

TUGAS AKHIR
SIMULASI NUMERIK KERUGIAN ALIRAN UDARA PADA SUSUNAN
PIPA SEGITIGA

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

FARIZ ABDILAH
1507230277



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : FARIZ ABDILAH
NPM : 1507230277
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Simulasi Numerik Kerugian Aliran Udara Pada Susunan Pipa
Segitiga
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 8 Maret 2019

Mengetahui dan menyetujui

Dosen Penguji I



Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Chandra A. Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



Sudirman Lubis, S.T., M.T



Affandi, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Fariz Abdilah
Tempat /Tanggal Lahir : Medan /31 Maret 1997
NPM : 1507230277
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Simulasi Numerik Kerugian Aliran Pipa Pada Susunan Pipa Segitiga”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 13 Maret 2019



Saya yang menyatakan,

Fariz Abdilah

ABSTRAK

Susunan pipa segitiga merupakan jenis susunan pipa pada rangkaian alat penukar kalor (*heat Exchanger*) yang digunakan untuk memindah panas, bahan pipa yang saya gunakan pada penelitian kali ini adalah baja karbon dengan dimensi diameter luar 33,4 mm, diameter dalam 31,10 mm dan panjang pipa 500 mm. Untuk mengetahui seberapa besar kerugian yang terjadi akibat gesekan fluida yang menghantam pipa, maka saya akan membuat simulasi numerik menggunakan solidwork 2014. Tujuan simulasi tersebut adalah untuk mengetahui gambaran kecepatan aliran fluida, gambaran laju aliran massa fluida, dan tekanan udara yang masuk menghantam pipa, penelitian ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data seperti : kecepatan aliran fluida (V), laju aliran massa (\dot{m}), dan Kerugian gesekan (f). selanjutnya data tersebut akan di input ke *solidwork* untuk dilihat simulasinya dengan memvariasikan bilangan reynold antara 1000-10000. Dari hasil perhitungan, diketahui bahwa kecepatan, laju aliran massa, tekanan dan kerugian akan berubah setelah divariasikan oleh bilangan reynold yang berbeda. Kecepatan yang paling rendah ketika fluida memiliki bilangan reynold 1000 dan yang paling tinggi ketika fluida memiliki kondisi bilangan Reynold 10000. Namun tidak untuk kerugian karena kerugian dipengaruhi oleh tekanan, kecepatan dan gravitasi. Suhu fluida juga harus diperhatikan karena berpengaruh pada viskositas kinematic (ν) dan berat jenis fluida (γ)

Kata kunci : susunan Pipa segitiga, (eksperimen), kecepatan, laju aliran massa, kerugian aliran

Abstract

Staggered pipe is a kind of arrangement pipe for heat exchanger installation used for move heat. Pipe material that I used for carbon steel for investigated with dimensional outside diameter 33,4 mm, inside diameter 31,10mm and length 500mm. to know how much losses incurred drag fluida consequence of hit the pipe, so I will make numeric simulation use solidwork 2014. Goal of simulation is to know description velocity of fluid flow, description of mass flow fluid and pressure drop of fluid enter hit pipe. This investigated done by collected data like

: velocity of fluid (V), mass flow fluid (\dot{m}) and friction losses (f), next that data will input to solidowork for simulation with variated reynold between 1000 - 10000. From the calculated result, be discovered velocity, mass flow rate, pressure drop and losses will be changed when fluid has been simulation with different reynold number. The smallest velocity whe fluid have 1000 reynold number and the biggest velocity is when fluid have 10000 reynold number. But not to friction losses because losses be affected by pressure, velocity and gravity, temperature of fluid must reck because take effectto viscosity kinematic (ν) and mass height fluid (γ)

Keywods : Staggereted pipe (eksperimen), Velocity, mass flow rate, losses flow

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Simulasi Numerik Kerugian Aliran Udara Pada Susunan Pipa Segitiga” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
2. Bapak Sudirman Lubis, ST, M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
4. Bapak Chamdra A. Siregar, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Ade Faisal selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Bapak Affandi, ST, M.T, selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis
9. Orang tua penulis, Ayahanda alm. Ismail dan Ibunda Lela Zuani, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan baik moril maupun materil serta motivasi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Kakak tercinta Aryana Pratiwi, abang tersayang M. Ichsan dan Ganang Abdilah yang telah membantu baik secara moril maupun materil kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir
11. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
12. Adik saya Amanda Nastithi, yang telah memberikan semangat dan dukungan yang tulus kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
13. Sahabat-sahabat seperjuangan Sultanul Ari Azkar, Dicky Ibnunizar Nasution, Agus Sulistiadi, Habib Fajriansyah Pane, Tri Setiawan, Habiburrahman, Muhammad Rezki, Hesty Astawaty, Desy Amanda, Ardiansyah Putra Damanik Wahyudi, Akbar K. Hasibuan, Nisa Yahya, Vivi Affia Sari, Nazmatul Laily, Rahmad Ramadhan, Fachrur Roza, Ricky Prianda Damanik, Andre Andana dan lainnya terkhusus Teknik Mesin Angkatan 15
14. Rekan rekan seperjuangan PK IMM FATEK UMSU yang selalu memberi dukungan serta motivasi kepada penulis, terimakasih atas doa dan dukungannya

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik mesin

Medan, 13 Maret 2019

Fariz Abdilah

DAFTAR ISI

| | |
|--------------------------------------------------------------|-------------|
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR NOTASI | xiii |
| | |
| BAB 1 PENDAHULUAN | |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan masalah | 2 |
| 1.3. Ruang lingkup | 2 |
| 1.4. Tujuan | 2 |
| 1.5. Manfaat | 3 |
| | |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1. Simulasi | 4 |
| 2.1.1. Permodelan Sistem dan Simulasi | 4 |
| 2.1.2. Klasifikasi Model Simulasi | 6 |
| 2.2. Sistem Pemipaan | 7 |
| 2.2.1. Tujuan Perancangan Sistem Pemipaan | 7 |
| 2.2.2. Standarisasi Pipa Internasional | 8 |
| 2.2.3. Macam - Macam Pipa Berdasarkan Kegunaannya | 10 |
| 2.2.4. Komponen Pemipaan | 11 |
| 2.3. Fluida | 11 |
| 2.3.1. Aliran Dalam (<i>internal flow</i>) | 11 |
| 2.3.1.1. Kerugian aliran dalam pipa (<i>Head Loss</i>) | 12 |
| 2.3.2. Aliran Luar (<i>External flow</i>) | 13 |
| 2.3.2.1. Koefisien gesek (f) | 14 |
| 2.3.3. Sifat Sifat Fluida | 14 |
| 2.3.4. Aliran Fluida | 17 |
| 2.3.5. Persamaan Bernauli | 19 |
| 2.3.6. Tekanan Statik, Tekanan Stagnasi, Dan Tekanan Dinamis | 19 |
| | |
| BAB 3 METODOLOGI | 21 |
| 3.1 Tempat dan Waktu | 21 |

| | | |
|--------------|-----------------------------|-----------|
| 3.2 | Bahan dan Alat | 22 |
| 3.3 | Bagan Alir Penelitian | 22 |
| 3.4 | Prosedur Penelitian | 24 |
| BAB 4 | HASIL DAN PEMBAHASAN | 26 |
| 4.1 | Perancangan Pada Solidwork | 26 |
| 4.2 | Hasil Penelitian | 29 |
| 4.3 | Pembahasan | 49 |
| BAB 5 | KESIMPULAN DAN SARAN | 58 |
| 5.1. | Kesimpulan | 58 |
| 5.2. | Saran | 58 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 59 |
| | LAMPIRAN | |
| | LEMBAR ASISTENSI | |
| | DAFTAR RIWAYAT HIDUP | |

Daftar Tabel

Tabel 2.1. Berat Spesifik Udara Pada Tekanan Atmosferik

Tabel 2.2 Kekasaran Pipa

Tabel 3.1. Waktu Pelaksanaan

Tabel 3.2. Dimensi Pipa

Daftar Gambar

- Gambar 2.1. Diameter Nominal Pipa
- Gambar 2.2. Diameter Pipa Menurut ANSI dan ASME
- Gambar 2.3 Aliran dalam pipa (*internal flow*)
- Gambar 2.4. Aliran luar pipa (*external flow*)
- Gambar 2.5. Kontinuitas
- Gambar 2.6. Aliran Laminar
- Gambar 2.7. Aliran Transisi
- Gambar 2.8. Aliran Turbulen
- Gambar 2.9. Persamaan Bernoulli
- Gambar 2.10. Pengukuran tekanan. (A). Tekanan dinamik,(B) Tekanan statik
- Gambar 2.11. Diagram Moody
- Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian
- Gambar 3.2. Komputer Laboratorium Komputer Fakultas Teknik
- Gambar 3.3. Aplikasi *solidwork*
- Gambar 3.4. *Mouse*
- Gambar 3.5. Printer
- Gambar 4.1. Menghidupkan Komputer
- Gambar 4.2. *software solidwork*
- Gambar 4.3. memulai pekerjaan baru di solidwork
- Gambar 4.4. *plane* perancangan
- Gambar 4.5. gambar awal desain pipa (Proses 20 %)
- Gambar 4.6. Desain pipa (proses 40 %)
- Gambar 4.7. Desain Pipa (proses 60 %)
- Gambar 4.8. Desain Pipa (Proses 80 %)
- Gambar 4.9. Desain pipa setelah berbentuk tiga dimensi (proses 100 %)
- Gambar 4.10. Simulasi pada saat reynold 1000 kecepatan aliran 0,469 m/s
- Gambar 4.11. Simulasi pada saat reynold 1000 laju aliran massa 0,00073
- Gambar 4.12. Simulasi pada saat reynold 2000 kecepatan aliran 0,0939 m/s $\frac{kg}{s}$
- Gambar 4.13. Simulasi pada saat reynold 2000 laju aliran massa 0,00097

- Gambar 4.14. Simulasi pada saat reynold 3000 kecepatan aliran 1,409 m/s
- Gambar 4.15. Simulasi pada saat reynold 3000 laju aliran massa $0,00218 \frac{kg}{s}$
- Gambar 4.16. Simulasi pada saat reynold 4000 kecepatan aliran 1,875 m/s
- Gambar 4.17. Simulasi pada saat reynold 4000 laju aliran massa $0,00292 \frac{kg}{s}$
- Gambar 4.18. Simulasi pada saat reynold 5000 kecepatan aliran 2,384 m/s
- Gambar 4.19. Simulasi pada saat reynold 5000 laju aliran massa $0,00364 \frac{kg}{s}$
- Gambar 4.20. Simulasi pada saat reynold 6000 kecepatan aliran 2,818 m/s
- Gambar 4.21. Simulasi pada saat reynold 6000 laju aliran massa $0,00437 \frac{kg}{s}$
- Gambar 4.22. Simulasi pada saat reynold 7000 kecepatan aliran 3,288 m/s
- Gambar 4.23. Simulasi pada saat reynold 7000 laju aliran massa 0,00510
- Gambar 4.24. Simulasi pada saat reynold 8000 kecepatan aliran 3,758 m/s
- Gambar 4.25. Simulasi pada saat reynold 8000 laju aliran massa $0,00510 \frac{kg}{s}$
- Gambar 4.26. Simulasi pada saat reynold 9000 kecepatan aliran 4,227 m/s
- Gambar 4.27. Simulasi pada saat reynold 9000 laju aliran massa $0,00657 \frac{kg}{s}$
- Gambar 4.28. Simulasi pada saat reynold 10000 kecepatan aliran 4,70 m/s
- Gambar 4.29. Simulasi pada saat reynold 10000 laju aliran massa $0,00730 \frac{kg}{s}$
- Gambar 4.30. Grafik Perbandingan Pecepatan Terhadap Laju Aliran Massa
- Gambar 4.31. Grafik Perbandingan kecepatan terhadap tekanan (ΔP)
- Gambar 4.32. Grafik Perbandingan tekanan (ΔP) terhadap kerugian gesekan (f)

DAFTAR NOTASI

| | | |
|------------|-------------------------------------------|--------------------------|
| v | volume fluida | (m ³) |
| m | massa fluida | (kg) |
| ρ | rapat massa | (kg/m ³) |
| g | percepatan gravitasi | (9,81 m/s ²) |
| ρ_w | kerapatan air | (kg/m ³) |
| \dot{m} | laju aliran massa | (kg/s) |
| V | kecepatan aliran fluida | (m/s) |
| v | volume jenis | (m ³ /kg) |
| A | luas penampang pipa | (m ²) |
| Q | Debit aliran | (m ³ /s) |
| D | diameter pipa | (m) |
| μ | viskositas dinamik | (kg/m.s) |
| τ | tegangan geser | (N/m ²) |
| du/dy | gradien kecepatan | ((m/s)/m) |
| ν | viskositas kinematik | (m ² /s) |
| h_L | kerugian gesek dalam pipa | (m) |
| f | Faktor gesekan | |
| L | jarak pressure tube | (m) |
| D | diameter dalam pipa | (m) |
| h_L | kerugian gesek dalam pipa | (m) |
| k | koefisien kerugian | |
| L | panjang | (m) |
| Δp | beda tekanan pada aliran masuk dan keluar | (Pa) |
| γ | berat jenis air | (N/m ³) |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Setiap hari kita semua selalu berhubungan dengan fluida hampir tanpa sadar. Banyak gejala alam yang indah dan menakjubkan, seperti bukit-bukit dan ngaraingarai yang dalam, terjadi akibat gaya-gaya yang ditimbulkan oleh aliran fluida. Semua fluida mempunyai atau menunjukkan sifatsifat atau karateristik yang penting dalam dunia rekayasa,

Namun dalam penggunaannya selalu terjadi kerugian aliran. Salah satunya pada instalasi alat penukar kalor. Intalasi alat penukar kalor sudah sangat sering kita jumpai di kehidupan sehari – hari. Salah satunya yaitu pada pembangkit listrik. Tabung yang disusun *straggered* (segitiga) yang merupakan susunan secara *zigzag* akan menghasilkan celah pada instalasi alat penukar kalor tersebut. Arah susunan bersifat longitudinal yang disusun dengan jarak berdekatan bertujuan agar susunan pipa memiliki turbulensi yang aliran yang lebih tinggi sehingga perpindahan panas yang terjadi semakin besar.

Namun konsekuensi dari kerapatan susunan berkas tabung tersebut adalah terjadinya *pressure drop* yang lebih besar sehingga mengakibatkan gesekan yang besar pula. Hal ini akan mengakibatkan kerugian aliran pada susunan pipa segitiga tersebut (JP Holman, 1997). Semakin kompleksnya sebuah susunan instalasi alat penukar kalor yang digunakan, semakin banyak pula kerugian aliran yang dapat ditemukan. Fluida yang menabrak susunan pipa pada instalasi alat penukar kalor dapat melemahkan pipa yang sedang beroperasi. Kecuali ketebalan pada dinding pipa yang sedang beroperasi cukup untuk mempertahankan tekanan yang bekerja pada instalasi pipa.

mengetahui kerugian aliran pada suatu sistem yang memanfaatkan fluida mengalir sebagai media, akan menentukan tingkat efisiensi. Jika ingin mengetahui kerugian yang terjadi pada pipa maka harus dilakukan penelitian laboratoris. Besarnya kerugian aliran pada susunan pipa dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti: tekanan yang menghantam pipa. luas penampang, suhu fluida, viskositas, dan kekasaran pipa, berat jenis fluida, dan panjang pipa.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis membuat tugas akhir (skripsi) dengan judul :“Simulasi Numerik Kerugian Aliran Udara Pada Susunan Pipa Segitiga”. Dengan menggunakan perangkat lunak solidworks untuk mempermudah proses desain dan perhitungannya.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana melakukan Simulasi Numerik Kerugian Aliran Udara Pada Susunan Pipa Segitiga dengan menggunakan perangkat solidworks ?
2. Bagaimana mengetahui simulasi bentuk kecepatan aliran, dan simulasi bentuk laju aliran massa yang terjadi pada susunan pipa segitiga

3. Bagaimana mengetahui nilai koefisien kerugian aliran fluida terhadap susunan pipa segitiga?

1.3. Ruang Lingkup

Untuk Menghindari kesalahpahaman dan meluasnya masalah, yang akan diteliti, maka penulis membuat atau memfokuskan masalah yang berkaitan dengan penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Pada analisa ini hanya sebatas membahas tentang kerugian aliran udara akibat gesekan (*friction losses*) yang terjadi akibat kecepatan aliran, massa jenis aliran, dan tekanan pada susunan pipa segitiga dengan simulasi menggunakan *software Solidwork*
2. Analisis yang dilakukan hanya menggunakan bahan pipa yaitu baja karbon karena bahan yang umum digunakan pada alat penukar kalor.

