



ANALISA ALIRAN FLUIDA (*FULLY DEVELOPED FLOW*) PADA PIPA *CIRCULAR* DENGAN MENGGUNAKAN CFD FLUENT

Wildan Fathoni^{1*}, Sentot Novianto¹

¹Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Jl. Raya Cipeundeuy-Pabuaran Km. 3,5 Cipeundeuy-Subang, Jawa Barat 41272, Indonesia

*Email Penulis: wildanalfatih@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 18/09/2018
Naskah Direvisi 25/09/2018
Naskah Disetujui 08/10/2018
Naskah Online 17/10/2018

ABSTRAK

Pada dasarnya aliran fluida di dalam pipa bundar mengalami perkembangan nilai kecepatan. Untuk mengetahui nilai titik dimulainya perkembangan kecepatan aliran di dalam pipa dapat diketahui dengan bantuan *software* CFD Fluent dengan model persamaan komputasi *k-epsilon* untuk aliran turbulen nilai Reynold tinggi, yang nantinya hasil simulasi CFD akan di bandingkan dengan hasil perhitungan manual. Dalam simulasi ini bertujuan untuk melakukan simulasi pada pemodelan aliran turbulen di dalam pipa dan untuk mengetahui titik dimulainya perkembangan penuh aliran fluida di dalam pipa. Variasi model pipa yang diuji memiliki ukuran diameter pipa 0.0254 m dan 0.0508 m, dengan panjang masing-masing tiap pipa 2 meter. Kecepatan masuk aliran fluida 1 m/s pada tiap pipa didapat hasil dengan nilai kecepatan aliran tertinggi pada pipa diameter 0.0254 m sebesar 1.241 m/s, dengan nilai tekanan 972 Pa sedangkan pada pipa diameter 0.0508 m sebesar 1.233 m/s, dan nilai tekanan 427 Pa. Nilai titik dimulainya *fully developed* hasil simulasi pada pipa diameter 0.0254 m pada panjang ke 0.55 m, dan untuk pipa diameter 0.0508 m pada panjang ke 1.2 m. Hasil simulasi pada pipa diameter 0.0508 m lebih mendekati dengan hasil menggunakan persamaan dari buku (Munson, 2010) dan persamaan (Bhatti & Shah) dengan selisih perbedaan 0.16 m, untuk pipa diameter 0.0254 m hasil simulasi lebih mendekati ke persamaan dari buku (Munson, 2010) dengan selisih perbedaan 0.05 m. Ukuran diameter pipa berpengaruh pada nilai *fully developed*, semakin besar diameter pipa maka nilai *fully developed* nya akan semakin panjang.

Kata kunci: CFD Fluent, *velocity*, pipa, *fully developed*, aliran turbulen.

1. PENDAHULUAN

Ilmu perancangan tentang mekanika fluida telah dikembangkan melalui pemahaman mengenai sifat-sifat fluida. Fluida adalah zat yang berubah bentuk secara kontinu (terus-menerus) bila terkena tegangan geser, betapapun kecilnya tegangan geser itu. Gaya geser adalah komponen gaya yang menyinggung permukaan, dan gaya ini yang dibagi dengan luas permukaan tersebut adalah tegangan geser rata-rata pada permukaan itu (Victor et al., 1988).

Fluida diklasifikasikan sebagai fluida Newton dan fluida bukan Newton. Dalam fluida Newton terdapat hubungan linier antara besarnya tegangan geser yang diterapkan dan laju perubahan bentuk yang diakibatkan [μ konstan]. Dalam fluida bukan Newton terdapat hubungan tak linier antara besarnya tegangan geser yang diterapkan dan laju perubahan bentuk sudut. Gas dan cairan cenderung bersifat fluida Newton, sedangkan hidrokarbon berantai panjang yang kental mungkin bersifat bukan Newton. Sifat kerapatan dan sifat viskositas memegang peranan penting dalam hal aliran fluida di dalam saluran

terbuka maupun saluran tertutup, dan untuk hal aliran sekitar benda yang terendam (Victor et al., 1988).

Aplikasi dari ilmu mekanika fluida ini memiliki peran penting dalam bidang industri, pertanian, kedokteran, dan lain sebagainya (Immawan, 2015). Untuk kebutuhan penelitian tersebut bahkan sampai dengan tingkat desain, perlu dibutuhkan suatu alat yang mampu menganalisis atau memprediksi dengan cepat dan akurat. Maka berkembanglah suatu ilmu yang dinamakan (CFD) *Computational Fluid Dynamic* (Firman, 2008).

