalam penelitian ini tidak mempunyai viskositas dan densitas yang spesifik pada suatu zat misalnya air atau minyak. Hal ini disebabkan ketika menggunakan fluida yang mempunyai viskositas dan densitas tertentu maka pengaruh keduanya terhadap kecepatan fluida tidak bisa diselidiki dengan mendalam.

Ketika pengaruh densitas dan viskositas terhadap kecepatan fluida sudah dapat diketahui. Maka proses perancangan sistem aliran fluida di dalam pipa bisa disesuaikan dengan jenis fluida dan *input* tenaga yang diperlukan untuk menyalurkan fluida hingga mencapai posisi atau kondisi yang diinginkan (Munkejord, 2005).

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh densitas dan viskositas terhadap profil kecepatan pada aliran fluida laminar di dalam pipa horizontal. Proses menjawab rumusan masalah akan diberikan pada bagian metodologi penelitian. Metodologi penelitian secara global terbagi menjadi dua bagian yaitu pembuatan model pipa horizontal dan simulasi *computational fluid dynamic* (CFD).

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh densitas dan viskositas terhadap profil kecepatan pada aliran fluida laminar di dalam pipa horizontal. Perubahan variabel densitas dan viskositas akan dilakukan dalam penelitian untuk melihat pengaruhnya terhadap variabel kecepatan. Kecepatan fluida terdiri atas dua bagian yaitu kecepatan awal fluida memasuki model pipa horizontal dan kecepatan pada kondisi berkembang penuh. Pengaruh dari densitas dan viskositas akan terlihat pada dua bagian kecepatan tersebut.

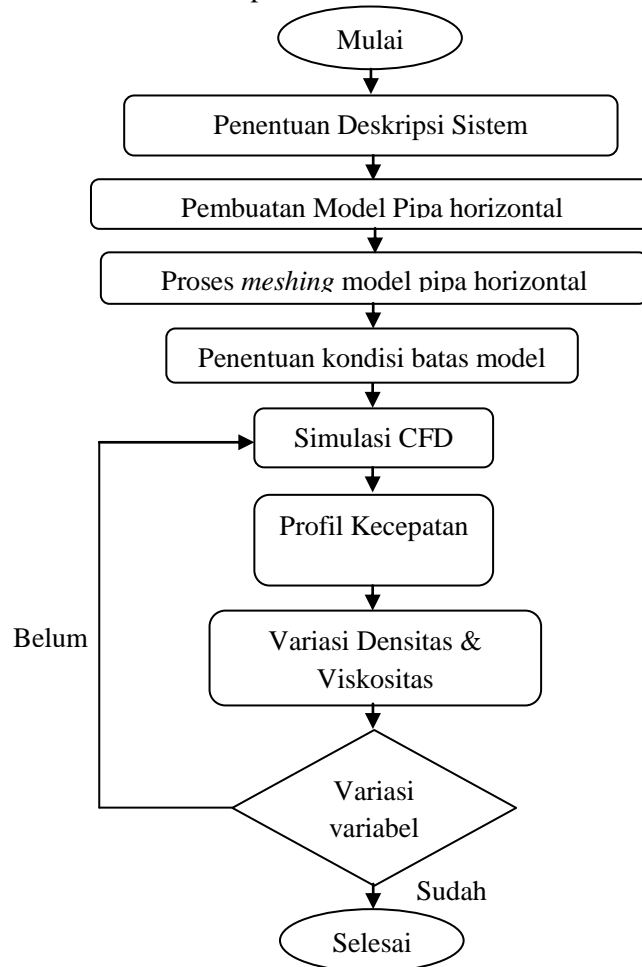
## METODE

Penelitian dengan judul pengaruh densitas dan viskositas terhadap profil kecepatan pada aliran fluida laminar di dalam pipa horizontal mempunyai metode penelitian seperti ditunjukkan pada gambar 1. Penelitian dimulai dengan menentukan deskripsi sistem model pipa horizontal. Penentuan deskripsi sistem dilakukan untuk membatasi sistem yang akan diteliti dan menentukan nilai awal yang akan digunakan untuk melihat pengaruh densitas dan viskositas terhadap profil kecepatan. Deskripsi sistem yang digunakan dalam penelitian ini diberikan pada tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Sistem Model Pipa Horizontal Dua Dimensi