1.4. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

1. Agar mahir menggunakan *software Solidwork*

1.3.2. Tujuan Khusus

1. Untuk mengetahui bentuk simulasi kecepatan aliran, laju aliran massa dan tekanan yang terjadi disetiap variasi bilangan reynold pada Susunan pipa segitiga *software solidwork*
2. Untuk mengetahui nilai koefisien kerugian aliran pada susunan pipa segitiga

1.5. Manfaat penelitian

1. Dapat menambah ilmu pengetahuan tentang kerugian aliran pada susunan pipa segitiga
2. Dapat menganalisa dan menghitung kerugian aliran pada susunan pipa segitiga dan
3. Mampu mengoperasikan perangkat lunak *solidwork*. terkhusus simulasi numerik, untuk industry

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Simulasi

Simulasi adalah suatu teknik meniru operasi – operasi atau proses – proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah

Dalam simulasi digunakan komputer untuk mempelajari sistem secara numerik, dimana dilakukan pengumpulan data untuk melakukan estimasi statistik untuk mendapatkan karakteristik asli dari sistem

Simulasi merupakan alat yang tepat untuk digunakan terutama jika diharuskan untuk melakukan eksperimen dalam rangka mencari komentar terbaik dari komponen – komponen sistem. Hal ini dikarenakan sangat mahal dan memerlukan waktu yang lama jika eksperimen dicoba secara rill. Dengan melakukan simulasi maka dalam waktu singkat dapat ditentukan keputusan yang tepat serta dengan biaya yang tidak terlalu besar karena semuanya cukup dilakukan dengan komputer.

Pendekatan simulasi diawali dengan pembangunan model sistem nyata. Model tersebut harus dapat menunjukkan bagaimana berbagai komponen dalasistem saling berinteraksi sehingga benar – benar mengaambarkan perilaku sistem. Setelah model dibuat maka model tersebut akan diinformasikan ke dalam komputer sehingga memungkinkan untuk disimulasikan

2.1.1. Permodelan Sistem dan Simulasi

Sistem adalah objek yang saling berinteraksi dan bekerja sama untuk mencapai tujuan logis dalam suatu lingkungan yang kompleks. Objek yang menjadi komponen daari sistem dapat berupa objek terkecil dan bisa juga berupa sub-sistem atau sistem yang lebih kecil lagi. Dalam definisi ini disertakan elemen lingkungan karena lingkungan sistem memberikan peran yang sangat penting terhadap perilaku sistem itu. Bagaimana komponen – komponen sistem itu beritneraksi, hal itu adalah dalam rangka mengantisipasi lingkungan.

Mengamati sistem bukan hanya mendefinisikan komponen – komponen pendukung sistem, tetapi lebih dari itu harus pula mengetahui perilaku dan variabel – variabel yang ada didalamnya. Paling tidak analisis terhadap sistem harus dapat membuat konsepsi tentang sistem itu.

Ada beberapa cara untuk dapat merancang, menganalisis, dan mengoperasikan suatu sistem, salah satu nya adalah membuat permodelan, membuat model dari sistem tersebut.

Model adalah alat yang sangat berguna untuk menganalisis maupun merancang sistem. Sebagai alat komunikasi yan sangat efisien, model dapat menunjukkan bagaimana suatu operasi bekerja dan mampu merangsang untuk berfikir bagaimana meningkatkan atau memperbaikinya.

Model didefinisikan sebagai alat deskripsi logis tentang bagaimana sistem bekerja atau komponen- komponen berinteraksi. Dengan membuat model dari suatu sistem maka diharapkan dapat lebih mudah untuk melakukan analisis. Hal ini merupakan prinsip permodelan, yaitu bahwa permodelan bertujuan untuk mempermudah analisa dan pengembangannya.

Melakukan permodelan adalah suatu cara untuk mempelajari sistem dan model itu sendiri dan juga bermacam – macam perbedaan perilakunya. Berikut adalah contoh permodelan simulasi : (Baha'ullah, Y. R, Imron : 2016)

1. Eksperimen dengan sistem aktual vs eksperimen dengan model sistem.

Jika suatu sistem secara fisik memungkinkan dan tidak memakan biaya yang besar untuk dioperasikan sesuai dengan kondisi (*scenario*) yang kita inginkan maka cara ini merupakan cara yang terbaik karena hasil dari eksperimen ini benar-benar sesuai dengan sistem yang dikaji. Namun sistem seperti itu jarang sekali ada dan penghentian operasi sistem untuk keperluan eksperimen akan memakan biaya yang sangat besar. Selain itu untuk sistem yang belum ada atau sistem yang masih dalam rancangan maka eksperimen dengan sistem aktual jelas tidak bisa dilakukan sehingga satu-satunya cara adalah dengan menggunakan model sebagai representasi dari sistem aktual.

2. Model fisik vs Model Matematis.

Model fisik mengambil dari sebagian sifat fisik dari hal-hal yang diwakilinya, sehingga menyerupai sistem yang sebenarnya namun dalam skala yang berbeda. Walaupun jarang dipakai, model ini cukup berguna dalam rekayasa sistem. Dalam penelitian, model matematis lebih sering dipakai jika dibandingkan dengan model fisik. Pada model matematis, sistem direpresentasikan sebagai hubungan logika dan hubungan kuantitatif untuk kemudian dimanipulasi supaya dapat dilihat bagaimana sistem bereaksi.

3. Solusi Analitis vs Simulasi.

Setelah model matematis berhasil dirumuskan, model tersebut dipelajari kembali apakah model yang telah dikembangkan dapat menjawab pertanyaan yang berkaitan dengan tujuan mempelajari sistem. Jika model yang dibentuk cukup sederhana, maka relasi-relasi matematisnya dapat digunakan untuk mencari solusi analitis. Jika solusi analitis bisa diperoleh dengan cukup mudah dan efisien, maka sebaiknya digunakan solusi analitis karena metode ini mampu memberikan solusi yang optimal terhadap masalah yang dihadapi. Tetapi seringkali model terlalu kompleks sehingga sangat sulit untuk diselesaikan dengan metoda-metoda analitis, maka model tersebut dapat dipelajari dengan simulasi. Simulasi tidak menjamin memberikan hasil yang optimal melainkan dijamin bahwa hasilnya mendekati optimal.

2.1.2. Klasifikasi Model Simulasi

Pada dasarnya model simulasi dikelompokkan dalam tiga dimensi yaitu

a. Model Simulasi Statis dengan Model Simulasi Dinamis

Model simulasi statis digunakan untuk mempresentasikan sistem pada saat tertentu atau sistem yang tidak terpengaruh oleh perubahan waktu. Sedangkan model simulasi dinamis digunakan jika sistem yang dikaji dipengaruhi oleh perubahan waktu.

b) Model Simulasi Deterministik dengan Model Simulasi Stokastik.

Jika model simulasi yang akan dibentuk tidak mengandung variabel yang bersifat random, maka model simulasi tersebut dikatakan sebagai simulasi deterministik. Pada umumnya sistem yang dimodelkan dalam

simulasi mengandung beberapa input yang bersifat random, maka pada sistem seperti ini model simulasi yang dibangun disebut model simulasi stokastik. Model simulasi Kontinu dengan Model Simulasi Diskret.

Untuk mengelompokkan suatu model simulasi apakah diskret atau kontinyu, sangat ditentukan oleh sistem yang dikaji. Suatu sistem dikatakan diskret jika variabel sistem yang mencerminkan status sistem berubah pada titik waktu tertentu, sedangkan sistem dikatakan kontinyu jika perubahan variabel sistem berlangsung secara berkelanjutan seiring dengan perubahan waktu.

2.2. Sistem Pemipaan

Pipa adalah media tempat mengalirnya fluida proses dari suatu unit yang satu ke unit lainnya. Secara umum karakteristiknya ditentukan berdasarkan material (bahan) penyusunnya. Ukuran diameter pipa didasarkan pada diameter "Nominal" antara diameter luar (OD) atau diameter dalam (ID). Tubing adalah pipa dengan ukuran diameter yang lebih kecil dari pipa, kegunaannya (secara umum) adalah untuk penghubung antara alat ukur dengan pipa proses an dari instrumen ke sistem kontrol. Ukuran standar untuk tubing selalu diameter luar (OD). (Munson R, B. Okiishi H.T, Huebsch W. Rothmayer A.P : 2012)

2.2.1. Tujuan Perancangan Sistem Pemipaan

1. Menentukan jenis material yang sesuai dengan kondisi kerja seperti, tekanan external/internal, suhu, korosi dll.
2. Standard Code mana yang sesuai untuk diaplikasikan pada sistem perpipaan yang akan dirancang. Pemilihan standard code yang benar akan menentukan arah perancangan secara keseluruhan, baik dari segi biaya, reliabilitas, safety design, dan stress analisis.
3. Perhitungan dan pemilihan ketebalan pipa. Pemilihan ketebalan pipa (schedule number) sebaiknya memenuhi kriteria cukup, aman, dan ketersediaan stok di pasaran
4. Dengan cara bagaimana sistem perpipaan akan dikoneksikan satu sama lain, jenis sambungan, dan material sambungan seperti apa yang sesuai.

5. Bagaimana planning dan routing dari sistem perpipaan akan dilakukan. General arrangement, dan routing sebaiknya dilakukan dengan memperhatikan aspek inherent safety design, konsumsi pipa seminimum mungkin tanpa mengorbankan dan mengurangi kemampuan, fungsi dan operasional dari peralatan yang terkoneksi.

2.2.2. Standarisasi Pipa Internasional

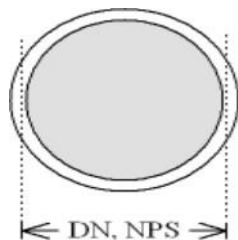
A. Diameter Standar

Diameter dalam : (ID = Inside Diameter)

Diameter luar : (OD = Outside Diameter)

Diameter Nomonal : (NPS = Nominal Pipe Size)

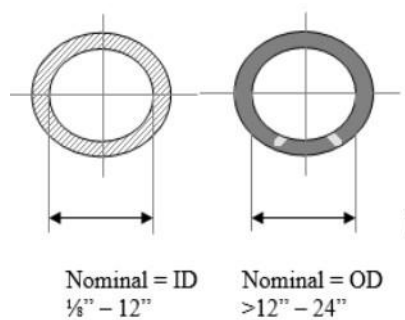
1. NPS: Nominal Pipe Size, diameter, ID) satuannya Inchi (pendekatan dalam bentuk diameter bagian dalam (inside dari pipa).
2. DN: Diameter Nominal, digunakan oleh Negara di daratan Eropa, dengan satuan milimeter.
3. Sch atau Schedule adalah menunjukan ukuran ketebalan dinding pipa atau wall-thickness (seringkali merupakan data ID dan wall thickness)
4. Sebagai tambahan beberapa standart memberikan metode untuk menentukan ketebalan suatu pipa. Salah satu cara yang umum adalah dinyatakan dengan beratnya yang diklasifikasikan sebagai berikut,
 - a. STD-Standard atau Standart Weight untuk tebal dinding normal pada tekanan pipa 150 psi ,
 - b. XS-Extra strong atau Extra Heavy dengan tekanan diatas 300 psi
 - c. XXS - Double extra strong untuk tekanan diatas 600 psi



Gambar. 2.1. Diameter Nominal Pipa

Menurut ANSI (*American National Standard Institute*) dan ASME (*American Society of Mechanical Engineer*), ukuran diameter pipa ditentukan sebagai berikut :

1. Untuk ukuran pipa $\frac{1}{8}$ " – 12" nominal diameter pipa tidak sama dengan diameter luarnya, yang diukur adalah ID atau inside diameter.
2. Untuk ukuran pipa >12 " – 24" nominal diameter pipa sama dengan OD (diameter luar).



Gambar 2.2. Diameter Pipa Menurut ANSI dan ASME

Untuk pipa yang memiliki OD- outside diameter sama , namun bisa memiliki tebal dinding yang berbeda beda sesuai dengan *schedule number*-nya.

B. Material Standar

Standar bahan yang dipakai biasanya memakai standard amerika, yaitu yang dikenal dengan nama :

1. ASTM = *American Society for Testing Material*
2. API = *American Petroleum Institute*
3. ANSI = *American National Standard Institute*

1. Pipa Baja Karbon (*Carbon Steel Pipe*)

- a. ASTM – A. 53 (*Grade A and B*)
- b. ASTM – A. 106 (*Grade A,B,C*)
- c. ASTM – A. 155

2. Pipa Baja Stainless (*Stainless Steel Pipe*)

- a. ASTM – A.132 Type 304 (*AISI 304*)

b. ASTM – A.312 Type 321 (NASI 321)

c. ASTM – A.358 Type 321 (AISI 321)

3. Pipa Baja Tuang

a. ANSI – A.211 Pipa Lapisan Seng (*Galvanized Pipe*)

4. Pipa Lapisan Seng

b. ASTM – A. 53 *Galvanized*

c. ASTM – A. 120 *Galvanized*

C. Standar bentuk pipa berdasarkan ujungnya

a. PLAIN END : Sambungan pipa dengan *socketwelding*

b. THREADED END : Sistem Sambungan pipa berulir

c. BEVELED END : Sistem Sambungan *butt welding*

2.2.3. Macam-macam Pipa Berdasarkan Kegunaannya

a. *Carbon Steel Pipe*

Pipa baja karbon atau *steel pipe* banyak digunakan pada industri migas. Pipa ini memiliki kekuatan yang tinggi, kenyal, dapat dilas dan tahan lama. Kelemahannya adalah tidak tahan terhadap serangan korosi (H_2SO_4) Carbonate (K_2CO_3) dan air laut. Karena itu untuk pipa yang dipasang dibawah laut maupun dalam tanah akan menggunakan lapisan khusus (coating) agar tidak di serang zat yang korosif. (Holman J.P : 1989)

b. (Pipa Baja) *Stainless Steel Pipe*

Pipa jenis ini mempunyai sifat tahan terhadap oksidasi dan zat yang korosif, untuk fasilitas LNG jenis pipa ini dipakai pada CO_2 -removal unit, untuk menyalurkan carbonate, dan untuk flare stack. *Stainless steel pipe* memiliki thermal strength yang tinggi (1,5 x carbon steel).

c. Pipa Basi Tuang (*Cast iron*)

Pipa besi tuang golongan kelas yang tahan akan korosi, besi tuang memiliki kekerasan tinggi tetapi memiliki kerapuhan yang tinggi pula, besi tuang tidak baik dipakai untuk fasilitas yang memiliki kontraksi dan getaran tinggi.

d. Pipa *Galvanized (Galvanized Pipe)*

Pipa jenis ini adalah jenis carbon steel namun bagian luar dan dalam pipa dilapisi dengan seng agar tahan terhadap karat, digunakan untuk saluran air dan conduit

2.2.4. Komponen Pemipaan

Komponen perpipaan harus dibuat berdasarkan spesifikasi standar yg terdaftar dalam simbol dan kode yg telah dibuat atau dipilih sebelumnya.