CFD merupakan suatu sistem analisa yang menyertakan aliran fluida, perpindahan panas dan yang berhubungan seperti reaksi kimia dengan simulasi berdasarkan komputer (Versteeg, 1995). CFD pada perhitungannya menggunakan metode perhitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap - tiap elemen pembagiannya, atas prinsip-prinsip dasar mekanika fluida (Ahmad, 2007). Adapun *software* CFD yang sering digunakan salah satu diantaranya yaitu; *Fluent Software*. *Software* CFD *Fluent* adalah salah satu jenis program CFD yang menggunakan metode volume hingga. *Fluent* menyediakan fleksibilitas *mesh* yang lengkap, sehingga dapat menyelesaikan kasus aliran fluida dengan *mesh* yang tidak terstruktur sekalipun dengan cara yang relatif mudah. Jenis *mesh* yang didukung oleh *Fluent* adalah tipe 2D *triangular-quadrilateral*, 3D *tetrahedral-hexahedral-pyramid-wedge*, dan *mesh* campuran (Firman, 2008).

Dalam penelitian ini bertujuan untuk menerapkan ilmu mekanika fluida dan untuk melakukan simulasi pemodelan aliran turbulen dalam pipa bundar, dengan menggunakan *software* ANSYS CFD *Fluent* 15.0 sehingga hasil yang diamati mengetahui nilai titik dimulainya perkembangan penuh aliran (*fully developed*) pada pipa bundar.

Fully developed merupakan suatu pergerakan fluida dimana pada saat fluida masuk (*inlet*) sampai keluar (*outlet*) adanya perkembangan kecepatan pada aliran fluida di dalam pipa. Hal ini dikarenakan adanya lapisan batas (*boundary layer*), maka terjadilah suatu gesekan (*friction*) yang mengakibatkan perkembangan kecepatan pada aliran fluida tersebut (Munson, 2010). Untuk mengetahui titik dimulainya aliran fluida berkembang penuh pada pipa bundar menggunakan dua persamaan yaitu persamaan dari buku (Munson, 2010) untuk aliran turbulen:

$$\frac{L_e}{D} = 4.4 Re^{1/6} \quad (1)$$

Dan (Bhatti & Shah) untuk aliran turbulen:

$$L = 1.359 D Re^{1/4} \quad (2)$$

Dimana D adalah diameter pipa dan Re adalah bilangan Reynold.

Untuk mencari Re pada suatu aliran fluida menggunakan persamaan berikut:

$$Re = \frac{\rho.V.D}{\mu} \quad (3)$$

Dimana ρ dan μ dinyatakan sebagai nilai densitas dan viskositas, sedangkan kecepatan aliran (V) sebesar 1 m/s.

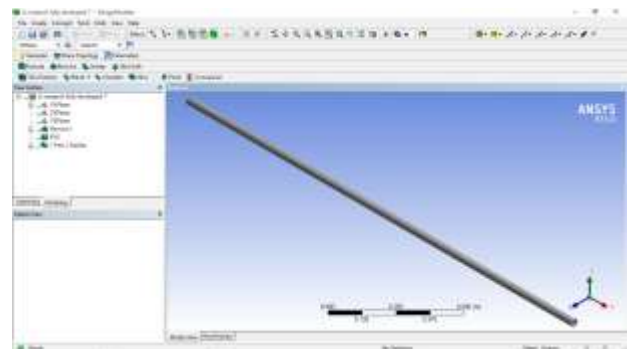
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Langkah-Langkah Simulasi

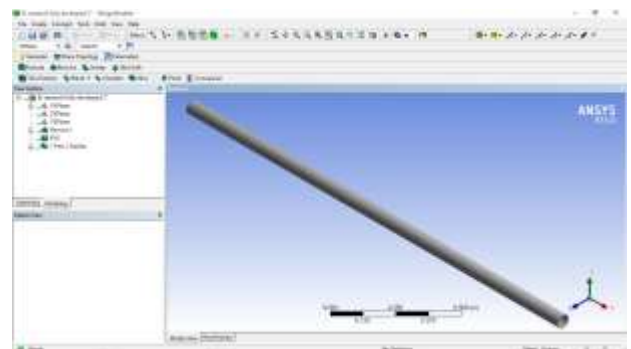
Pada umumnya proses simulasi dalam CFD terdiri dari tiga bagian utama yaitu:

1. Pre-Processor

Pre-Processor merupakan langkah pertama pada proses simulasi. Teknisnya meliputi membuat geometri, mengeksport geometri dalam paket CAD, membuat *mesh* dan menentukan kondisi batas pada model.