No	Deskripsi Model	Nilai
1	<i>Spacing mesh</i>	110 x 7 <i>mesh</i>
2	<i>Element mesh</i>	<i>Quad</i>
3	<i>Viscous model</i>	Laminar
4	Ukuran model 2D	10 x 0,2 satuan meter
5	Kecepatan awal fluida	1 m/s
6	Tekanan operasi	1 atm
7	Viskositas fluida	$2 \times 10^{-3}$ kg/m.s
8	Densitas fluida	$1 \text{ kg/m}^3$

*Spacing mesh* dipilih sebesar 110 x 7 *mesh* sehingga aliran fluida pada pipa bagian horizontal bisa disimulasikan dengan baik. *Element mesh* dipilih *quad* karena elemen persegi panjang (*quad*) mempunyai geometri yang sama dengan model pipa horizontal (Tuakia, 2008). Model viskositas dipilih laminar agar proses analisis lebih sederhana. Kecepatan awal fluida dan tekanan operasi dipilih pada nilai yang kecil sehingga proses penelitian terhadap pengaruh densitas dan viskositas bisa dilakukan tanpa terpengaruh oleh efek kecepatan awal dan tekanan operasi.



Gambar 1. Metode Penelitian

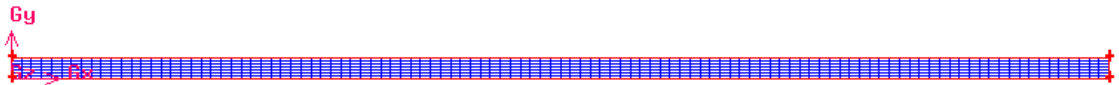
Nilai viskositas  $2 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas  $1 \text{ kg/m}^3$  dipilih sebagai nilai awal untuk penelitian ini. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Rajesh Bhaskaran pada tahun 2002, ketika nilai viskositas  $2 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas  $1 \text{ kg/m}^3$  maka profil kecepatan mencapai dua kondisi yang diinginkan yaitu kecepatan ketika fluida memasuki model pipa horizontal dan kecepatan ketika fluida sudah mencapai kondisi berkembang penuh.

Ketika proses deskripsi sistem model pipa horizontal dua dimensi telah dilakukan maka langkah selanjutnya adalah pembuatan model pipa horizontal. Model dibuat dengan menggunakan *software* Gambit 2.2.30. Proses pembuatan model pipa horizontal sama dengan menggambar sebuah objek dengan menggunakan *computer aided design* (CAD). Ukuran model yang digunakan adalah panjang sebesar 10 satuan meter dan lebar sebesar 0,2 satuan meter. Hasil pembuatan model pipa horizontal dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Model Pipa Horizontal Dua Dimensi

Proses selanjutnya adalah *meshing* pada model pipa horizontal dua dimensi. Model pipa horizontal dua dimensi dibagi dalam *finite element* untuk menghitung fenomena aliran fluida pada setiap *element*. Pembagian *mesh* pada pipa horizontal adalah sebanyak 110 *mesh* untuk bagian horizontal dan 7 *mesh* untuk bagian vertikal. Hasil proses *mesh* pada model pipa horizontal diberikan pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil Mesh Pada Model Pipa Horizontal

Penentuan *boundary condition* (kondisi batas) pada masing-masing bagian pipa horizontal dilakukan setelah proses *meshing* selesai dilakukan. Pada model sistem pipa horizontal ditentukan terdapat empat macam kondisi batas yaitu *velocity inlet*, *wall*, *axis* dan *pressure outlet*. Kondisi batas *velocity inlet* merupakan kondisi batas fluida masuk, kondisi batas *wall* merupakan dinding pipa horizontal, kondisi batas *axis* merupakan titik tengah dari aliran fluida dan kondisi batas *pressure outlet* merupakan aliran fluida keluar dari model pipa horizontal. Kondisi batas (*boundary condition*) pada model pipa horizontal dua dimensi dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Kondisi Batas Model Pipa Horizontal

Langkah selanjutnya adalah simulasi *computational fluid dynamics* (CFD). Simulasi CFD dilakukan dengan menggunakan *software* Fluent 6.2.16. Metode yang digunakan dalam simulasi CFD menggunakan Fluent adalah metode volum hingga. Variasi nilai densitas dan viskositas dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai pengaruh dua variabel (densitas dan viskositas) terhadap profil kecepatan. Variasi nilai dilakukan berdasarkan beberapa kondisi simulasi yang dijelaskan pada tabel 2.