Komponen perpipaan yg dimaksud disini meliputi :

- a. Flanges (flens-flens)
- b. Fittings (sambungan)
- c. Valves (katup-katup)
- d. Boltings (baut-baut)
- e. Gasket
- f. Support/ Instalasi
- g. Specials items

2.3. Fluida

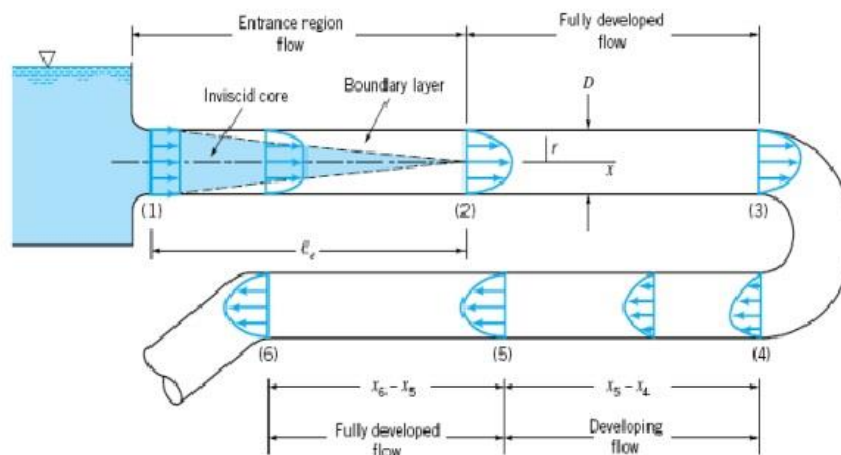
Aliran fluida atau zat cair (termasuk uap air dan gas) dibedakan dari benda padat karena kemampuannya untuk mengalir. Fluida lebih mudah mengalir karena ikatan molekul dalam fluida jauh lebih kecil dari ikatan molekul dalam zat padat, akibatnya fluida mempunyai hambatan yang relatif kecil pada perubahan bentuk karena gesekan. Zat padat mempertahankan suatu bentuk dan ukuran yang tetap, sekalipun suatu gaya yang besar diberikan pada zat padat tersebut, zat padat tidak mudah berubah bentuk maupun volumenya, sedangkan zat cair dan gas, zat cair tidak mempertahankan bentuk yang tetap, zat cair mengikuti bentuk wadahnya dan volumenya dapat diubah hanya jika diberikan padanya gaya yang sangat besar.

Gas tidak mempunyai bentuk maupun volume yang tetap, gas akan berkembang mengisi seluruh wadah. Karena fase cair dan gas tidak

mempertahankan suatu bentuk yang tetap, keduanya mempunyai kemampuan untuk mengalir. (Munson R, B. Okiishi H.T, Huebsch W. Rothmayer A.P : 2012)

2.3.1. Aliran Dalam (*Internal Flow*)

Aliran dalam (*Internal Flow*) adalah aliran fluida yang dibatasi oleh permukaan benda atau *casing*. Oleh karena itu lapisan batas tidak dapat berkembang tanpa dibatasi oleh permukaan. Seperti kita ketahui permukaan benda bermacam – macam bentuk, ada yang bulat, kotak, segitiga, maupun tidak teratur. Dengan begitu akan terdapat lekukan – lekukan benda yang dapat menghambat aliran fluida.



Gambar 2.3. Aliran dalam pipa (*internal flow*)

2.3.1.1. Kerugian Tekanan Aliran Dalam Pipa (*Head Loss*)

Head loss (H_L) merupakan suatu kerugian yang dialami aliran fluida selama mengalir dimana kerugian itu tergantung pada geometri penampang saluran dan parameter-parameter fluida serta aliran itu sendiri. Kerugian tinggi tekan (*head loss*) dapat dibedakan atas kerugian gesekan dalam saluran (*major loss*) dan (*minor losses*). (Munson R, B. Okiishi H.T, Huebsch W. Rothmayer A.P : 2012)

1. Kerugian Mayor (*major losses*)

Kerugian dalam pipa atau *major losses* merupakan kerugian yang disebabkan oleh gesekan aliran dengan pipa sepanjang lintasan. Kerugian gesekan untuk perhitungan aliran didalam pipa pada umumnya dipakai persamaan (Munson R, B. Okiishi H.T, Huebsch W. Rothmayer A.P : 2012)

$$h_{L_{\text{major}}} = \frac{LV^2}{D \cdot 2g} \quad (2.1)$$

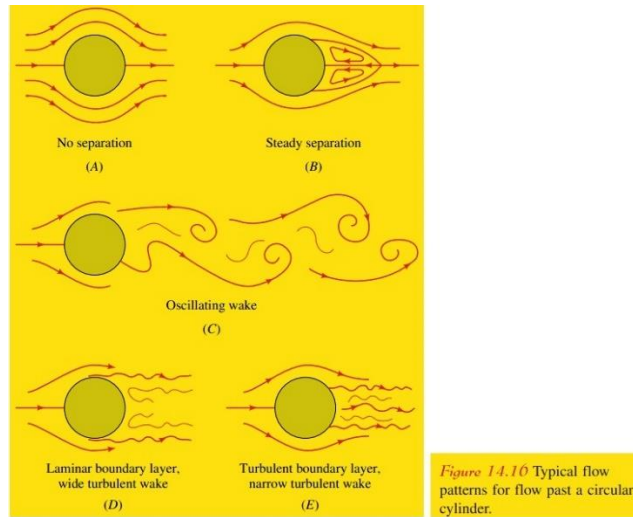
2. Kerugian Minor (*minor losses*)

Merupakan kerugian yang akan terjadi apabila ukuran saluran, bentuk penampang atau aliran berubah. Secara umum kerugian ini dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$h_{L_{\text{minor}}} = K \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (2.2)$$

2.3.2. Aliran Luar Pipa (*Eksternal Flow*)

Aliran luar pipa (*Eksternal flow*) adalah aliran fluida yang tidak dibatasi oleh permukaan benda, namun seakan – akan permukaan benda lah yang dibatasi oleh fluida tersebut. Dengan tidak dibatasi tersebut, maka aliran fluida dapat bergerak lurus tanpa terhalangi oleh permukaan benda. Aliran fluida yang melintasi *bluff body* dan *streamlined body* adalah contoh aliran eksternal berlangsung. *Freesteam flow* yang akan melintasi sebuah benda padat terpisah pada *stagnan point* lalu mengalir di sekitar permukaan benda padat di sisi *upper* dan *lower*. Selama perjalanan di permukaan benda, terbentuk *boundary layer* dengan ketebalan tertentu akibat gaya gesekan. Aliran pada sisi upstream yang awalnya *laminar* menjadi *turbulent* pada jarak tertentu dari titik stagnasi, bergantung pada kondisi *freesteam flow*. Kekasaran permukaan padat dan *pressure gradient*.



Gambar 2.4. Aliran luar pipa (*external flow*)

2.3.2.1. Koefisiensi Gesek (*f*)

Parameter kekasaran pipa sering dipresentasikan sebagai faktor gesekan (*friction factor*). Koefisien gesek dipengaruhi oleh kecepatan, karena didistribusi kecepatan pada aliran laminar dan aliran turbulen berbeda. Untuk rumus koefisiensi geseknya ditinjau dengan persamaan(Munson R, B. Okiishi H.T, Huebsch W. Rothmayer A.P : 2012)

$$f = \frac{\Delta P \cdot D \cdot 2g}{\gamma_{air} \cdot L \cdot V^2} \quad (2.3)$$

2.3.3. Sifat – Sifat Fluida

Untuk mengerti aliran fluida maka harus mengetahui beberapa sifat dasar fluida. Adapun sifat – sifat dasar fluida yaitu: kerapatan (*density*) ρ , (*specific gravity*) (*s.g*), tekanan (*pressure*) P , kekentalan (*viscosity*) μ . (Zainuddin, Sayoga I.M.A : 2012)

1. Kerapatan (*Density*)

Kerapatan (*density*) ρ suatu zat adalah ukuran untuk konsentrasi zat tersebut dan dinyatakan dalam massa per satuan volume. Sifat ini ditentukan dengan cara menghitung perbandingan massa zat yang terkandung dalam suatu bagian tertentu terhadap volume bagian tersebut.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.4)$$

2. Volume jenis (v) adalah volume yang ditempati oleh sebuah satuan massa zat dan karena itu merupakan kebalikan dari kerapatan:

$$V = \frac{1}{\rho} \quad (2.5)$$

3. Berat jenis γ adalah gaya gravitasi terhadap massa yang terkandung dalam sebuah satuan volume zat, maka:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (2.6)$$

4. *Specific gravity* ($s.g$) adalah sifat yang digunakan untuk memperbandingkan kerapatan suatu zat dengan kerapatan air. Karena kerapatan semua zat cair bergantung pada temperatur serta tekanan, maka temperatur zat cair yang dipertanyakan, serta temperatur air yang dijadikan acuan, harus dinyatakan untuk mendapatkan harga-harga gravitasi jenis yang tepat

Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$s.g = \frac{\rho}{\rho_w} \quad (2.7)$$

2. Laju Aliran Massa

Laju aliran massa yang mengalir dapat diketahui dengan persamaan dibawah

$$m = \rho \cdot V \cdot A \quad (2.8)$$

Atau jika massa jenis tidak diketahui dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$m = \frac{V \cdot A}{v} \quad (2.9)$$

Laju aliran adalah volume fluida yang dikeluarkan tiap detiknya. Laju aliran dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

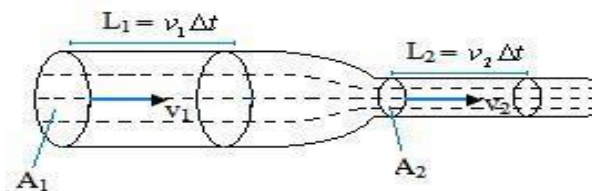
$$Q = V.A \quad (2.10)$$

Laju aliran melalui A_1 dan A_2 harus sama, dengan demikian:

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot V_2$$

Disebut persamaan kontinuitas. Jika $\rho_1 = \rho_2$, maka persamaan kontinuitas menjadi:

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \quad (2.11)$$



Gambar 2.5. Kontinuitas.

3. Viskositas

Viskositas adalah ukuran ketahanan sebuah fluida terhadap deformasi atau perubahan-perubahan bentuk. Viskositas zat cair cenderung menurun dengan seiring bertambahnya kenaikan temperatur, hal ini disebabkan gaya-gaya kohesi pada zat cair bila dipanaskan akan mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya temperatur pada zat cair yang menyebabkan

berturunnya viskositas dari zat cair tersebut. Viskositas dibagi menjadi dua yaitu:

- a. Viskositas dinamik atau viskositas mutlak atau *absolute viscosity*. Viskositas dinamik adalah sifat fluida yang menghubungkan tegangan geser dengan gerakan fluida. Viskositas dinamik tampaknya sama dengan *ratio* tegangan geser terhadap gradien kecepatan.

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy} \quad (2.12)$$

b. Viskositas kinematik

Viskositas kinematik adalah perbandingan antara viskositas dinamik dengan kerapatan fluida.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.13)$$

2.3.4. Aliran Fluida

1. Klasifikasi aliran

Secara garis besar jenis aliran dapat dibedakan atau dikelompokkan sebagai berikut(Munson R, B. Okiishi H.T, Huebsch W. Rothmayer A.P : 2012)

a) Aliran Tunak (*steady*)

Suatu aliran dimana kecepatannya tidak terpengaruh oleh perubahan waktu sehingga kecepatan konstan pada setiap titik (tidak mempunyai percepatan).

b. Aliran Tidak Tunak (*unsteady*)

Suatu aliran dimana terjadi perubahan kecepatan terhadap waktu.

2. Tipe-tipe aliran

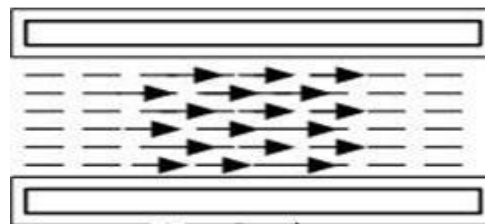
Bilangan Reynolds merupakan bilangan yang tak berdimensi yang dapat membedakan suatu aliran dinamakan laminar, transisi dan turbulen.

$$Re = \frac{v.d.\rho}{\mu} \quad (2.14)$$

Berikut adalah tipe – tipe aliran (Munson R, B. Okiishi H.T, Huebsch W. Rothmayer A.P : 2012)

a) Aliran Laminar

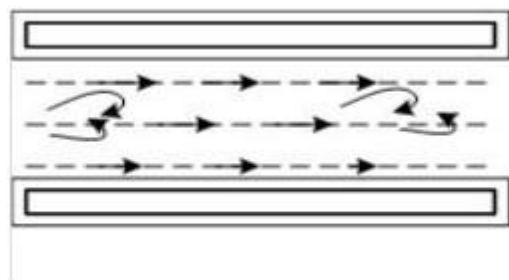
Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan–lapisan atau lamina–lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Aliran laminar ini mempunyai nilai bilangan Reynoldnya kurang dari 2300 ($Re < 2300$).



Gambar 2.6. Aliran Laminar

b. Aliran transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Keadaan peralihan ini tergantung pada viskositas fluida, kecepatan dan lain-lain yang menyangkut geometri aliran dimana nilai bilangan Reynoldnya antara 2300 sampai dengan 4000 ($2300 < Re < 4000$).

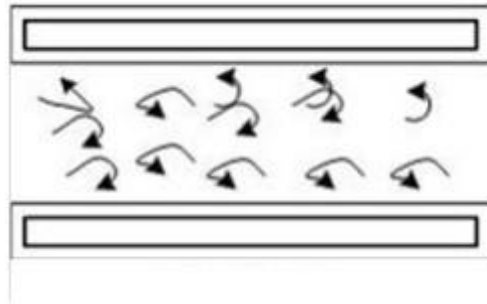


Gambar 2.7. Aliran Transisi

c. Aliran Turbulen

Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan dari 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. Dimana nilai bilangan Reynoldsnya lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$).