Gambar 1. Design Modeler Pipa Diameter 0.0254 m



Gambar 2. Design Modeler Pipa Diameter 0.0508 m

2. Processor

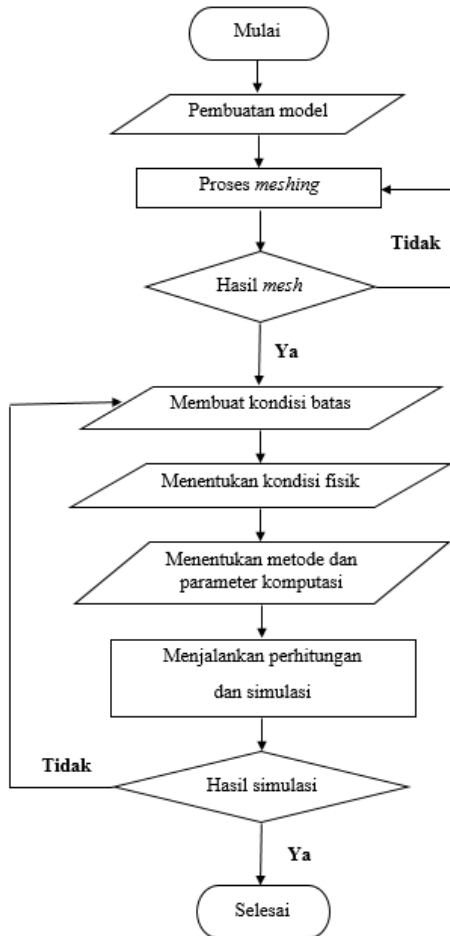
Processor merupakan suatu proses perhitungan data-data yang telah di *input* dengan persamaan yang terlibat secara iteratif. Artinya perhitungan dilakukan hingga mendekati atau menuju *error* yang terkecil dan mencapai nilai konvergen. Pada tahap ini kecepatan masuk pada tiap pipa sebesar 1 m/s. Dengan model persamaan komputasi *k-epsilon*.

3. Post-Processor

Post-Processor merupakan tahap akhir dalam proses CFD. Hasil dari perhitungan disajikan ke dalam gambar, vektor, grafik, warna dan animasi dengan pola warna tertentu.

2.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram ini menguraikan proses simulasi dari pembuatan model, *meshing*, penentuan kondisi batas, menentukan model persamaan komputasi, dan hasil simulasi.



Gambar 3. Flowchart Penelitian

3 HASIL DAN ANALISA

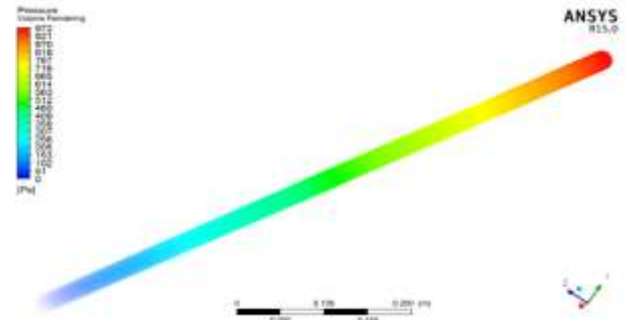
Nilai densitas dan viskositas fluida diperoleh dari *software* REFPROP yang disajikan pada tabel 1 dengan asumsi temperatur fluida (*water liquid* H₂O) 20°C.

Tabel 1. Sifat-Sifat Fisika Air

Temp. (°C)	Pressure (MPa)	Density (kg/m ³)	Viscosity (kg/m-s)	Vapor Density (kg/m ³)	Vapor Viscosity (kg/m-s)
5	0.00087	999.9	0.0015	0.0068	0.000093
10	0.0012	999.7	0.0013	0.0094	0.000095
15	0.0017	999.1	0.0011	0.013	0.000096
20	0.0023	998.2	0.001	0.017	0.000097
25	0.0032	997	0.00089	0.023	0.000099