Tabel 2. Kondisi Simulasi CFD Terhadap Variabel Viskositas dan Densitas

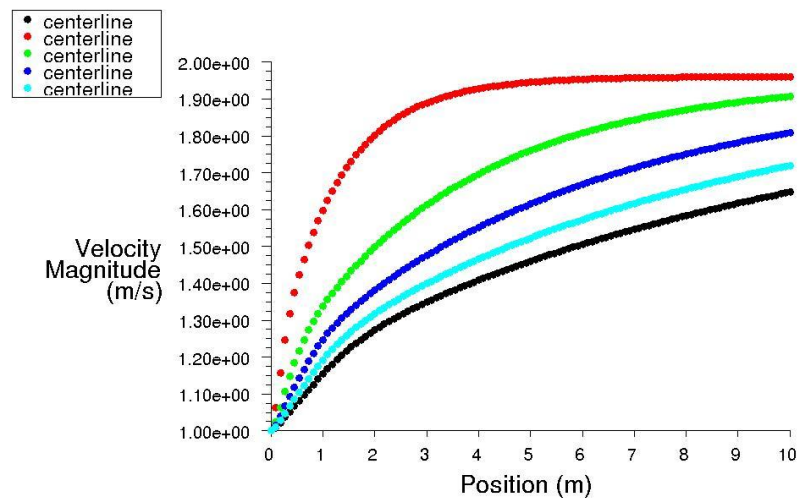
No	Simulasi	Viskositas	Densitas
1	Pertama	Tetap ( $2 \times 10^{-3}$ kg/m.s)	Nilai meningkat (Range $10-50$ kg/m <sup>3</sup> )
2	Kedua	Nilai meningkat (Range $2 \times 10^{-3} - 8 \times 10^{-3}$ kg /m.s)	Tetap ( $1$ kg/ m <sup>3</sup> )
3	Ketiga	Nilai meningkat (Range $10 \times 10^{-3} - 50 \times 10^{-3}$ kg /m.s)	Nilai meningkat (Range $2-6$ kg/ m <sup>3</sup> )
4	Keempat	Nilai menurun (Range $0,25 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-3}$ kg /m.s)	Nilai meningkat (Range $1-7$ kg/ m <sup>3</sup> )
5	Kelima	Nilai meningkat (Range $2 \times 10^{-3} - 8 \times 10^{-3}$ kg /m.s)	Nilai menurun ( $0,125 - 1$ kg/ m <sup>3</sup> )

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berupa grafik antara kecepatan fluida dan posisi pada model pipa horizontal. Pembagian subbab hasil dan pembahasan disesuaikan dengan pembagian proses simulasi seperti dijelaskan pada tabel 2.

#### Densitas Meningkat dan Viskositas Konstan

Kondisi yang pertama adalah ketika densitas meningkat dan viskositas konstan. Pengaruh densitas yang meningkat dan viskositas yang konstan terhadap profil kecepatan dapat dilihat pada gambar 5. Nilai viskositas sebesar  $2 \times 10^{-3}$  kg/m.s.



Velocity Magnitude  
 Jul 28, 2012  
 FLUENT 6.2 (axi, dp, segregated, lam)

Gambar 5. Pengaruh Densitas yang Meningkat dan Viskositas yang Konstan Terhadap Profil Kecepatan (Range Densitas  $1 - 9$  kg/m<sup>3</sup>)