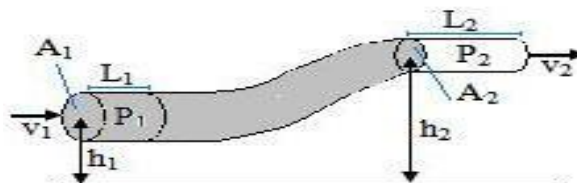
Gambar 2.8. Aliran Turbulen

Berbeda dengan aliran dalam, aliran luar memiliki bilangan reynold yang lebih besar untuk tipe aliran nya. Untuk aliran laminar fluida memiliki bilangan reynold lebih kecil dari 100000 ($Re < 100000$), Untuk transisi memiliki nilai bilangan reynold antara 100000 sampai dengan 500000 ($100000 < Re < 500000$). Dan pada aliran turbulen memiliki nilai bilangan reynold diatas 500000 ($Re > 500000$) (Munson R, B. Okiishi H.T, Huebsch W. Rothmayer A.P : 2012)

2.3.5. Persamaan Bernoulli

Persamaan Bernoulli ideal adalah alirannya konstan sepanjang lintasan dan mengabaikan segala kerugian yang terjadi dalam lintasan fluida.

$$gz + \frac{v^2}{2} + \frac{\rho}{\rho} = \text{konstan}$$



Gambar2.9. Persamaan Bernoulli (Fox dan Mc. Donald (Fox dan Mc, Donald,1995)

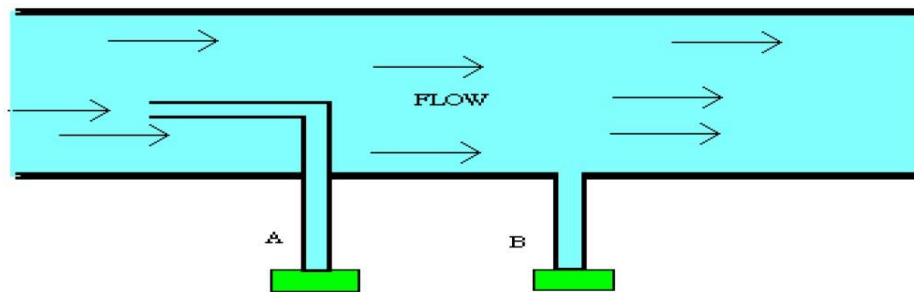
Persamaan untuk dua titik pada suatu garis aliran adalah: ρ

$$P_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_1^2 + \rho \cdot g \cdot h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_2^2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + h_L \quad (2.15)$$

Namun kenyataannya pada siring atau lintasan fluida terjadi kerugian gesekan. h_L adalah kerugian gesek didalam saluran.

2.3.6. Tekanan Statik, Tekanan Stagnasi dan Tekanan Dinamik

Tekanan statik atau tekanan termodinamika pada persamaan Bernoulli adalah tekanan fluida yang diukur oleh alat yang bergerak bersama dengan fluida. Kondisi ini sangat sulit diwujudkan, namun dengan kenyataan bahwa tidak ada variasi tekanan pada arah penampang tegak lurus aliran, maka tekanan statik dapat diukur dengan membuat lubang kecil pada dinding aliran sedemikian rupa sehingga sumbunya tegak lurus dinding aliran (*wall pressure tap*). Cara lain adalah dengan memasang probe atau tabung pitot pada aliran fluida jauh dari dinding aliran Gambar 6. Pengukuran tekanan statis dilakukan oleh lubang kecil di bagian bawah dinding tabung.



Gambar 2.10. Pengukuran tekanan. (A). Tekanan dinamik, (B) Tekanan statik. (Munson R, B. Okiishi H.T, Huebsch W. Rothmayer A.P : 2012)

Tekanan Stagnasi adalah tekanan fluida yang diukur pada aliran fluida yang diperlambat sampai diam, $V = 0$ dengan kondisi aliran tanpa gesekan. Pengukuran tekanan stagnasi pada tabung pitot diukur oleh lubang kecil di mulut tabung yang akan tepat tegak lurus terhadap garis arus dari aliran. Untuk aliran tak mampu mampat dapat diterapkan persamaan Bernoulli pada kondisi tanpa perubahan ketinggian. Jika P adalah tekanan statik pada penampang dengan

kecepatan fluida adalah V dan P_0 adalah tekanan stagnasi dimana kecepatan stagnasi aliran fluida V_0 adalah 0, maka dapat dihitung :

$$P_0 = P + \rho \frac{V^2}{2} \quad (2.16)$$

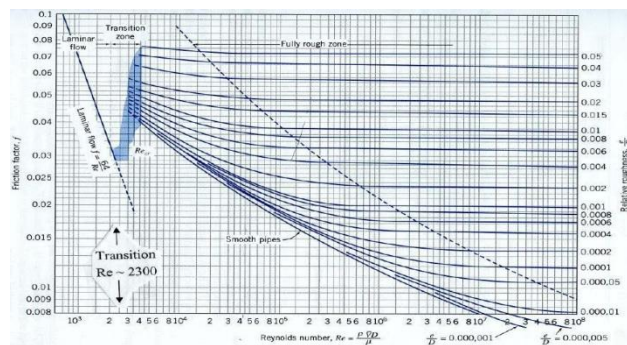
Suku kedua, $\rho V^2/2$ adalah tekanan dinamik yaitu tekanan akibat kecepatan fluida, yakni selisih antara tekanan statik dengan tekanan stagnasi. maka pengukuran tekanan statis dan tekanan stagnasi dengan tabung pitot dapat juga sekaligus mengukur tekanan dinamisnya. Penerapan yang lain dari persamaan ini adalah perubahan tekanan dinamis menjadi kecepatan fluida dengan kondisi aliran tak mampu mampat. Dengan demikian tabung pitot dapat juga dipergunakan sebagai alat ukur kapasitas aliran.

Persamaan diatas merupakan persamaan untuk mencari *friction losses* dengan tekanan, maka menggunakan spesifik udara (berat jenis udara)

| Tabel 2.1 Berat | Suhu °C | Berat Spesifik (N/m ³) | spesifik udara |
|--------------------|---------|------------------------------------|----------------|
| pada tekanan | -40 | 14,86 | atmosferik (|
| Holman J.P : 1997) | -20 | 13,86 | |
| | 0. | 16,68 | |
| | 10 | 12,24 | |
| | 20 | 11,82 | |
| | 30 | 11,43 | |
| | 40 | 11,06 | |
| | 60 | 10,4 | |
| | 80 | 9,81 | |
| | 100 | 9,28 | |
| | 200 | 7,33 | |

Diagram Moody digunakan untuk menunjukkan ketergantungan fungsional faktor gesekan (f) pada bilangan Reynolds (Re) dan kekasaran relatif (ϵ/D).

Perlu diperhatikan bahwa nilai ϵ/D tidak perlu selalu disesuaikan dengan nilai aktual yang diperoleh melalui suatu penentuan mikroskopik dari ketinggian rata-rata kekasaran permukaan. Ada pun nilai kekasaran bahan (e) di tampilkan pada Tabel 2.2



Gambar 2.11. Diagram Moody (Munson R, B. Okiishi H.T, Huebsch W. Rothmayer A.P : 2012)

Tabel 2.2. Nilai Kekasaran Pipa (Holman J.P : 1997)

| No | Pipe Material | Roughness height (mm) |
|----|-------------------------|-----------------------|
| 1. | Wrought iron | 0,04 |
| 2. | Asbestos Cement | 0,05 |
| 3. | Poly (vinyl Chloride) | 0.05 |
| 4. | Steel | 0,05 |
| 5. | Asphalted Cast Iron | 0.13 |
| 6. | Galvanized Iron | 0,15 |
| 7. | Cast Ductile Iron | 0,25 |
| 8. | Concrete | 0.3 to 3.0 |
| 9. | Riveted Steel | 0,9 to 9.0 |

BAB 3

METODOLOGI

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Tempat dilaksanakannya studi eksperimental simulasi numerik kerugian aliran pada susunan pipa segitiga di Gedung Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

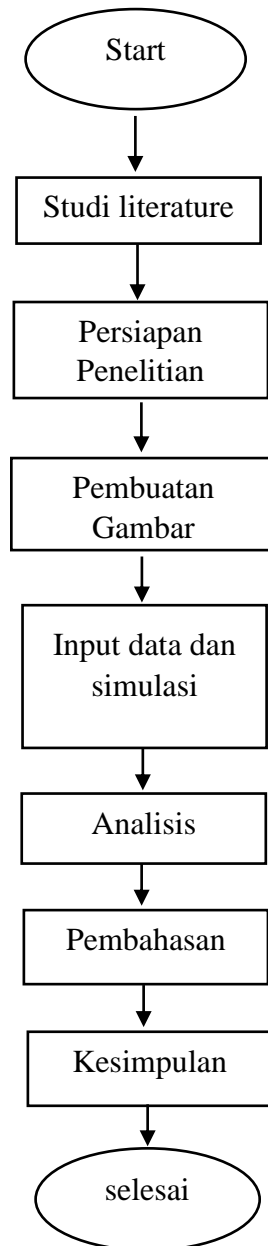
3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu dimulai sejak tanggal disahkannya usulan judul sampai penelitian oleh ketua program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan dikerjakan kurang lebih 4 bulan sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1. Waktu Pelaksanaan

| NO | KEGIATAN | Waktu (Bulan) | | | |
|----|------------------------------------------------------|-----------------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Pengajuan Judul | | | | |
| 2 | Studi Literatur | | | | |
| 3 | Persiapan Bahan | | | | |
| 4 | Pelaksanaan Perancangan desain susunan pipa segitiga | | | | |
| 5 | Pengujian simulasi desain susunan pipa segitiga | | | | |
| 6 | Pengolahan Data | | | | |
| 7 | Asistensi dan perbaikan | | | | |

3.2. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian

3.3. Alat yang digunakan

Dalam Proses simulasi, perancangan dan analisa objek, akan menggunakan beberapa alat dan bahan untuk membuat desain yang kemudian dapat dilakukan simulasi dan analisa pada desain tersebut

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Komputer

Komputer dengan spesifikasi :

Prosesor Intel(R) Xeon(R) CPU E3-1246 v3 @3.50Ghz 3.50Ghz

Memori 8.00 GB

Sistem Operasi Windows 7 64-bit



Gambar 3.2. Komputer Laboratorium Komputer Fakultas Teknik

2. Perangkat lunak *Solidwork*

Program komputer yang berfungsi untuk melakukan analisa tekanan



Gambar 3.3. Aplikasi *solidwork*

3. *Mouse*

Merupakan hardware yang dihubungkan dengan komputer yang fungsinya agar lebih efisien dalam memakai kursor dan saat mendesain di solidwork



Gambar 3.4. *Mouse*

4. Printer

Merupakan perangkat eksternal yang bertugas mengambil data komputer dan menghasilkan hard copy dari data tersebut



Gambar 3.5. Printer

3.4. Prosedur penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan desain simulasi aliran yang akan dibuat pada susunan pipa segitiga
2. Menyiapkan berapa ukuran yang akan di buat pada susunan pipa segitiga,

Panjang pipa, diameter pipa, jenis fluida, aliran kecepatan dan laju aliran massa yang akan digunakan dalam melakukan simulasi

3. Merancang aliran yang akan disimulasikan dengan menggunakan aplikasi *solidwork* dengan desain yang sebelumnya sudah dibuat
4. Setelah rancangan selesai, mulailah menjalankan simulasi dengan menggunakan *solidwork*
5. Mengamati simulasi dan mencatat hasil kecepatan aliran pada susunan pipa segitiga dan melakukan simulasi numerik
6. Mencatat hasil pengujian dan hasil dari pengujian tersebut akan digunakan sebagai penelitian tugas akhir / skripsi

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perancangan Model Dengan Solidwork

Perancangan Model yang akan direncanakan susunan segitiga ini dengan menggunakan *software solidwork* 2014 dengan Langkah sebagai berikut :

1. Menyalakan komputer yang akan digunakan untuk merancang desain susunan pipa segitiga yang akan dibuat



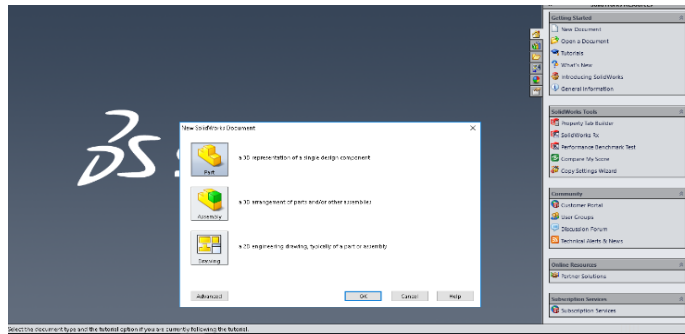
Gambar 4.1. Menghidupkan Komputer

2. Buka *software solidwork* 2014 pada komputer



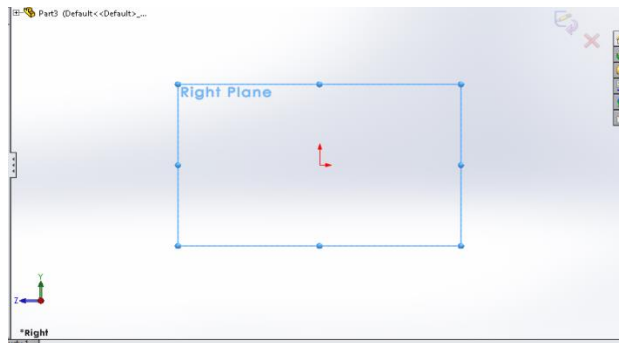
Gambar 4.2. *software solidwork*

3. Pilih “ *New Document* “ pada sudut kanan atas tampilan *software solidwork* 2014, Kemudian pilih “*part*” dan pilih “*ok*”



Gambar 4.3. memulai pekerjaan baru di solidwork

4. Pilih “ *insert* “ pada menu bar kemudian pilih “ *sketch* “ dan kemudian pilih “ *front plane* “



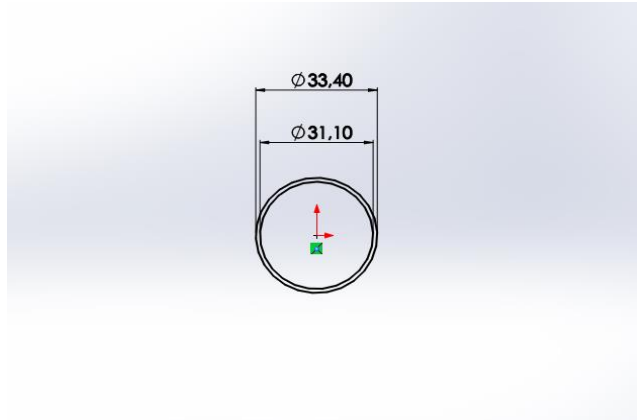
Gambar 4.4. *plane* perancangan

5. Membuat desain susunan pipa segitiga
Adapun Susunan pipa segitiga yang kita rencanakan yaitu memiliki bentuk bulat dengan rincian dimensi :

Tabel 4.1. Dimensi Pipa

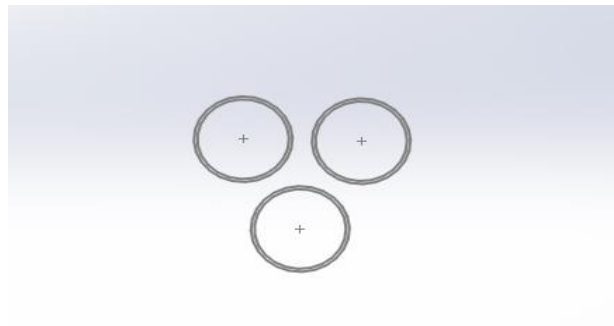
| | |
|--------------------------|---------------------|
| Panjang (p) | 500 mm |
| Diameter luar (d_1) | 33,40 mm |
| Diameter Dalam (d_2) | 31,10 mm |
| Bahan Pipa | <i>Carbon Steel</i> |

Klik “ *circle* “ pada kolom “ *sketch* “, klik di daerah “ *plane* “ lalu klik dan tahan *mouse* agar membentuk lingkaran. Lalu klik “ *smart dimension* “ untuk memberikan ukurannya