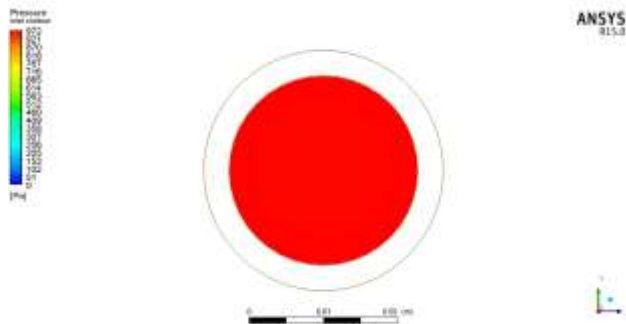
Kontur Tekanan Pada Pipa Diameter 0.0254 m

Gambar 4 merupakan kontur tekanan aliran fluida di dalam pipa bundar dalam tampilan 3 dimensi yang menampilkan tekanan aliran fluida di dalam pipa bundar. Arah aliran dimulai dari warna merah sebagai saluran masuk dan warna biru merupakan saluran keluar.



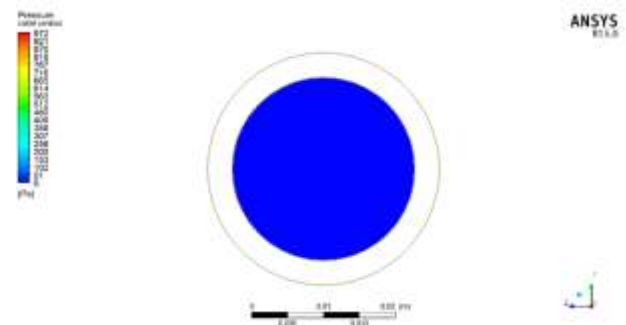
Gambar 4. Tampilan 3 Dimensi Volume Rendering Tekanan

Pada gambar 5 kontur tekanan pada saluran masuk (*inlet*) dimana pada permukaannya warna keseluruhan merah, hal ini berartikan pada seluruh permukaan *inlet* memiliki nilai tekanan yang sama yaitu; 972 Pa. Garis lingkaran luar dengan warna abu-abu menunjukkan bentuk dari dinding luar pipa.



Gambar 5. Kontur Tekanan Pada Saluran Masuk (*inlet*)

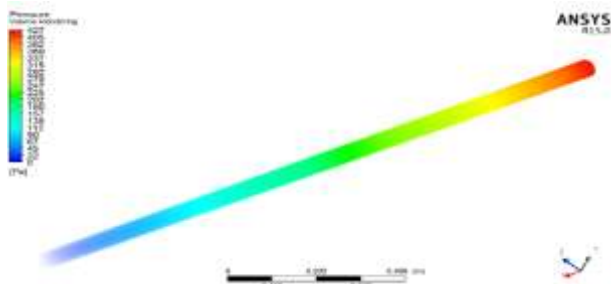
Pada gambar 6 tekanan pada saluran keluar adanya penurunan nilai tekanan. Nilai tekanan pada saluran keluar berkisar antara 51 sampai 0 Pa, jika dilihat dari nilai dan warna biru dari permukaan saluran keluar (*outlet*).



Gambar 6. Kontur Tekanan Pada Saluran Keluar (*outlet*)

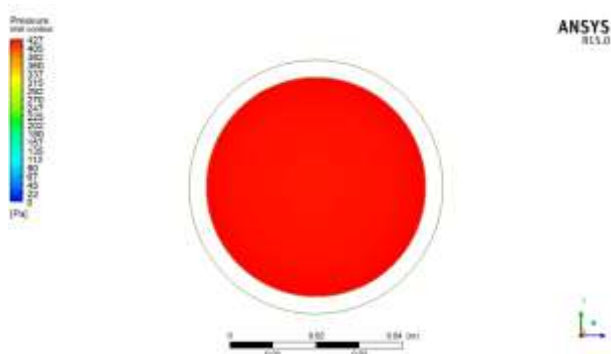
Kontur Tekanan Pada Pipa Diameter 0.0508 m

Pada gambar 7 menampilkan tekanan aliran fluida 3 dimensi pada pipa diameter 0.0508 m. Dengan nilai tekanan pada *inlet* sebesar 427 Pa sedangkan pada *outlet* berkisar 22 sampai 0 Pa.