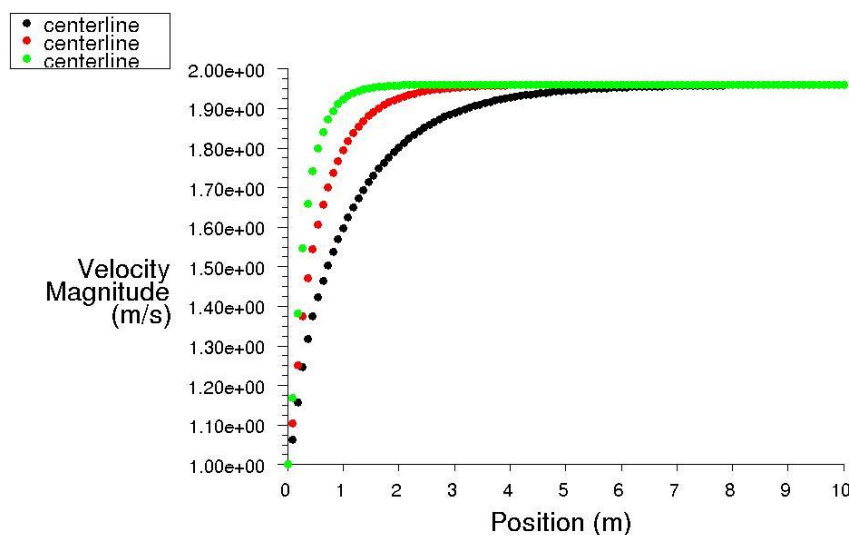
Keterangan:

- Warna merah = Densitas  $1$  kg/m<sup>3</sup>
- Warna hijau = Densitas  $3$  kg/m<sup>3</sup>
- Warna ungu = Densitas  $5$  kg/m<sup>3</sup>
- Warna biru muda = Densitas  $7$  kg/m<sup>3</sup>
- Warna hitam = Densitas  $9$  kg/m<sup>3</sup>

Ketika densitas meningkat dan viskositas konstan maka akan terjadi fenomena seperti yang diberikan pada gambar 5. Semakin besar densitas fluida maka semakin jauh posisi fluida untuk mencapai kondisi berkembang penuh (kecepatan stabil). Pada densitas  $1 \text{ kg/m}^3$ , fluida sudah mencapai kondisi berkembang penuh pada posisi 5,64 meter. Kecepatan fluida pada posisi 5,64 meter sebesar 1,95 m/s. Kecepatan maksimum fluida pada posisi 10 meter sebesar 1,96 m/s. Ketika densitas mengalami kenaikan menjadi  $3 \text{ kg/m}^3$ , fluida belum mencapai kondisi berkembang penuh pada posisi 5,64 meter. Kecepatan fluida pada posisi 5,64 meter sebesar 1,79 m/s. Kecepatan maksimum fluida pada posisi 10 meter sebesar 1,9 m/s.

### Viskositas Meningkat dan Densitas Konstan

Kondisi yang kedua adalah ketika viskositas meningkat dan densitas konstan. Pengaruh viskositas yang meningkat dan densitas yang konstan terhadap profil kecepatan dapat dilihat pada gambar 6. Nilai densitas sebesar  $1 \text{ kg/m}^3$ . Ketika viskositas meningkat dan densitas konstan maka seluruh kondisi simulasi (3 kondisi) mencapai kondisi berkembang penuh (kecepatan konstan). Hal ini bisa dilihat pada gambar 6, ketika grafik hijau, merah dan hitam mencapai kecepatan konstan. Perbedaan diantara ketiga grafik tersebut adalah kondisi awal sebelum mencapai kondisi berkembang penuh.



Velocity Magnitude  
FLUENT 6.2 (axi, dp, segregated, lam)  
Jul 31, 2012

Gambar 6. Pengaruh Viskositas yang Meningkat dan Densitas yang Tetap Terhadap Profil Kecepatan (*Range* Viskositas  $2 \times 10^{-3} - 8 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$ )

Ketika viskositas mempunyai nilai  $2 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$  maka fluida akan mencapai kecepatan 1,95 m/s pada posisi 5,64 m. Namun ketika viskositas mempunyai nilai  $4 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$ , fluida mencapai kecepatan 1,95 m/s pada posisi 2,82 m. Fluida semakin cepat mencapai kondisi berkembang penuh ketika viskositas meningkat menjadi  $8 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$ . Fluida mencapai kecepatan 1,95 m/s pada posisi 1,45 m. Nilai kecepatan maksimum fluida untuk semua kondisi viskositas meningkat sebesar 1,96 m/s. Semakin besar nilai viskositas maka semakin cepat fluida mengalami kondisi berkembang penuh.