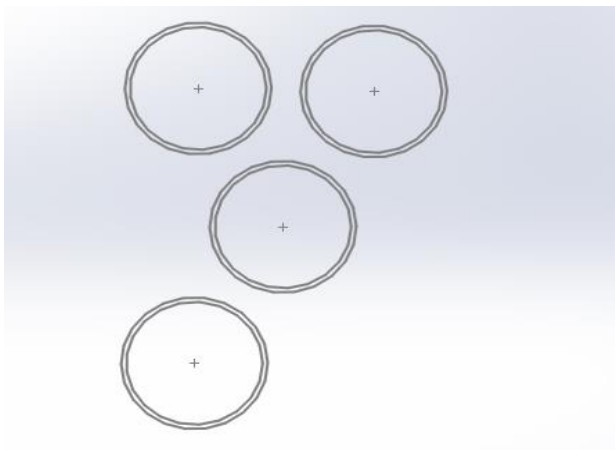


Gambar 4.5. gambar awal desain pipa (Proses 20 %)

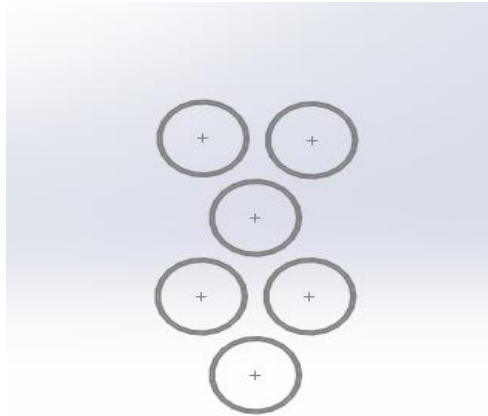
6. Ulangi langkah ke 6 untuk membuat lingkaran selanjutnya



Gambar 4.6. Desain pipa (proses 40 %)



Gambar 4.7 . Desain Pipa (proses 60 %)



Gambar 4.8. Desain Pipa (Proses 80 %)

7. Setelah selesai mendesain pipa, Selanjutnya klik “*features* “ pilih “*extrude boss* “, maka pipa akan menjadi bentuk tiga dimensi



Gambar 4.9. Desain pipa setelah berbentuk tiga dimensi (proses 100 %)

4.2. Hasil Penelitian

Dalam mengevaluasi data dan perhitungan simulasi pada susunan pipa segitiga menggunakan perangkat lunak *solidwork* 2014, terdapat bilangan reynold yang di variasikan sampai 10 (sepuluh) variasi bilangan reynold dapat dianalisis dari hasil simulasi menghasilkan nilai kecepatan pada setiap percobaan dan laju aliran massa fluidanya.berikut ini hasil simulasi eksternal yang divariasikan berdasarkan bilangan reynold dari 1000 – 10000.

4.1.1. Aliran Pada Bilangan Reynold 1000

Untuk menentukan nilai kecepatan (V) dari variasi aliran yang pertama, pada temperature fluida 300 K dapat dilakukan dengan perhitungan berikut ini :

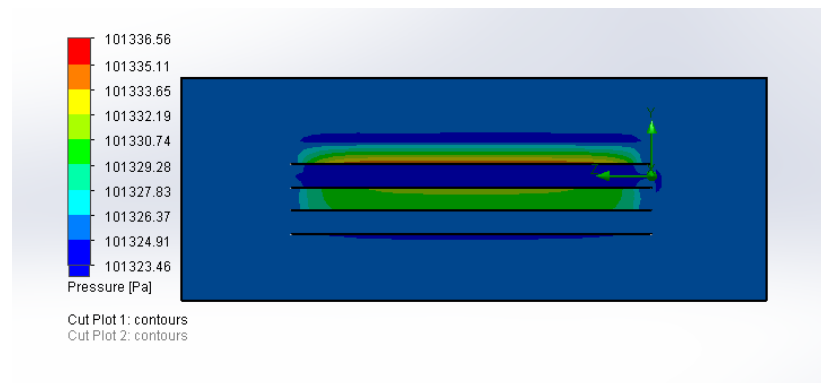
$$V = \frac{Re \cdot \nu}{d}$$

$$V = \frac{1000 \cdot 15,69 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = \frac{0,01569 \text{ m}^2/\text{s}}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = 0,469 \text{ m/s}$$

Yang dipakai pada proses simulasi adalah *boundary condition* pada nilai *inlet velocity* yaitu 0,469 m/s, pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.10. Simulasi pada saat reynold 1000 kecepatan aliran 0,469 m/s

Dari hasil simulasi diketahui bahwa tekanan maksimal yaitu sebesar 101337,19 Pa dan tekanan minimum yaitu sebesar 101323,43 Pa

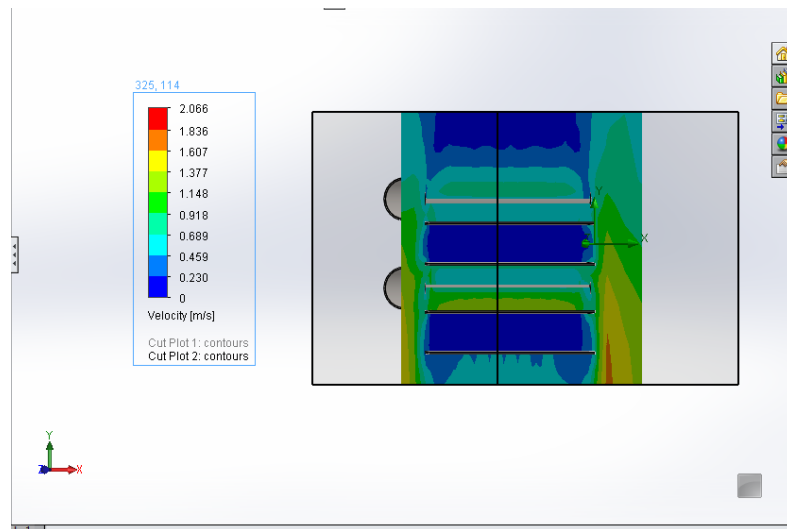
Selanjutnya untuk mencari laju aliran massa (\dot{m}) pada bilangan reynold 1000 dan kecepatan $0,469 \text{ m/s}$ dengan temperature fluida 300 K dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A$$

$$\dot{m} = 1,774 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,469 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,000876 \text{m}^2$$

$$\dot{m} = 0,00073 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Yang dipakai pada proses simulasi ini adalah *boundary condition* pada nilai *inlet mass flow* yaitu $0,00073 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.11. Simulasi pada saat reynold 1000 laju aliran massa $0,00073 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

4.1.2. Aliran Pada Bilangan Reynold 2000

Untuk menentukan nilai kecepatan (V) dari variasi aliran yang kedua, pada temperature fluida 300 K dapat dilakukan dengan perhitungan berikut ini :

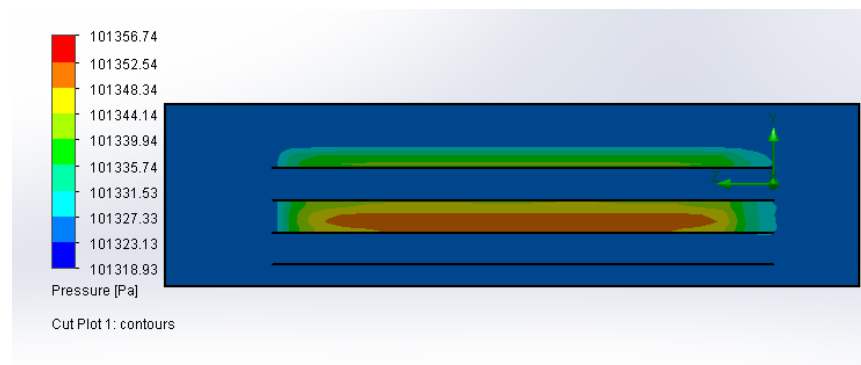
$$V = \frac{\text{Re} \cdot \nu}{d}$$

$$V = \frac{2000 \cdot 15,69 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}{0,0334 \text{m}}$$

$$V = \frac{0,03138 \text{ m}^2/\text{s}}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = 0,939 \text{ m/s}$$

Yang dipakai pada proses simulasi adalah *boundary condition* pada nilai *inlet velocity* yaitu 0,939 m/s, pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.12. Simulasi pada saat reynold 2000 kecepatan aliran 0,0939 m/s

Dari hasil simulasi diketahui bahwa tekanan maksimal yaitu sebesar 101359,28 Pa dan tekanan minimum yaitu sebesar 101318,86 Pa

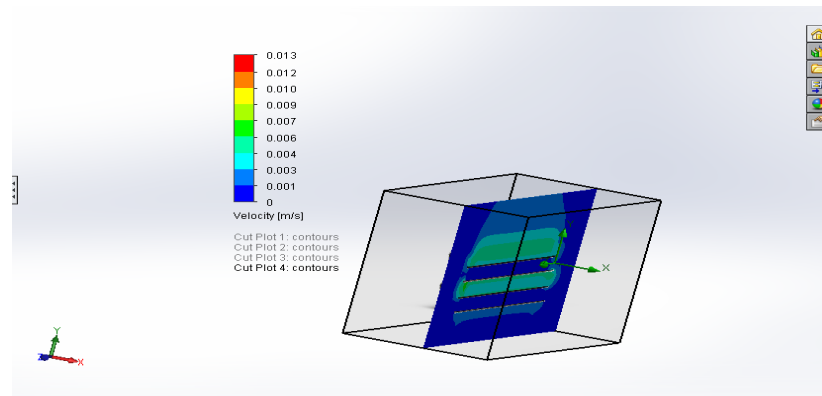
Selanjutnya untuk mencari laju aliran massa (\dot{m}) pada bilangan reynold 2000 dan kecepatan $0,939 \text{ m/s}$ dengan temperature fluida 300 K dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\dot{V} = \rho.V.A$$

$$\dot{V} = 1,774 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} 0,939 \frac{\text{m}}{\text{s}} 0,000876 \text{ m}^2$$

$$\dot{V} = 0,00097 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Yang dipakai pada proses simulasi ini adalah *boundary condition* pada nilai *inlet mass flow* yaitu $0,00097 \frac{kg}{s}$ pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.13. Simulasi pada saat reynold 2000 laju aliran massa $0,00097 \frac{kg}{s}$

4.1.3. Aliran Pada Bilangan Reynold 3000

Untuk menentukan nilai kecepatan (V) dari variasi aliran yang ketiga, pada temperature fluida 300 K dapat dilakukan dengan perhitungan

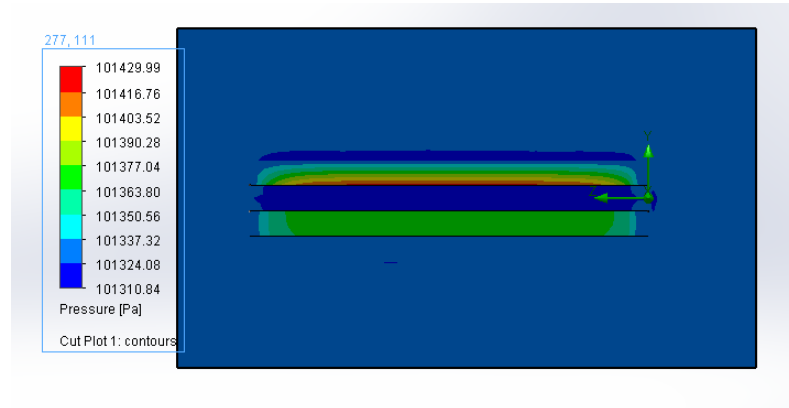
$$\text{berikut ini } V = \frac{Re \cdot \nu}{d}$$

$$V = \frac{3000 \cdot 15,69 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}{0,0334m}$$

$$V = \frac{0,04707 \frac{m^2}{s}}{0,0334m}$$

$$V = 1,409 \frac{m}{s}$$

Yang dipakai pada proses simulasi adalah *boundary condition* pada nilai *inlet velocity* yaitu 1,409 m/s, pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.14. Simulasi pada saat reynold 3000 kecepatan aliran 1,409 m/s

Dari hasil simulasi diketahui bahwa tekanan maksimal yaitu sebesar 101440,90 Pa dan tekanan minimum yaitu sebesar 101310,75 Pa

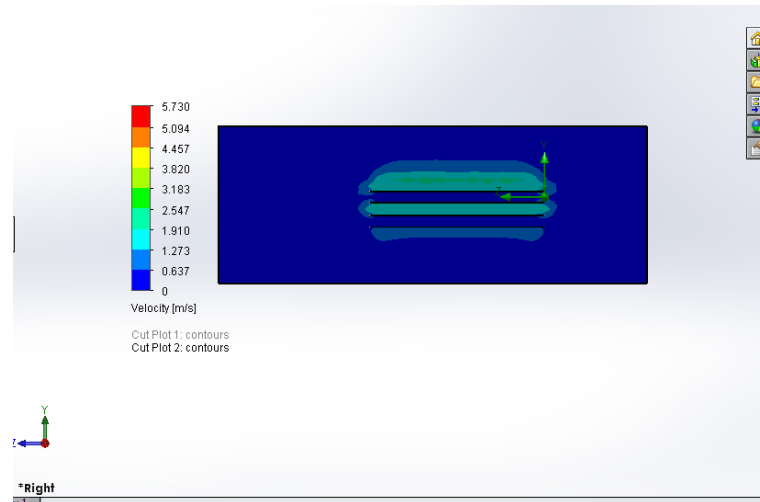
Selanjutnya untuk mencari laju aliran massa (\dot{m}) pada bilangan reynold 3000 dan kecepatan $1,409 \frac{m}{s}$ dengan temperature fluida 300 K dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\dot{V} = \rho.V.A$$

$$\dot{V} = 1,774 \frac{kg}{m^3} 1,409 \frac{m}{s} 0,000876 m$$

$$\dot{V} = 0,00218 \frac{kg}{s}$$

Yang dipakai pada proses simulasi ini adalah *boundary condition* pada nilai *inlet mass flow* yaitu $0,00218 \frac{kg}{s}$ pada temperature fluida 300K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4 .15. Simulasi pada saat reynold 3000 laju aliran massa 0,00218 kg/s

4.1.4. Aliran Pada Bilangan Reynold 4000

Untuk menentukan nilai kecepatan (V) dari variasi aliran yang keempat pada temperature fluida (udara) 300 K dapat dilakukan dengan perhitungan berikut ini :

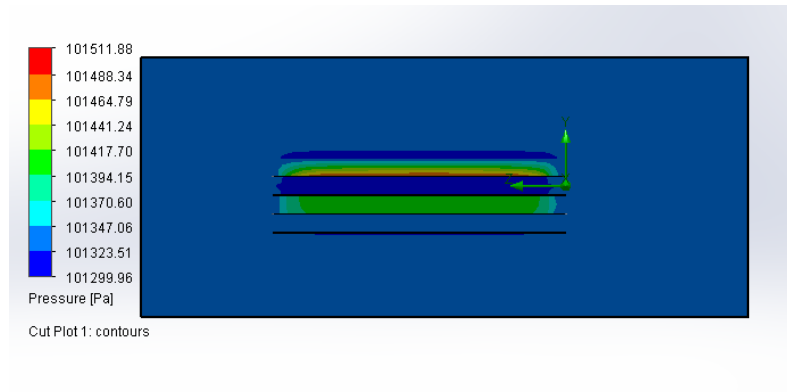
$$V = \frac{\text{Re} \cdot \nu}{d}$$

$$V = \frac{4000 \cdot 15,69 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = \frac{0,06276 \text{ m}^2/\text{s}}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = 1,879 \text{ m}/\text{s}$$