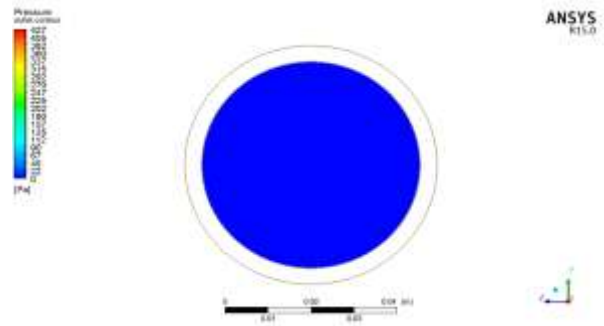
Gambar 7. Tampilan 3 Dimensi Volume Rendering Tekanan

Gambar 8 menunjukkan kontur tekanan *inlet* pada pipa diameter 0.0508 m, sama dengan kontur *inlet* pada pipa diameter 0.0254 m permukaan *inlet* di dominasi warna merah tetapi, nilai tekanan pada pipa diameter 0.0508 m lebih kecil dibanding dengan pipa diameter 0.0254 m yaitu sebesar 427 Pa.



Gambar 8. Kontur Tekanan Pada Saluran Masuk (*inlet*)

Pada daerah *outlet* memiliki nilai tekanan berkisar 22 sampai 0 Pa seperti ditunjukkan pada gambar 9. Karena ukuran pipa diameter 0.0508 m lebih besar dari pipa diameter 0.0254 m maka perbedaan nilai tekanan pada pipa diameter 0.0508 m lebih kecil hampir setengah dari nilai tekanan pada pipa diameter 0.0254 m dengan selisih nilai tekanan 545 Pa.

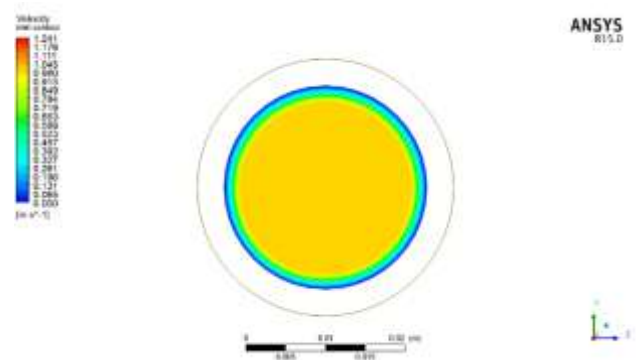


Gambar 9. Kontur Tekanan Pada Saluran Keluar (*outlet*)

Tekanan suatu aliran fluida dari *inlet* ke *outlet* di dalam pipa bundar (*circular*) akan terjadi penyusutan nilai tekanan. Penurunan nilai tekanan ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti; panjang pipa, kekasaran pipa (*roughness*) yang mengakibatkan adanya gesekan fluida dengan pipa, dan viskositas dari fluida.

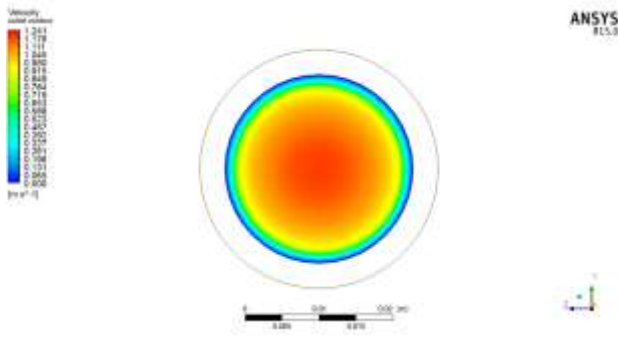
Kontur Kecepatan Aliran Pipa Diameter 0.0254 m

Pada area *inlet* Jika dilihat dengan dominan warna kuning pada gambar 10 nilai terbesar kecepatan aliran berkisar antara 0.915 m/s sampai 0.980 m/s, hal ini dikarenakan pada penentuan kondisi fisik pada area *inlet* diberi nilai kecepatan aliran sebesar 1 m/s.