Keterangan:

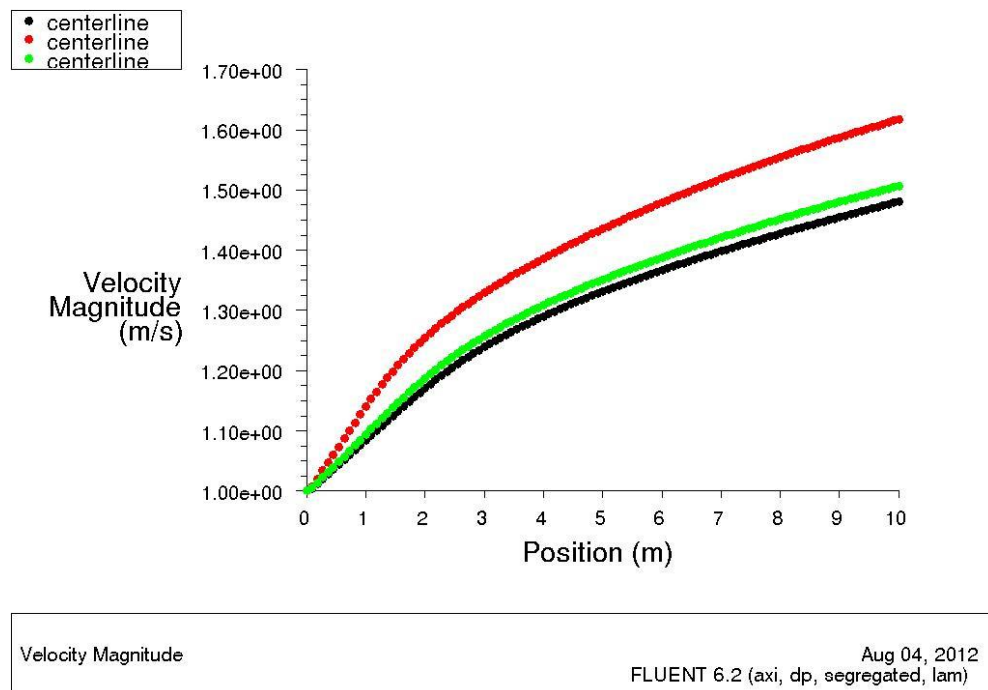
Warna hitam = Viskositas  $2 \times 10^{-3}$  kg/m.s

Warna merah = Viskositas  $4 \times 10^{-3}$  kg/m.s

Warna hijau = Viskositas  $8 \times 10^{-3}$  kg/m.s

### Viskositas Meningkat dan Densitas Meningkat

Kondisi yang ketiga adalah ketika viskositas meningkat dan densitas meningkat. Pengaruh viskositas yang meningkat dan densitas yang meningkat terhadap profil kecepatan dapat dilihat pada gambar 7. Range viskositas dari nilai  $2 \times 10^{-3}$  kg/m.s sampai  $6 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan range densitas dari nilai  $10 \text{ kg/m}^3$  sampai  $50 \text{ kg/m}^3$ .



Gambar 7. Pengaruh Viskositas dan Densitas yang Meningkat Terhadap Profil Kecepatan (Range Viskositas  $2 \times 10^{-3}$  –  $6 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan Densitas  $10$ - $50 \text{ kg/m}^3$ )

Keterangan:

Warna merah =  $10 \text{ kg/m}^3$  dan  $2 \times 10^{-3}$  kg/m.s

Warna hijau =  $30 \text{ kg/m}^3$  dan  $4 \times 10^{-3}$  kg/m.s

Warna hitam =  $50 \text{ kg/m}^3$  dan  $6 \times 10^{-3}$  kg/m.s

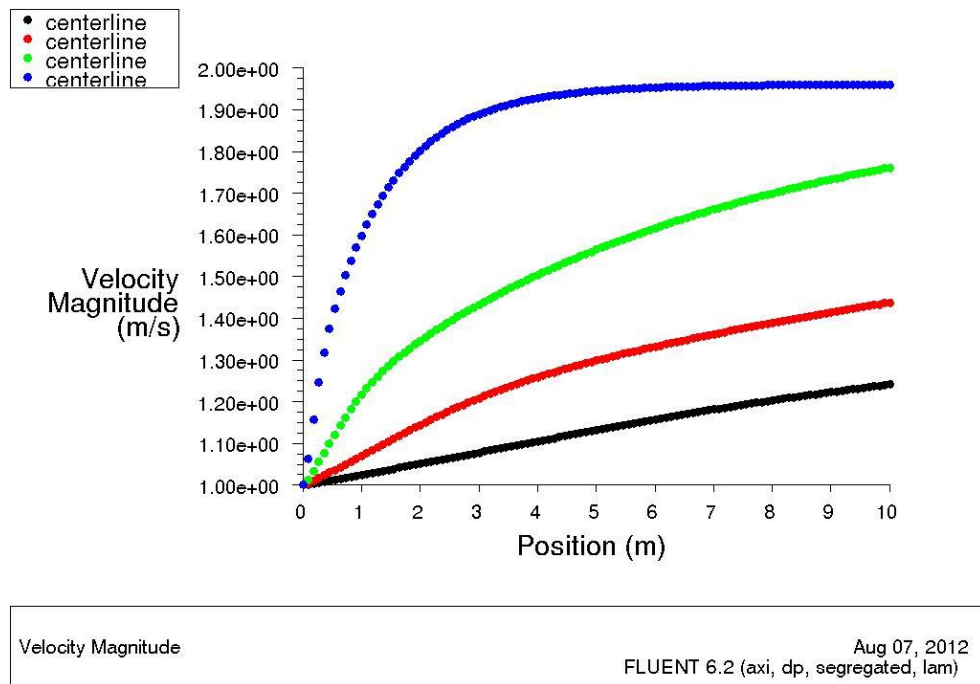
Ketika viskositas meningkat dan densitas meningkat maka profil kecepatan terhadap posisi mempunyai karakteristik seperti pada gambar 7. Semakin besar densitas dan viskositas maka rata-rata kecepatan fluida semakin rendah. Hal ini dibuktikan dengan densitas sebesar  $10 \text{ kg/m}^3$  dan viskositas sebesar  $2 \times 10^{-3}$  kg/m.s yang mempunyai rata-rata kecepatan fluida sebesar  $1,4 \text{ m/s}$ . Ketika densitas dan viskositas meningkat menjadi  $30 \text{ kg/m}^3$  dan  $4 \times 10^{-3}$  kg/m.s maka rata-rata kecepatan fluida menjadi  $1,32 \text{ m/s}$ . Hal yang sama juga terjadi ketika densitas dan viskositas meningkat menjadi  $50 \text{ kg/m}^3$  dan  $6 \times 10^{-3}$  kg/m.s. Rata-rata kecepatan fluida menjadi  $1,3 \text{ m/s}$ .

Kondisi berkembang penuh tidak pernah tercapai ketika densitas dan viskositas meningkat. Hal ini terbukti pada gambar 7, ketiga grafik tidak pernah mencapai

kecepatan konstan. Gradien ketiga grafik tidak pernah bernilai 0, nilai gradien pada grafik berwarna merah sebesar 0,045. Nilai gradien pada grafik berwarna hijau sebesar 0,04 dan grafik berwarna hitam sebesar 0,039.

### Viskositas Menurun dan Densitas Meningkat

Kondisi yang keempat adalah ketika viskositas menurun dan densitas meningkat. Pengaruh viskositas yang menurun dan densitas yang meningkat terhadap profil kecepatan dapat dilihat pada gambar 8. Ketika viskositas sebesar  $2 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas sebesar  $1 \text{ kg/m}^3$ , kondisi berkembang penuh tercapai. Hal ini dibuktikan dengan kecepatan pada posisi 5,64 m sebesar 1,95 m/s. Kecepatan akhir pada posisi 10 m sebesar 1,96 m/s. Fenomena yang berbeda terjadi ketika viskositas mengalami penurunan menjadi  $1 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas mengalami kenaikan menjadi  $3 \text{ kg/m}^3$ . Kondisi berkembang penuh tidak tercapai ketika viskositas menurun dan densitas meningkat. Hal ini terlihat pada grafik warna hijau, kecepatan pada posisi 5,64 m sebesar 1,6 m/s dan kecepatan akhir pada posisi 10 m sebesar 1,76 m/s. Kecepatan fluida yang dicapai oleh grafik warna hijau lebih rendah daripada grafik warna biru. Hal yang sama juga terjadi pada viskositas  $0,5 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas  $5 \text{ kg/m}^3$ . Kecepatan fluida yang dimiliki oleh grafik warna merah lebih rendah daripada grafik warna biru. Berdasarkan fenomena-fenomena yang terjadi dapat disimpulkan bahwa semakin menurun viskositas dan semakin meningkat densitas maka kecepatan konstan tidak pernah tercapai dalam jarak 10 m.