Yang dipakai pada proses simulasi adalah *boundary condition* pada nilai *inlet velocity* yaitu $1,879 \text{ m}/\text{s}$ pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.16. Simulasi pada saat reynold 4000 kecepatan aliran 1,875 m/s

Dari hasil simulasi diketahui bahwa tekanan maksimal yaitu sebesar 101532.24 Pa dan tekanan minimum yaitu sebesar 101299,83 Pa

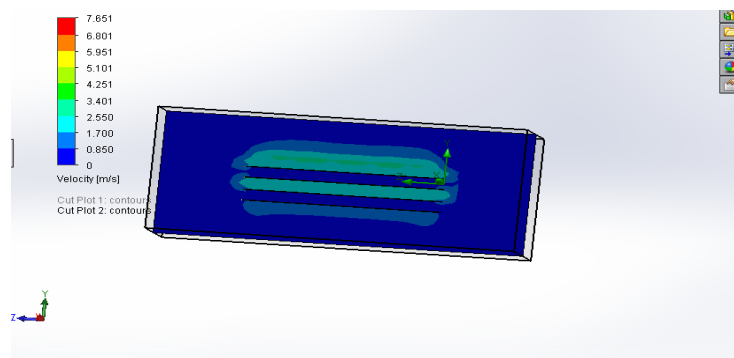
Selanjutnya untuk mencari laju aliran massa (\dot{m}) pada bilangan reynold 4000 dan kecepatan $1,879 \text{ m/s}$ dengan temperature fluida 300 K dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V = \rho.V.A$$

$$V = 1,774 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} 1,879 \frac{\text{m}}{\text{s}} 0,000876 \text{m}$$

$$V = 0,00292 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Yang dipakai pada proses simulasi ini adalah *boundary condition* pada nilai *inlet mass flow* yaitu $0,00292 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.17. Simulasi pada saat reynold 4000 laju aliran massa $0,00292 \text{ kg/s}$

4.1.5. Aliran Pada Bilangan Reynold 5000

Untuk menentukan nilai kecepatan (V) dari variasi aliran yang kelima pada temperature fluida 300 K berikut ini :

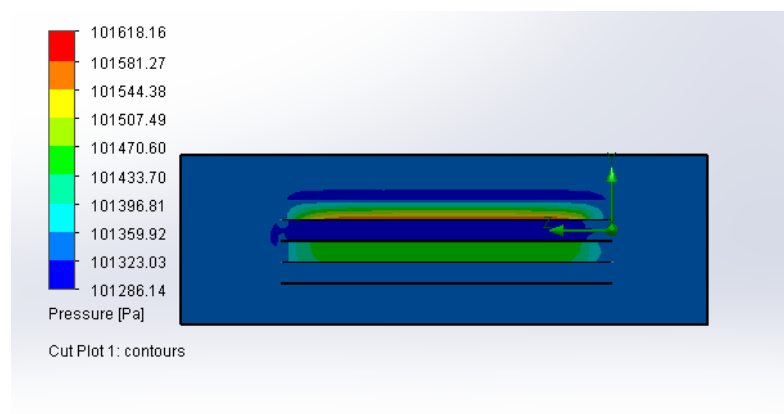
$$V = \frac{Re \cdot \nu}{d}$$

$$V = \frac{5000 \cdot 15,69 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = \frac{0,07845 \text{ m}^2/\text{s}}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = 2,348 \text{ m/s}$$

Yang dipakai pada proses simulasi adalah *boundary condition* pada nilai *inlet velocity* yaitu $2,348 \text{ m/s}$ pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.18. Simulasi pada saat reynold 5000 kecepatan aliran $2,384 \text{ m/s}$

Dari hasil simulasi diketahui bahwa tekanan maksimal yaitu sebesar $101650,30 \text{ Pa}$ dan tekanan minimum yaitu sebesar $101285,33 \text{ Pa}$

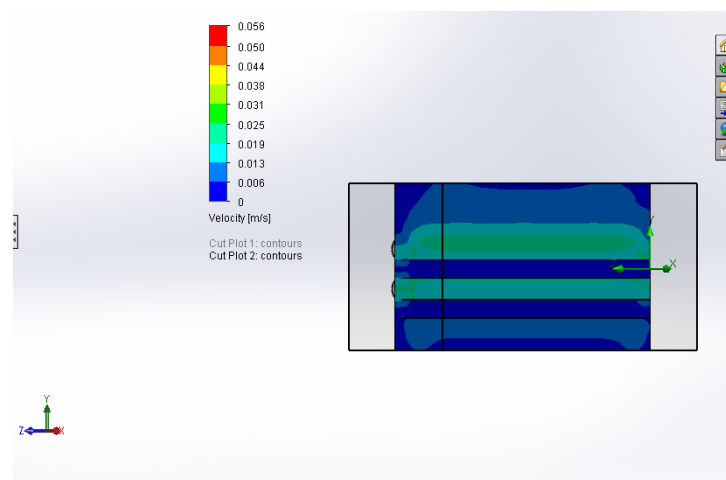
Selanjutnya untuk mencari laju aliran massa (\dot{m}) pada bilangan reynold 5 000 dan kecepatan $2,348 \text{ m/s}$ dengan temperature fluida 300 K dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V = \rho.V.A$$

$$V = 1,774 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} 2,348 \text{ m/s} 0,000876 \text{ m}$$

$$V = 0,00364 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Yang dipakai pada proses simulasi ini adalah *boundary condition* pada nilai *inlet mass flow* yaitu $0,00364 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.19. Simulasi pada saat reynold 5000 laju aliran massa $0,00364 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

4.1.6. Aliran Pada Bilangan Reynold 6000

Untuk menentukan nilai kecepatan (V) dari variasi aliran yang keenam pada temperature fluida 300 K berikut ini :

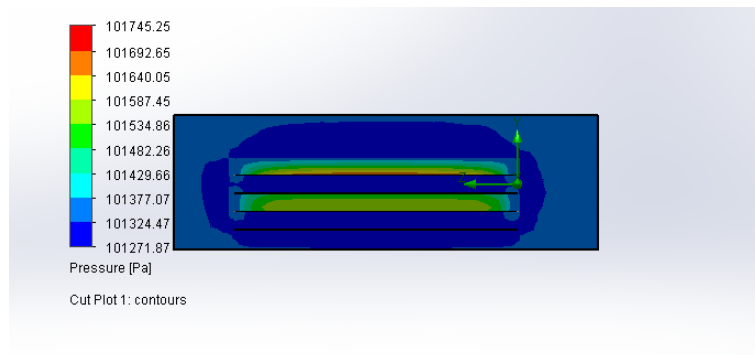
$$V = \frac{\text{Re} \cdot \nu}{d}$$

$$V = \frac{6000 \cdot 15,69 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = \frac{0,09491 \text{ m}^2 / \text{s}}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = 2,818 \text{ m/s}$$

Yang dipakai pada proses simulasi adalah *boundary condition* pada nilai *inlet velocity* yaitu $2,818 \text{ m/s}$ pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.20. Simulasi pada saat reynold 6000 kecepatan aliran $2,818 \text{ m/s}$

Dari hasil simulasi diketahui bahwa tekanan maksimal yaitu sebesar $101798,50 \text{ Pa}$ dan tekanan minimum yaitu sebesar $101263,41 \text{ Pa}$

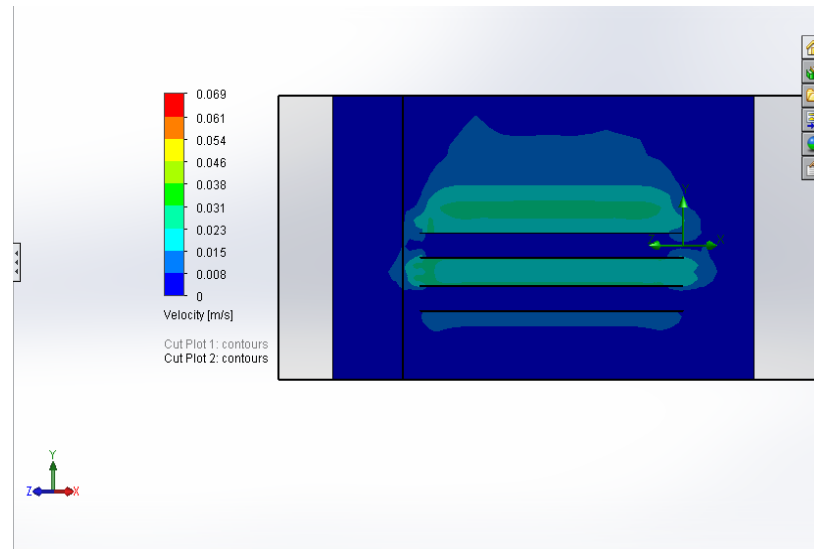
Selanjutnya untuk mencari laju aliran massa (\dot{m}) pada bilangan reynold 6000 dan kecepatan $2,818 \text{ m/s}$ dengan temperature fluida 300 K dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A$$

$$\dot{m} = 1,774 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2,818 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,000876 \text{ m}^2$$

$$\dot{m} = 0,00437 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Yang dipakai pada proses simulasi ini adalah *boundary condition* pada nilai *inlet mass flow* yaitu $0,00437 \text{ kg/s}$ pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut



Gambar 4.21. Simulasi pada saat reynold 6000 laju aliran massa $0,00437 \text{ kg/s}$

4.1.7. Aliran Pada Bilangan Reynold 7000

Untuk menentukan nilai kecepatan (V) dari variasi aliran yang ketujuh pada temperature fluida 300 K berikut ini :

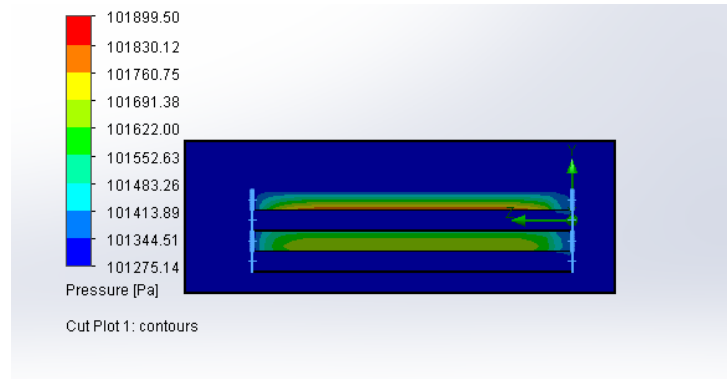
$$V = \frac{\text{Re} \cdot \nu}{d}$$

$$V = \frac{7000 \cdot 15,69 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = \frac{0,10983 \text{ m}^2/\text{s}}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = 3,288 \text{ m/s}$$

Yang dipakai pada proses simulasi adalah *boundary condition* pada nilai *inlet velocity* yaitu $3,288 \text{ m/s}$ pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.22. Simulasi pada saat reynold 7000 kecepatan aliran 3,288 m/s

Dari hasil simulasi diketahui bahwa tekanan maksimal yaitu sebesar 101961,98 Pa dan tekanan minimum yaitu sebesar 101269,40 Pa

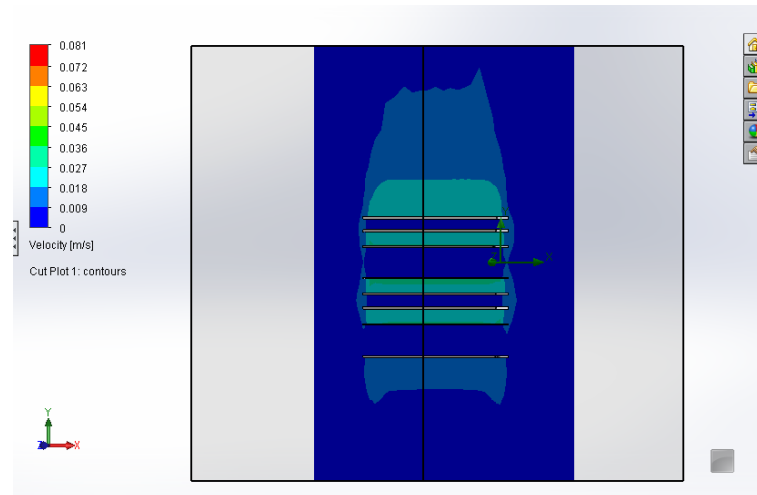
Selanjutnya untuk mencari laju aliran massa (\dot{m}) pada bilangan reynold 7000 dan kecepatan $3,288 \text{ m/s}$ dengan temperature fluida 300 K dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V = \rho.V.A$$

$$V = 1,774 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} 3,288 \frac{\text{m}}{\text{s}} 0,000876 \text{m}$$

$$V = 0,00510 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Yang dipakai pada proses simulasi ini adalah *boundary condition* pada nilai *inlet mass flow* yaitu $0,00510 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut



Gambar 4.23. Simulasi pada saat reynold 7000 laju aliran massa 0,00510

$$\frac{kg}{s}$$

4.1.8. Aliran Pada Bilangan Reynold 8000

Untuk menentukan nilai kecepatan (V) dari variasi aliran yang kedelapan pada temperature fluida 300 K berikut ini :

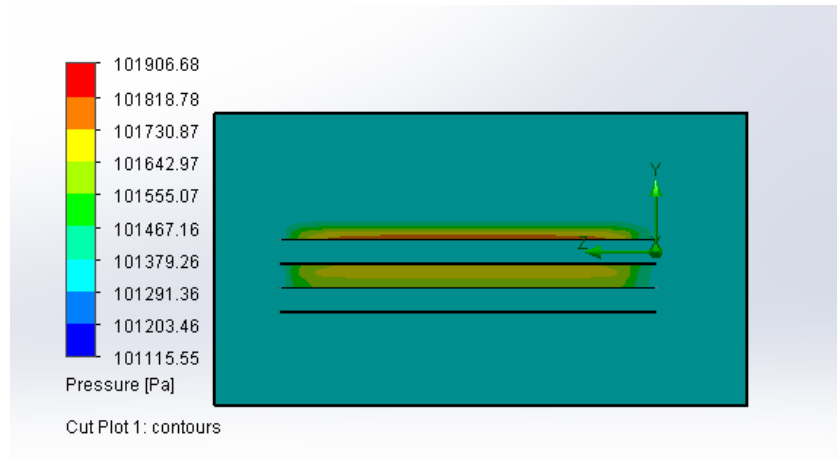
$$V = \frac{Re \cdot \nu}{d}$$

$$V = \frac{8000 \cdot 15,69 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = \frac{0,12552 \text{ m}^2/\text{s}}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = 3,758 \text{ m/s}$$

Yang dipakai pada proses simulasi adalah *boundary condition* pada nilai *inlet velocity* yaitu 3,758 m/s pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.24. Simulasi pada saat reynold 8000 kecepatan aliran 3,758 m/s

Dari hasil simulasi diketahui bahwa tekanan maksimal yaitu sebesar 101939,99 Pa dan tekanan minimum yaitu sebesar 101115,43 Pa