Gambar 10. Kontur Kecepatan Aliran Pada Saluran Masuk (*inlet*)

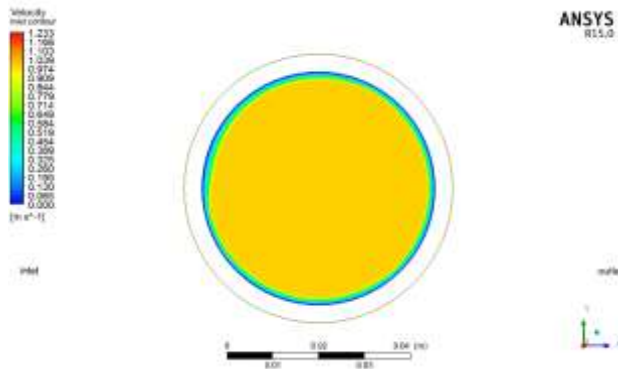
Sedangkan pada kontur kecepatan aliran di *outlet* nilai dan warna mengalami perubahan. Nilai kecepatan aliran terbesar yaitu; 1.045 sampai 1.176 m/s. Warna pada kontur *outlet* bertambah dengan adanya warna oranye dan merah, dengan adanya warna ini terjadi perkembangan kecepatan aliran fluida pada pipa bundar yang disebabkan oleh pertemuan antara fluida dengan lapisan batas dinding pipa.



Gambar 11. Kontur kecepatan Aliran Pada Saluran Keluar (*outlet*)

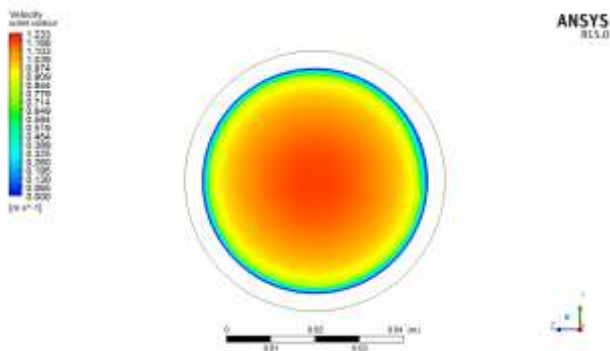
Kontur Kecepatan Aliran Pipa Diameter 0.0508

Pada saluran masuk nilai terbesar kecepatan aliran berkisar antara 0.909 sampai 0.974 m/s jika dilihat dari dominasi warna kuning pada area *inlet*. Nilai terendah pada area *inlet* berkisar 0.065 sampai 0 m/s yang terletak pada warna biru.



Gambar 12. Kontur Kecepatan Aliran Pada Saluran Masuk (*inlet*)

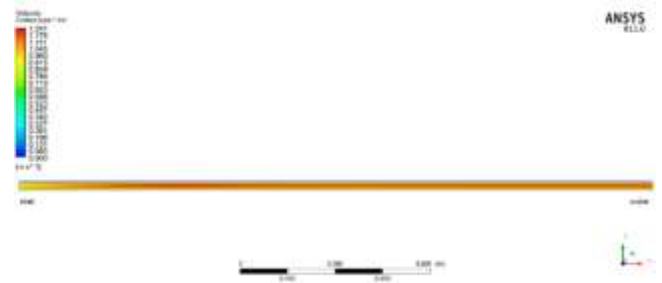
Sedangkan di saluran keluar nilai kecepatan aliran terbesar sekitar 1.039 sampai 1.168 m/s dari warna yang dominan pada permukaan *outlet* yaitu; oranye dan warna merah. Pipa diameter 0.0254 m memiliki nilai kecepatan aliran lebih tinggi dibanding dengan pipa diameter 0.0508 m dengan selisih perbedaan 0.008 m/s.



Gambar 13. Kontur Kecepatan Aliran Pada Saluran Keluar (*outlet*)

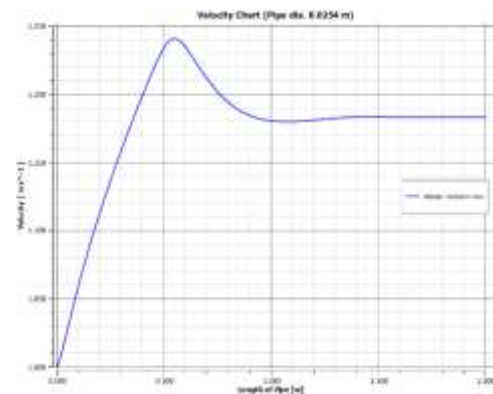
Analisa Titik Dimulainya Aliran *Fully Developed*

Pada simulasi ini untuk menentukan titik dimulainya aliran berkembang penuh (*fully developed*) dari hasil simulasi dengan melihat grafik kecepatan aliran dan kontur kecepatan aliran pada sepanjang pipa. Gambar 14 kontur kecepatan aliran untuk mengetahui nilai kecepatan aliran dan memastikan bahwa aliran fluida di dalam pipa sudah mengalami perkembangan, dan untuk mengetahui nilai dimulainya perkembangan aliran fluida bisa dengan melihat gambar 15.