Gambar 8. Pengaruh Viskositas yang Menurun dan Densitas yang Meningkat Terhadap Profil Kecepatan (Range Viskositas  $0,25 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan Densitas  $1-7 \text{ kg/m}^3$ )

Keterangan:

Warna biru = viskositas  $2 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas  $1 \text{ kg/m}^3$

Warna hijau = viskositas  $1 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas  $3 \text{ kg/m}^3$

Warna merah = viskositas  $0,5 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas  $5 \text{ kg/m}^3$

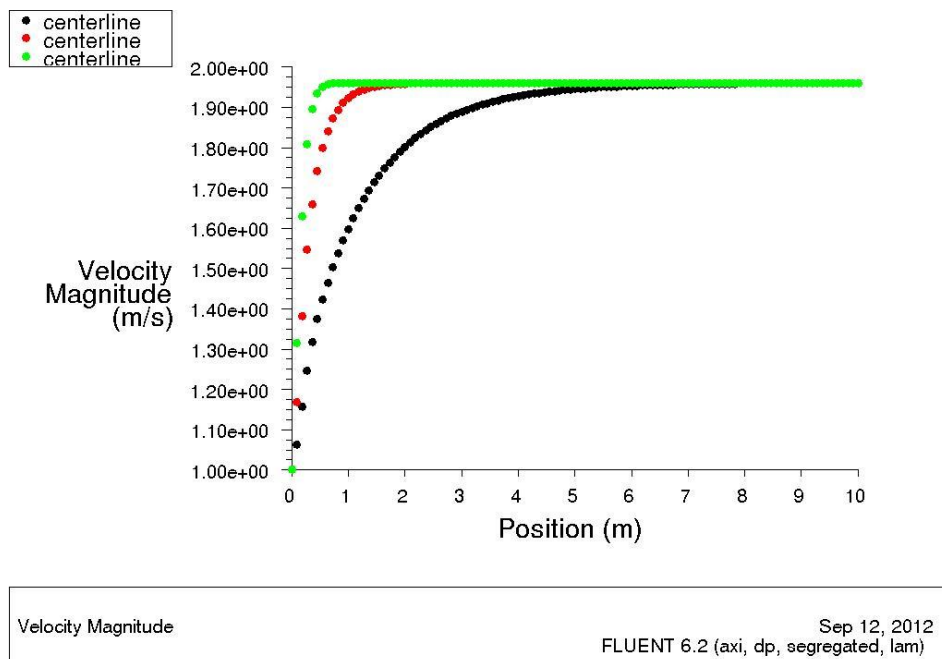
Warna hitam = viskositas  $0,25 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas  $7 \text{ kg/m}^3$



### Viskositas Meningkat dan Densitas Menurun

Kondisi yang kelima adalah ketika viskositas meningkat dan densitas menurun. Pengaruh viskositas yang meningkat dan densitas yang menurun terhadap profil kecepatan dapat dilihat pada gambar 9. *Range* viskositas dari nilai  $2 \times 10^{-3}$  kg/m.s sampai  $6 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan *range* densitas dari nilai  $0,25$  kg/m<sup>3</sup> sampai  $1$  kg/m<sup>3</sup>.

Semua grafik (hijau, merah dan hitam) mencapai berkembang penuh. Hal ini bisa dilihat pada gambar 9. Perbedaan yang terjadi adalah pada posisi untuk mencapai kondisi berkembang penuh. Ketika nilai viskositas  $2 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas  $1$  kg/m<sup>3</sup>, kecepatan konstan sebesar  $1,96$  m/s dicapai pada posisi  $8,64$  m. Namun untuk nilai viskositas  $4 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas  $0,5$  kg/m<sup>3</sup>, kecepatan konstan sebesar  $1,96$  m/s dicapai pada posisi  $4,73$  m. Semakin meningkat viskositas dan semakin menurun densitas maka kondisi berkembang penuh semakin cepat tercapai. Ketika nilai  $6 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas  $0,25$  kg/m<sup>3</sup>, kecepatan konstan sebesar  $1,96$  m/s dicapai pada posisi  $1,45$  m.