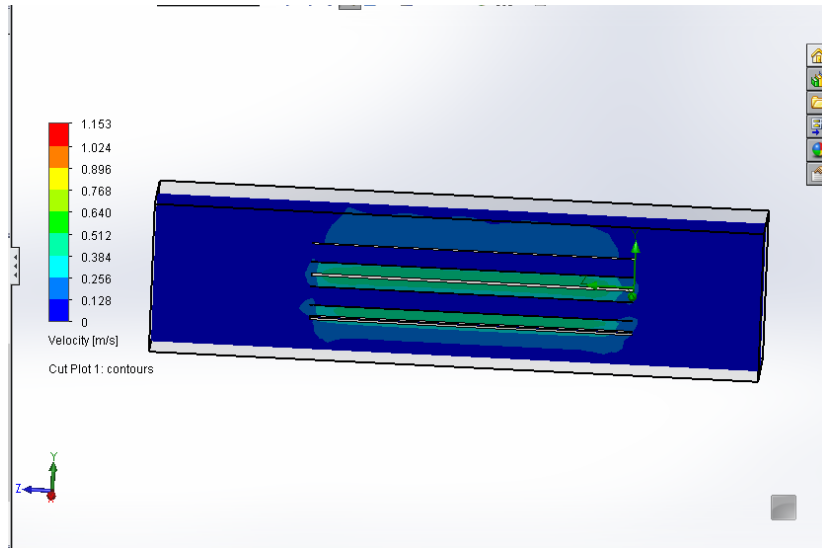
Selanjutnya untuk mencari laju aliran massa (\dot{m}) pada bilangan reynold 8000 dan kecepatan $3,758 \frac{m}{s}$ dengan temperature fluida 300 K dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V = \rho \cdot V \cdot A$$

$$V = 1,774 \frac{kg}{m^3} \cdot 3,758 \frac{m}{s} \cdot 0,000876 m$$

$$V = 0,00582 \frac{kg}{s}$$

Yang dipakai pada proses simulasi ini adalah *boundary condition* pada nilai *inlet mass flow* yaitu $0,00582 \frac{kg}{s}$ pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut



Gambar 4.25. Simulasi pada saat reynold 8000 laju aliran massa 0,00510

$$\frac{kg}{s}$$

4.1.9. Aliran Pada Bilangan Reynold 9000

Untuk menentukan nilai kecepatan (V) dari variasi aliran yang keempat pada temperature fluida 300 K berikut ini :

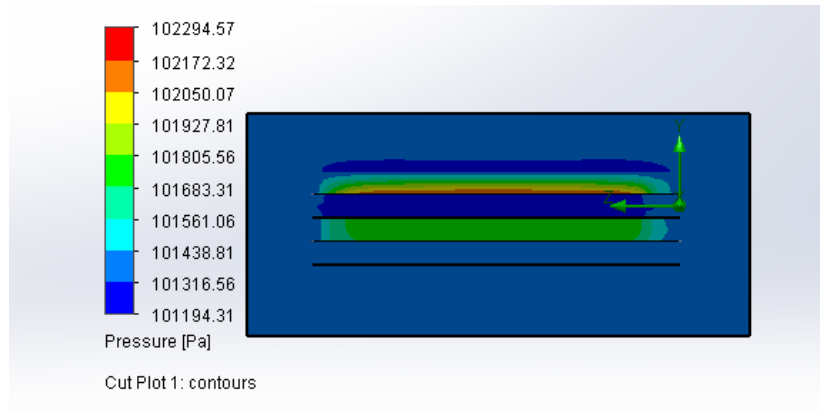
$$V = \frac{Re \cdot \nu}{d}$$

$$V = \frac{9000 \cdot 15,69 \times 10^{-6} \text{ m}^2/s}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = \frac{0,14121 \text{ m}^2/s}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = 4,227 \text{ m/s}$$

Yang dipakai pada proses simulasi adalah *boundary condition* pada nilai *inlet velocity* yaitu $4,227 \text{ m/s}$ pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.26. Simulasi pada saat reynold 9000 kecepatan aliran 4,227 m/s

Dari hasil simulasi diketahui bahwa tekanan maksimal yaitu sebesar 102403,43 Pa dan tekanan minimum yaitu sebesar 101193,45 Pa

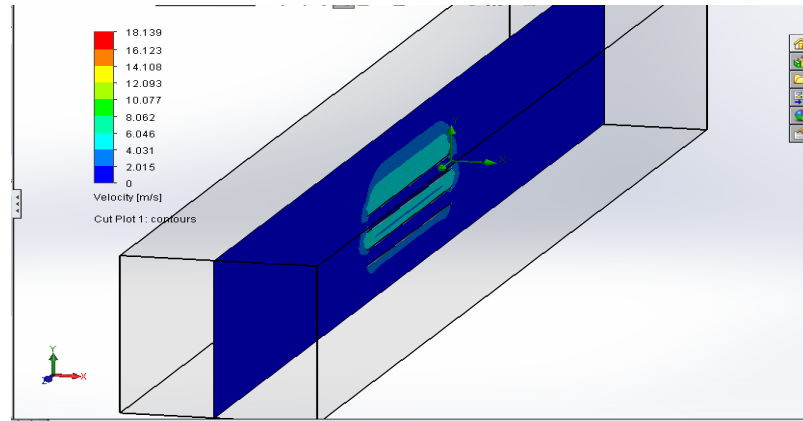
Selanjutnya untuk mencari laju aliran massa (\dot{m}) pada bilangan reynold 9000 dan kecepatan $4,227 \text{ m/s}$ dengan temperature fluida 300 K dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V = \rho \cdot V \cdot A$$

$$V = 1,774 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4,227 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,000876 \text{ m}$$

$$V = 0,00657 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Yang dipakai pada proses simulasi ini adalah *boundary condition* pada nilai *inlet mass flow* yaitu $0,00657 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut



Gambar 4.27. Simulasi pada saat reynold 9000 laju aliran massa 0,00657

$\frac{kg}{s}$ 4.1.10. Aliran Pada Bilangan Reynold 10000

Untuk menentukan nilai kecepatan (V) dari variasi aliran yang kesepuluh pada temperature fluida 300 K berikut ini :

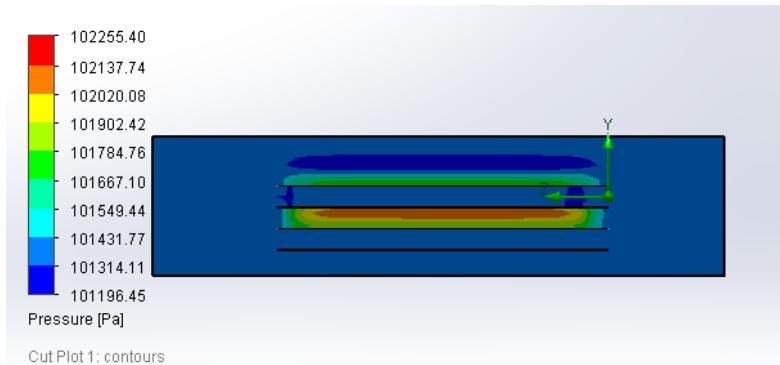
$$V = \frac{Re \cdot \nu}{d}$$

$$V = \frac{10000 \cdot 15,69 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = \frac{0,1569 \text{ m}^2/\text{s}}{0,0334 \text{ m}}$$

$$V = 4,70 \text{ m/s}$$

Yang dipakai pada proses simulasi adalah *boundary condition* pada nilai *inlet velocity* yaitu $4,70 \text{ m/s}$ pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.28. Simulasi pada saat reynold 10000 kecepatan aliran 4,70 m/s

Dari hasil simulasi diketahui bahwa tekanan maksimal yaitu sebesar 102655,92 Pa dan tekanan minimum yaitu sebesar 101194,75 Pa

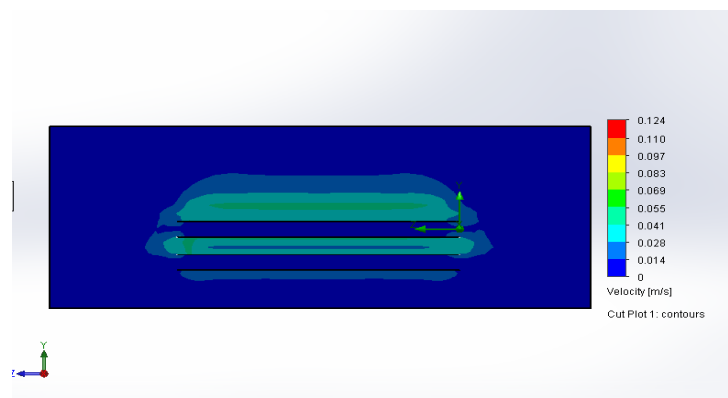
Selanjutnya untuk mencari laju aliran massa (\dot{m}) pada bilangan reynold 10000 dan kecepatan $4,70 \text{ m/s}$ dengan temperature fluida 300 K dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$V = \rho.V.A$$

$$V = 1,774 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} 4,70 \frac{\text{m}}{\text{s}} 0,000876 \text{ m}$$

$$V = 0,00730 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Yang dipakai pada proses simulasi ini adalah *boundary condition* pada nilai *inlet mass flow* yaitu $0,00730 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ pada temperature fluida 300 K sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut



Gambar 4.29. Simulasi pada saat reynold 10000 laju aliran massa $0,00730 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

4.2. Pembahasan

4.2.1. Kerugian aliran pada saat reynold 1000

Diketahui data yang didapat dari hasil simulasi adalah sebagai berikut

:

$$\Delta P = 101337,19 \frac{N}{m^2} - 101323,43 \frac{N}{m^2} =$$

$$\Delta P = 13,76 \frac{N}{m^2}$$

$$D = 0,0334m$$

$$L = 0,5m$$

$$V = 0,469$$

Maka f adalah :

$$f = \frac{\Delta P \cdot D \cdot 2 \cdot g}{\gamma \text{udara} \cdot L \cdot V^2}$$

$$f = \frac{13,76 \frac{N}{m^2} \cdot 0,0334m \cdot 2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}{11,55 \frac{N}{m^3} \cdot 0,5m \cdot 0,219961 \frac{m^2}{s^2}}$$

$$f = \frac{9,01703808 \frac{N}{s^2}}{1,270274775 \frac{N}{s^2}}$$

$$f = 7,16$$

4.2.2. Kerugian aliran pada saat reynold 2000

Diketahui data yang didapat dari hasil simulasi adalah sebagai berikut

:

$$\Delta P = 101359,28 \frac{N}{m^2} - 101318,86 \frac{N}{m^2} =$$

$$\Delta P = 40,42 \frac{N}{m^2}$$

$$D = 0,0334m$$

$$L = 0,5m$$

$$V = 0,939 \frac{m}{s}$$

Maka f adalah

$$f = \frac{\Delta P \cdot D \cdot 2 \cdot g}{\gamma \text{udara} \cdot L \cdot V^2}$$

$$f = \frac{40,42 \frac{N}{m^2} \cdot 0,0334 m \cdot 2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}{11,55 \frac{N}{m^3} \cdot 0,5 m \cdot 0,881721 \frac{m^2}{s^2}}$$

$$f = \frac{26,48754936 \frac{N}{s^2}}{5,091938775 \frac{N}{s^2}}$$

$$f = 5,20$$

4.2.3. Kerugian aliran pada saat reynold 3000

Diketahui data yang didapat dari hasil simulasi adalah sebagai berikut

:

$$\Delta P = 101440,90 \frac{N}{m^2} - 101310,75 \frac{N}{m^2} =$$

$$\Delta P = 130,15 \frac{N}{m^2}$$

$$D = 0,0334 m$$

$$L = 0,5 m$$

$$V = 1,409 \frac{m}{s}$$

Maka f adalah :

$$f = \frac{\Delta P \cdot D \cdot 2 \cdot g}{\gamma \text{udara} \cdot L \cdot V^2}$$

$$f = \frac{130,15 \frac{N}{m^2} \cdot 0,0334 m \cdot 2 \cdot 9,81 \frac{m}{s}}{11,55 \frac{N}{m^3} \cdot 0,5 m \cdot 1,985281 \frac{m^2}{s^2}}$$

$$f = \frac{85,2883362 \frac{N}{s^2}}{11,46499778 \frac{N}{s^2}}$$

$$f = 7,43$$

2.3.4. Kerugian aliran pada saat reynold 4000

Diketahui data yang didapat dari hasil simulasi adalah sebagai berikut

:

$$\Delta P = 101532,24 \text{ N/m}^2 - 101299,83 \text{ N/m}^2 =$$

$$\Delta P = 232,41 \text{ N/m}^2$$

$$D = 0,0334 \text{ m}$$

$$L = 0,5 \text{ m}$$

$$V = 1,879 \text{ m/s}$$

Maka f adalah :

$$f = \frac{\Delta P \cdot D \cdot 2 \cdot g}{\gamma_{udara} \cdot L \cdot V^2}$$

$$f = \frac{232,41 \text{ N/m}^2 \cdot 0,0334 \text{ m} \cdot 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}}{11,55 \text{ N/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 3,530641 \text{ m}^2/\text{s}^2}$$

$$f = \frac{152,3001323 \text{ N/s}^2}{20,38945178 \text{ N/s}^2}$$

$$f = 7,46$$

2.3.5. Kerugian aliran pada saat reynold 5000

Diketahui data yang didapat dari hasil simulasi adalah sebagai berikut

:

$$\Delta P = 101650,30 \text{ N/m}^2 - 101285,33 \text{ N/m}^2$$

$$\Delta P = 364,7 \text{ N/m}^2$$

$$D = 0,0334 \text{ m}$$

$$L = 0,5 \text{ m}$$

$$V = 2,348 \text{ m/s}$$

Maka f adalah :

$$f = \frac{\Delta P \cdot D \cdot 2 \cdot g}{\gamma_{udara} \cdot L \cdot V^2}$$

$$f = \frac{364,7 \text{ N/m}^2 \cdot 0,0334 \text{ m} \cdot 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}}{11,55 \text{ N/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 5,513104 \text{ m}^2/\text{s}^2}$$

$$f = \frac{238,9908276 \text{ N/s}^2}{31,8381756 \text{ N/s}^2}$$

$$f = 7,50$$

2.3.6. Kerugian aliran pada saat reynold 6000

Diketahui data yang didapat dari hasil simulasi adalah sebagai berikut

:

$$\Delta P = 101798,50 \text{ N/m}^2 - 101263,41 \text{ N/m}^2$$

$$\Delta P = 535,09 \text{ N/m}^2$$

$$D = 0,0334 \text{ m}$$

$$L = 0,5 \text{ m}$$

$$V = 2,818 \text{ m/s}$$

Maka f adalah :

$$f = \frac{\Delta P \cdot D \cdot 2 \cdot g}{\gamma \text{udara} \cdot L \cdot V^2}$$

$$f = \frac{535,09 \text{ N/m}^2 \cdot 0,0334 \text{ m} \cdot 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}}{11,55 \text{ N/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 7,941124 \text{ m}^2/\text{s}^2}$$

$$f = \frac{350,6487577 \text{ N/s}^2}{45,8599911 \text{ N/s}^2}$$

$$f = 7,64$$

2.3.7. Kerugian aliran pada saat reynold 7000

Diketahui data yang didapat dari hasil simulasi adalah sebagai berikut

:

$$\Delta P = 101961,98 \text{ N/m}^2 - 101269,40 \text{ N/m}^2$$

$$\Delta P = 692,58 \text{ N/m}^2$$

$$D = 0,0334 \text{ m}$$

$$L = 0,5m$$

$$V = 3,288 \text{ m/s}$$

Maka f adalah :

$$f = \frac{\Delta P \cdot D \cdot 2 \cdot g}{\gamma_{udara} \cdot L \cdot V^2}$$

$$f = \frac{692,58 \text{ N/m}^2 \cdot 0,0334m \cdot 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}}{11,55 \text{ N/m}^3 \cdot 0,5m \cdot 10,810944 \text{ m}^2/\text{s}^2}$$

$$f = \frac{453,8532146 \text{ N/s}^2}{62,4332016 \text{ N/s}^2}$$

$$f = 7,26$$

2.3.8. Kerugian aliran pada saat reynold 8000

Diketahui data yang didapat dari hasil simulasi adalah sebagai berikut

:

$$\Delta P = 101961,98 \text{ N/m}^2 - 101269,40 \text{ N/m}^2$$

$$\Delta P = 692,58 \text{ N/m}^2$$

$$D = 0,0334m$$

$$L = 0,5m$$

$$V = 3,288 \text{ m/s}$$

Maka f adalah :

$$f = \frac{\Delta P \cdot D \cdot 2 \cdot g}{\gamma_{udara} \cdot L \cdot V^2}$$

$$f = \frac{824,44 \text{ N/m}^2 \cdot 0,0334m \cdot 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}}{11,55 \text{ N/m}^3 \cdot 0,5m \cdot 14,122564 \text{ m}^2/\text{s}^2}$$

$$f = \frac{540,2621275 \text{ N/s}^2}{81,5578071 \text{ N/s}^2}$$

$$f = 7,62$$

2.3.9. Kerugian aliran pada saat reynold 9000

Diketahui data yang didapat dari hasil simulasi adalah sebagai berikut

:

$$\Delta P = 102403,43 \frac{N}{m^2} - 101193,45 \frac{N}{m^2}$$

$$\Delta P = 1.209,98 \frac{N}{m^2}$$

$$D = 0,0334m$$

$$L = 0,5m$$

$$V = 4,277 \frac{m}{s}$$

Maka f adalah :

$$f = \frac{\Delta P \cdot D \cdot 2 \cdot g}{\gamma_{udara} \cdot L \cdot V^2}$$

$$f = \frac{1.209,98 \frac{N}{m^2} \cdot 0,0334m \cdot 2 \cdot 9,81 \frac{m}{s}}{11,55 \frac{N}{m^3} \cdot 0,5m \cdot 18,292729 \frac{m^2}{s^2}}$$

$$f = \frac{792,9095738 \frac{N}{s^2}}{105,64051 \frac{N}{s^2}}$$

$$f = 7,51$$

2.3.10. Kerugian aliran pada saat reynold 10000

Diketahui data yang didapat dari hasil simulasi adalah sebagai berikut

:

$$\Delta P = 1023665,92 \frac{N}{m^2} - 101194,75 \frac{N}{m^2}$$

$$\Delta P = 1.461,17 \frac{N}{m^2}$$

$$D = 0,0334m$$

$$L = 0,5m$$

$$V = 4,70 \frac{m}{s}$$

Maka f adalah :

$$f = \frac{\Delta P \cdot D \cdot 2 \cdot g}{\gamma_{udara} \cdot L \cdot V^2}$$

$$f = \frac{1.461,17 \text{ N/m}^2 \cdot 0,0334 \text{ m} \cdot 2 \cdot 9,81 \text{ m/s}}{11,55 \text{ N/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 22,09 \text{ m}^2/\text{s}^2}$$

$$f = \frac{957,5163904 \text{ N/s}^2}{127,56975 \text{ N/s}^2}$$

$$f = 7,51$$

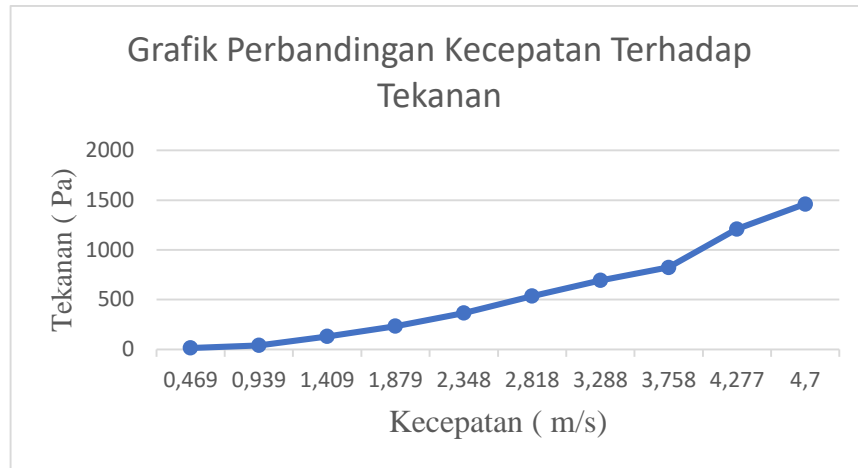
Perbandingan antara kecepatan dan laju aliran massa dapat dilihat dari grafik berikut ini



Gambar 4.30. Grafik Perbandingan Pecepatan Terhadap Laju Aliran Massa

Berdasarkan grafik, kita dapat melihat bahwa semakin Tinggi kecepatan fluida yang masuk menghantam pipa, maka laju aliran massa akan semakin besar. Hal ini menyebabkan kerugian aliran udara pada susunan pipa segitiga

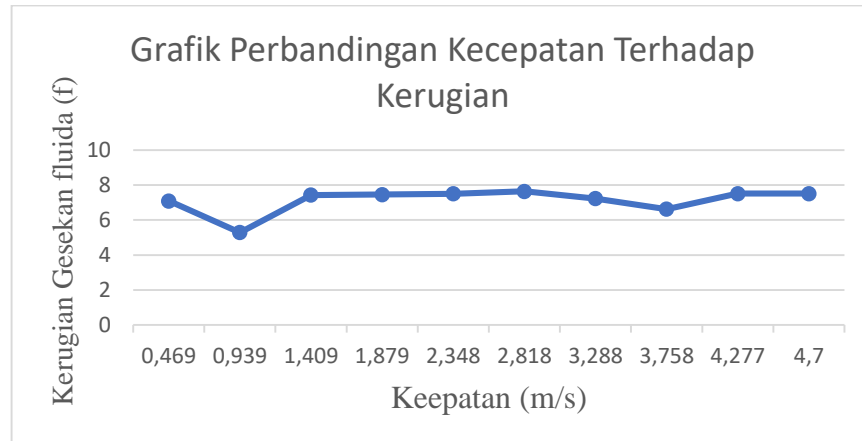
Selanjutnya untuk perbandingan antara kecepatan dan tekanan (ΔP) pada data hasil percobaan diatas dapat dilihat pada grafik berikut ini



Gambar 4.31. Grafik Perbandingan kecepatan terhadap tekanan (ΔP)

Berdasarkan grafik, kita dapat melihat bahwa semakin Tinggi kecepatan fluida yang masuk menghantam pipa, maka tekanan yang diterima pipa dari udara akan semakin besar.

Selanjutnya untuk perbandingan antara kecepatan (V) dan kerugian gesekan fluida (f) pada data hasil percobaan diatas dapat dilihat pada grafik berikut ini



Gambar 4.32. Grafik Perbandingan tekanan (ΔP) terhadap kerugian gesekan (f)

Berdasarkan grafik, kita dapat melihat bahwa semakin Tinggi kecepatan fluida yang masuk menghantam pipa, maka kerugian gesekan yang terjadi tidak selalu lebih besar. Hal ini dipengaruhi oleh faktor kecepatan fluida dan berat jenis fluida

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Laju aliran massa fluida dipengaruhi oleh kecepatan aliran fluida, yang mana fluida yang digunakan adalah udara dengan suhu 300 °K (26,85 °C). Suhu pada fluida mempengaruhi kerapatan fluida dan berat jenis fluida.
2. Kecepatan fluida mempengaruhi tekanan yang akan menghantam pipa. pada simulasi *solidwork*, bagian yang berubah warna merupakan representasi dari perubahan tekanan yang signifikan akibat kecepatan yang berubah ketika melewati sebuah sela – sela dari susunan pipa segitiga. Pada percobaan didapat tekanan kecepatan minimum 0,469 m/s dan kerugian aliran (f) adalah 7,16 dan kecepatan maksimum yaitu 4,70 m/s dan kerugian aliran (f) adalah 7,51
3. Adanya Kerugian Gesek (*friction losses*) susunan pipa terjadi akibat faktor tekanan yang menghantam pipa. Besaran tekanan dipengaruhi oleh kecepatan aliran fluida, laju aliran massa fluida dan luas penampang pada susunan pipa segitiga

5.2. Saran

1. Dalam merangkai *heat exchanger* agar lebih memperhatikan suhu udara yang akan menghantam pipa secara seksama, karena suhu udara sangat mempengaruhi kondisi udara
2. Memmperhatikan detail pemilihan bahan dan ukuran pipa sehingga kerugian gesekan yang terjadi tidak terlalu besar

DAFTAR PUSTAKA

- Baha'ullah Y. R, Imron C. (2016) *Simulasi Numerik Aliran Fluida Pada Saluran T-Junction 90° di PLTA Tulungagung*, Surabaya:Institut Teknologi
10 November
- Holman, J.P. (1997) *Heat Transfer Tenth Edition*, USA: John Willey and sons, Inc
- Holman, J.P. (1988) *heat Transfer eighth edition*, USA: John Willey and sons, Inc
- Irawan A, Rahmat S. (2010) *Analisa Kerugian akibat perluasan dan penyempitan penampang pada sambungan 90°*. Laporan Tugas Akhir, Makassar: Program Studi Teknik Mesin, UNHAS.
- Munson R. B, Okiishi H.T, Huebsch W. Rothmayer A.P (2012) *Fundamentals of Fluid Mechanics Seventh Edition*, USA: John Willey and sons, Inc
- Priangkoso T, Kurniawan N, Darmanto (2017) *Analisis Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Kerugian Tekanan Pada Saluran Udara*, Semarang: Program Studi Teknik Mesin UNS
- Ryanto F.I. (2017) *investigasi numerik 2D pengaruh variasi sudut inlet disturbance body terhadap karakteristik aliran dan perpindahan panas melintasi silindeer sirkular susunan staggered*. Laporan Tugas Akhir, Surabaya: Program Studi Teknik, Mesin ITS
- Tista S.P.G.G, Suriadi I.G.A.K (2015) *Pengaruh penempatan penghalang berbentuk segitiga di diepan silinder dengan variasi kecepatan aliran udara terhadap koefisien drag*, Denpasar : Program Studi Teknik Mesin UNUD
- Youyou Xu, Songlin Liu, Xuebin Ma Xiaoman Cheng, (2018) *Numeric Simulation airflow during losses vacuum from CFETR*, China: University of China Sains and Technologi
- Zainuddin, Sayoga I M A, Nuarsa I M (2012) *Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokann Terhadap Head Losses Aliran Pipa*. Tugas. Laporan Tugas Akhir, Mataram : Program Studi teknik Mesin UNMAT.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Perpindahan Panas Pada...

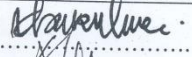


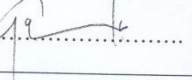
Nama : Fariz Abdilah
NPM : 1507230277

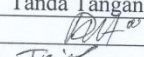







Dosen Pembimbing 1 : Khairul Umurani, S.T., M.T
Dosen Pembimbing 2 : Sudirman Lubis, S.T., M.T

| No | Hari/Tanggal | Kegiatan | Paraf |
|----|--------------|-------------------------------------------------------|-------|
| | | - Pembinaan spesifikasi tugas | ke |
| | | - Pembinaan pendahuluan | ke |
| | | - Pembinaan tugas awal pustaka | ke |
| | | - Pembinaan Metode | ke |
| | | - Pembinaan analisa data | ke |
| | | - lanjut ke pembimbing 2 | ke |
| | | - Pembinaan hasil | ke |
| | | - tambahkan data pustaka | ke |
| | | - masukkan surat resmi yg ada di bab ke perpusdata | ke |
| | | - See, semuanya | ke |

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta seminar
 Nama : Fariz Abdillah
 NPM : 1407230277
 Judul Tugas Akhir : Simulasi Numerik Kerugian Aliran Pipa Susunan Pipa Segitiga.

| DAFTAR HADIR | | TANDA TANGAN |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Pembimbing – I | : Khairul Umurani.S.T.M.T |  |
| Pembimbing – II | : Sudirman Lubis.S.T.M.T |  |
| Pemanding – I | : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T |  |
| Pemanding – II | : Chandra A Siregar.S.T.M.T |  |

| No | NPM | Nama Mahasiswa | Tanda Tangan |
|----|------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 1507230250 | Dicky Ibnuizar Klasiaton |  |
| 2 | 1407230090 | Fachru Roza |  |
| 3 | 1407230078 | Fyo Fransetya |  |
| 4 | 1307230275 | Bambang Karnesnan |  |
| 5 | 1307230262 | Arie Indra Wirantara |  |
| 6 | 1307230266 | Abdi Saputra |  |
| 7 | 1207230173 | M Azhar Sahril Damanik |  |
| 8 | 1407230196 | ANDRE ANDANA |  |
| 9 | | | |
| 10 | | | |

Medan, 04 Rajab 1440 H
09 Maret 2019 M

Ka.Prodi Teknik Mesin

Affandi.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTAR**

NAMA : Fariz Abdillah
NPM : 1407230277
Judul T.Akhir : Simulasi Numerik Kerugian Aliran Pipa Pada Susunan Pipa Se-
Gitiga.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pemanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- 2 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain:
 - *formas tulisan*
 - *Sempurnakan prosedur (metode)*
 - *Pilih catatan pel. F.H. yg telah di periksa*
- 3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

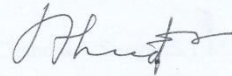
Medan 04 Rajab 1440 H
09 Maret 2019 M

Diketahui :

Ka.Prodi T.Mesin

Affandi.S.T.M.T

Dosen Pemanding - I



Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTAR**

NAMA : Fariz Abdillah
NPM : 1407230277
Judul T.Akhir : Simulasi Numerik Kerugian Aliran Pipa Pada Susunan Pipa Se-
Gitiga.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- 2 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

..... *lihat badan Nya Alhar*

.....

.....

- 3 Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

.....

.....

.....

Medan 04 Rajab 1440 H
09 Maret 2019 M

Diketahui :

Ka.Prodi T.Mesin

Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding - II


Chandra A Siregar.S.T.M.T

RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI:

Nama : FARIZ ABDILAH
Tempat Tanggal Lahir : Medan 31 Maret 1997
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Anak Ke : 4 dari 4 Bersaudara
Nama Orang Tua
Ayah : Alm. Ismail
Ibu : Lela Zuani
Agama : Islam
Kewarganegaraan : Indonesia
Status : Belum Menikah
Kontak Person : +6282366595204

RIWAYAT PENDIDIKAN

| NO | SEKOLAH | TEMPAT | TAHUN | KET |
|-----------|----------------------------|-----------------|--------------|------------|
| 1 | SD NEGERI 122345 | PEMATANGSIANTAR | 2009 | Berijazah |
| 2 | SMP SWASTA SULTAN AGUNG | PEMATANGSIANTAR | 2012 | Berijazah |
| 3 | SMA SWASTA SULTAN AGUNG | PEMATANGSIANTAR | 2015 | Berijazah |
| 4 | UMSU | MEDAN | 2019 | Berijazah |

RIWAYAT ORGANISASI

| NO | ORGANISASI | JABATAN | TAHUN |
|-----------|-------------------|----------------|--------------|
| 1 | PK IMM FATEK UMSU | KADER | 2015-2016 |
| 2 | PK IMM FATEK UMSU | SEKRETARIS | 2016-2017 |
| 3 | PC IMM KOTA MEDAN | KETUA BIDANG | 2017-2018 |

PENGALAMAN ORGANISASI

| NO | ORGANISASI | PELAKSANA | TAHUN |
|-----------|---------------------------|-------------------|--------------|
| 1 | Peserta Darul Arqam Dasar | PK IMM FATEK UMSU | 2015 |