Gambar 14. Kontur Kecepatan Aliran Pada Pandangan Samping

Nilai kecepatan aliran tertinggi pada pipa diameter 0.0254 m terjadi pada panjang ke 0.55 dengan nilai kecepatan 1.241 m/s. Dari titik dimulai (0) sampai panjang ke 0.55 m merupakan proses perkembangan kecepatan aliran dan belum berkembang sepenuhnya. Melewati panjang 0.55 m aliran fluida mengalami fluktuasi dikarenakan jenis aliran turbulen maka, kontur kecepatan pada grafik tidak terprediksi dan aliran dipastikan mulai stabil pada panjang ke 1.4 m. Maka dapat disimpulkan titik dimulainya *fully developed* pada pipa diameter 0.0254 m terjadi pada panjang ke 0.55 m dengan kecepatan aliran 1.241 m/s.



Gambar 15. Kecepatan Aliran Pada Pipa Diameter 0.0254 m

Sedangkan pada hasil perhitungan persamaan, titik dimulainya *fully developed* pada pipa diameter 0.0254 m yaitu:

Persamaan dari buku (Munson, 2010):

$$l_e = 4.4 Re^{1/6} \cdot D \quad (1)$$

$$= 4.4 \times 25354^{1/6} \times 0.0254$$

$$= 0.60 \text{ m}$$

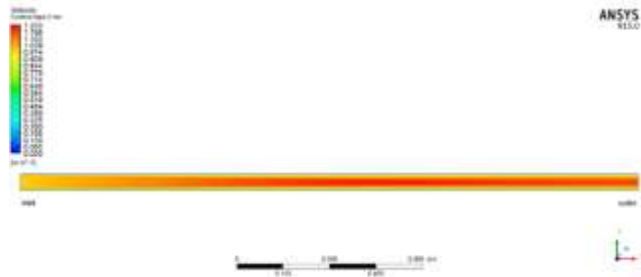
Persamaan (Bhatti & Shah):

$$L = 1.359 D Re^{1/4} \quad (2)$$

$$= 1.359 \times 0.0254 \times 25354^{1/4}$$

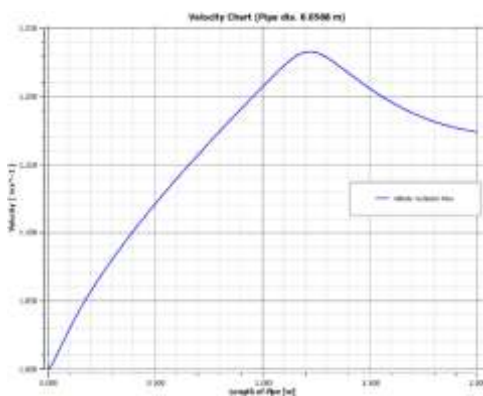
$$= 0.43 \text{ m}$$

Gambar 16 memperlihatkan perkembangan kecepatan aliran fluida pada pipa diameter 0.0508 m lebih panjang dibanding dengan pipa diameter 0.0254 m. kecepatan aliran tertinggi terletak pada tengah-tengah panjang pipa dengan perpaduan warna oranye dan merah.



Gambar 16. Kontur Perkembangan Kecepatan Aliran Pada Pandangan

Sisi Pipa



Gambar 17. Kecepatan Aliran Pada Pipa 0.0508 m

Pada pipa diameter 0.0508 m perkembangan kecepatan alirannya sampai panjang ke 1.2 m, dengan nilai kecepatan aliran 1.233 m/s. Dengan melihat gambar 17 sama halnya dengan pipa diameter 0.0254 m sifat aliran mengalami fluktuasi (tidak stabil) pada panjang melewati 1.2 m, hingga pada panjang melebihi 2 m aliran dipastikan mulai stabil. Maka nilai *fully developed* pada pipa diameter 0.0508 m terjadi pada panjang ke 1.2 m dengan nilai kecepatan 1.233 m/s.