Gambar 9. Pengaruh Viskositas yang Meningkat dan Densitas yang Menurun Terhadap Profil Kecepatan (*Range* Viskositas  $2 \times 10^{-3}$  –  $6 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan Densitas  $0,25$ - $1$  kg/m<sup>3</sup>)

Keterangan:

Warna hitam = viskositas  $2 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas  $1$  kg/m<sup>3</sup>

Warna merah = viskositas  $4 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas  $0,5$  kg/m<sup>3</sup>

Warna hijau = viskositas  $6 \times 10^{-3}$  kg/m.s dan densitas  $0,25$  kg/m<sup>3</sup>

### PENUTUP

Kesimpulan diberikan sebagai rangkuman hasil penelitian yang menjadi esensi dari penelitian ini. Saran merupakan hal-hal yang dapat dijadikan sebagai pengembangan terhadap penelitian di bidang *computational fluid dynamics* (CFD) di masa mendatang.

### Kesimpulan

Penelitian dengan judul pengaruh densitas dan viskositas terhadap profil kecepatan pada aliran fluida laminar di dalam pipa horizontal mempunyai lima kesimpulan.

Kesimpulan yang bisa diberikan berdasarkan proses penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Semakin besar densitas fluida maka semakin jauh posisi fluida untuk mencapai kondisi berkembang penuh
2. Semakin besar nilai viskositas maka semakin cepat fluida mengalami kondisi berkembang penuh
3. Semakin besar densitas dan viskositas maka rata-rata kecepatan fluida semakin rendah dan kondisi berkembang penuh tidak pernah tercapai dalam jarak 10 m
4. Semakin menurun viskositas dan semakin meningkat densitas maka kecepatan konstan tidak pernah tercapai dalam jarak 10 m
5. Semakin meningkat viskositas dan semakin menurun densitas maka kondisi berkembang penuh semakin cepat tercapai dalam jarak 10 m

### **Saran**

*Computational fluid dynamics* (CFD) merupakan bidang yang mempunyai aspek penelitian sangat luas sehingga pengembangan terhadap bidang ini sangat terbuka di masa mendatang. Saran yang bisa diberikan untuk dapat meningkatkan pemahaman dan menguak misteri tentang CFD adalah sebagai berikut:

1. Model yang digunakan dalam penelitian adalah dua dimensi sehingga pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan untuk melihat fenomena aliran dengan model tiga dimensi.
2. Variabel yang mempengaruhi aliran fluida seperti kecepatan awal dan tekanan sistem perlu diteliti untuk melihat pengaruhnya terhadap kecepatan fluida.
3. Model viskos pada penelitian ini adalah laminar sehingga penelitian di masa mendatang bisa ditingkatkan pada model viskos turbulen.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ahmad M.S. 2009. **CFD Simulation of Bubbly Two Phase Flow in Horizontal Pipes**. *Bachelor of Chemical Engineering Thesis*, Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering, University Malaysia Pahang.
- Al Yaari M.A., Abu-Sharkh B.F. 2011. **CFD Prediction of Stratified Oil-Water Flow in a Horizontal Pipe**. *Asian Transactions on Engineering*, 1 (5), 68-75.
- Bhaskaran R. 2002. **Laminar Pipe Flow. Fluent Tutorials**. Cornell University. Sibley School of Mechanical and Aerospace Engineering.  
<https://courses.cit.cornell.edu/fluent/pipe1/index.htm>
- Eesa M. 2009. **CFD Studies of Complex Fluid Flows in Pipes**. *Ph.D Thesis*, Department of Chemical Engineering, College of Engineering and Physical Science, The University of Birmingham.
- Munkejord S.T., Molnvik M.J., Melheim J.A., Gran I.R., Olsen R. 2005. **Prediction of Two Phase Pipe Flows Using Simple Closure Relations in a 2D Two Fluid Model**. *4<sup>th</sup> International Conference on CFD in the Oil and Gas, Metallurgical & Process Industries SINEF*, 1- 13.
- Rusche H. 2002. **Computational Fluid Dynamics of Dispersed Two Phase Flows At High Phase Fractions**. *Ph.D and Diploma Thesis*, Imperial College of Science, Technology and Medicine, Department of Mechanical Engineering, London.
- Tuakia F. 2008. **Dasar-dasar Computational Fluid Dynamics (CFD) Menggunakan Fluent**. Bandung: Informatika.