Pada hasil perhitungan manual titik dimulainya *fully developed* pada pipa diameter 0.0508 m yaitu:

Persamaan dari buku (Munson, 2010):

$$\ell_e = 4.4 Re^{1/6} \cdot D \quad (1)$$

$$= 4.4 \times 50708^{1/6} \times 0.0508$$

$$= 1.36 \text{ m}$$

Persamaan (Bhatti and Shah):

$$L = 1.359 D Re_D^{1/4} \quad (2)$$

$$= 1.359 \times 0.0508 \times 50708^{1/4}$$

$$= 1.04 \text{ m}$$

4 KESIMPULAN

Setelah hasil perhitungan persamaan dan hasil simulasi menggunakan *software* ANSYS Fluent 15.0.7 telah dibandingkan, maka dari laporan hasil penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Hasil simulasi nilai titik dimulainya *fully developed* pada pipa 0.0254 m terjadi pada panjang ke 0.55 m dengan nilai kecepatan aliran 1.241 m/s, sedangkan pada pipa diameter 0.0508 m aliran mulai berkembang pada panjang ke 1.2 m dengan kecepatan aliran 1.233 m/s. Selisih perbedaan nilai *fully developed* hasil perhitungan persamaan pada persamaan dari buku (Munson, 2010) dengan hasil simulasi pada pipa 0.0254 m yaitu ; 0.05 m, pada pipa diameter 0.0508 m selisih nya 0.16 m. Sedangkan untuk persamaan (Bhatti & Shah) selisih nilai *fully developed* nya dengan hasil simulasi pada pipa 0.0254 m yaitu; 0.12 m dan 0.16 m untuk pipa 0.0508 m.
2. Hasil simulasi *software* CFD Fluent pada pipa diameter 0.0508 m lebih mendekati dengan hasil persamaan dari buku (Munson, 2010) dan (Bhatti & Shah) dengan selisih perbedaan nilai yang sama yaitu; 0.16 m. Tetapi ada perbedaan pada hasil simulasi dengan persamaan dari buku (Munson, 2010) dan persamaan (Bhatti & Shah) untuk pipa diameter 0.0254 m, hasilnya lebih mendekati dengan persamaan dari buku (Munson, 2010) dengan selisih perbedaan nilai 0.05 m, sedangkan untuk persamaan (Bhatti & Shah) selisihnya 0.12 m.
3. Ukuran diameter pipa berpengaruh pada nilai *fully developed*, semakin besar ukuran diameter pipa maka semakin panjang nilai dari *fully developed* (perkembangan penuh) nya. Begitu pula dengan nilai tekanan aliran pada diameter pipa yang berukuran besar tekanan aliran akan lebih kecil bila dibanding dengan diameter yang lebih kecil.

5 DAFTAR PUSTAKA

- Streeter, Victor L. Wylie, E Benjamin. Priyono, Arko. (1988). *Mekanika Fluida* (edisi delapan) jilid 1, Jakarta. Erlangga.
- Munson, Bruce R. Young, Donald F. Okiishi, Theodore H. (2010). *Fundamentals of Fluid Mechanics* (fourth ed.), Iowa. Iowa State University.
- Versteeg, H. K. Malalasekera, W. (1995). *An Introduction to Computational Fluid Dynamics The Finite Volume Method*. New York. John Wiley & Sons.
- Raswari. (2007). *Perencanaan dan Penggambaran Sistem Perpipaian*. Jakarta. Universitas Indonesia (UI-Press).
- Nayar, Mohinder L. (2000). *Piping Handbook* (seventh ed.) New York. McGraw-Hill.
- Tuakia, Firman. (2008). *Dasar-dasar CFD Menggunakan FLUENT*. Bandung. Informatika.
- Lemmon, Eric W. Hubber, Marcia L. McLinden, Mark O. (2007). *NIST Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties REFPROP*.

- Colorado. Physical and Chemical Properties Division National Institute of Standards and Technology.
- Cengel, Yunus A. Cimbala, John M. (2006). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. New York. McGraw-Hill.
- Ahmad Indra. (2007). *Analisa Aliran Fluida Dalam Pipa Spiral Pada Vertical Pitch Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Skripsi Sarjana Pada Program Studi S-1 Teknik Mesin Universitas Gunadarma.
- Immawan Wahyudi. (2015). *Analisa Computational Fluid Dynamics (CFD) Terhadap Profil Temperatur Untuk Kondensasi Steam Arah Circumferential Pada Pipa Konsentrik Horizontal Dengan Aliran Pendinginan Searah Di Dalam Ruang Anular*. Skripsi Sarjana Pada Program Studi S-1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.