

TUGAS AKHIR
SIMULASI NUMERIK KERUGIAN ENERGI PADA SAMBUNGAN T
PADA PIPA

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

Disusun Oleh:

JEFRI MAULANA LUBIS
1507230246



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Jefri Maulana Lubis
NPM : 1507230246
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Simulasi Numerik Kerugian Energi Pada Sambungan T Pada
Pipa
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, 09 Maret 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



H. Muharnif, S.T., M.Sc

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

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



Affandi, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Jefri Maulana Lubis
Tempat /Tanggal Lahir : Medan/29 April 1997
NPM : 1507230246
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Simulasi Numerik Kerugian Energi Pada Sambungan T Pada Pipa”,

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 Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 09 Maret 2019



Saya yang menyatakan,

Jefri Maulana Lubis

ABSTRAK

Aspek penting bagi makhluk hidup adalah air, terutama bagi manusia. Selama ini kebutuhan manusia akan air sangatlah besar. Dalam perkotaan air sangat dibutuhkan, aliran air tersebut dapat dialiri melalui media yang disebut dengan pipa yang mempunyai jenis dan juga dimensi yang berbeda. Selain itu aliran air juga melewati pipa tee. Sering kita melihat pemasangan pipa yang kurang teratur dan tidak memperhatikan efek yang timbul akibat percabangan tersebut terutama kerugian energi yang terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung kerugian energi yang terjadi pada sambungan pipa tee. Untuk memudahkan proses penelitian, peneliti menggunakan perangkat lunak solidwoks 2014 berbasis metode elemen hingga sebagai media untuk membuat desain dan juga proses simulasi yang nantinya akan didapat nilai kerugian energi (head losses). Penelitian ini menggunakan pipa berbahan dasar tembaga dengan nilai kekasaran pipa 1,5 mikrometer. Adapun ukuran pipa yang digunakan yaitu diameter luar 60,45 mm dan diameter dalam 52,63 mm yang diambil dari standart solidwoks dengan panjang aliran 1,8 . fluida yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air dengan suhu 25°C dengan nilai roh (ρ) sebesar 997,0 kg/m³ dengan variasi kecepatan aliran mulai dari bilangan reynold (Re) 1000 – 7000. Dari simulasi yang telah dilakukan diperoleh hasil kerugian energy (head losses) terbesar yaitu sebesar 0,00086 m.

Kata kunci: Simulasi Numerik. Kerugian Energi. Sambungan Pipa T

ABSTRACT

An important aspect for living things is water, especially humans. So far, human needs for water are very large. In urban water is very needed, the flow of water can be flowed through media called pipes that have different types and dimensions. In addition, the flow of water also passes through the tee pipe. Often we see pipelines that are less regular and do not pay attention to the effects arising from these branching, especially energy losses that occur. This study aims to calculate the energy losses that occur in tee pipe connections. To facilitate the research process, researchers used the 2014 Solidwoks software based on the finite element method as a medium for designing and also the simulation process which will result in the value of head losses. This study uses copper-based pipes with a pipe roughness value of 1.5 micrometers. The size of the pipe used is an outer diameter of 60.45 mm and an inner diameter of 52.63 mm which is taken from a standard solidwoks with a flow length of 1.8. fluid used in this study is water with a temperature of 25 °C with a spirit value (ρ) of 997.0 kg / m³ with variations in flow velocity starting from reynold number (Re) 1000 - 7000. From the simulations that have been done obtained energy loss results (the biggest head losses are equal to 0,00086 m.

Keywords: Numerical Simulation. Head losses. T Pipe Connection

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran 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 Energi Pada Sambungan T Pada Pipa” 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 dan penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Sudirman Lubis S.T.,MT selaku Dosen Pembimbing II dan penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak H Muharnif S.T.,M.Sc selaku Dosen Pembimbing I dan penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
4. Bapak Chandra 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 Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi S.T.,M.T yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
8. Orang tua penulis: Safrijal Lubis dan Kurniawati, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Rendy Kuswary, Agus Sulistiadi dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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, 09 Maret 2019

Jefri Maulana Lubis

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	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.4.1 Tujuan umum	2
1.4.2 Tujuan khusus	2
1.5. Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengertian Simulasi	4
2.2. Pengertian Numerik	4
2.3. Pengertian Simulasi Numerik	4
2.4. Aliran Fluida	5
2.5. Persamaan Bernauli	6
2.6. Persamaan Kontinuitas	7
2.7. Hubungan head loss dengan kerugian Energi	7
2.8. Sistem perpipaan	8
2.9. Sambungan pada pipa	11
2.10. Kehilangan-kehilangn energi pada sistem perpipaan	12
1.10.1 kehilangan Logitudinal	12
1.10.2 Minor Head Loss	12
2.10. Solidwoks	14
2.11. Komputasi Dinamika fluida	15
BAB 3 METODOLOGI	18
3.1 Tempat dan Waktu	18
3.1.1 Tempat	18
3.2.1 Waktu	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Bagan Alir Penelitian	19
3.4 Rancangan Simulasi Penelitian	21
3.5 Prosedur Penelitian	24

BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Hasil Penelitian	26
4.1.1	Simulasi aliran Pada Bilangan Reynold (Re) 1000	26
4.1.2	Simulasi aliran Pada Bilangan Reynold (Re) 2000	28
4.1.3	Simulasi aliran Pada Bilangan Reynold (Re) 3000	29
4.1.4	Simulasi aliran Pada Bilangan Reynold (Re) 4000	31
4.1.5	Simulasi aliran Pada Bilangan Reynold (Re) 5000	32
4.1.6	Simulasi aliran Pada Bilangan Reynold (Re) 6000	34
4.1.7	Simulasi aliran Pada Bilangan Reynold (Re) 7000	35
4.2	Pembahasan	37
4.2.1	Perhitungan Pada Bilangan Reynold (Re) 1000	37
4.2.2	Perhitungan Pada Bilangan Reynold (Re) 2000	37
4.2.3	Perhitungan Pada Bilangan Reynold (Re) 3000	38
4.2.4	Perhitungan Pada Bilangan Reynold (Re) 4000	39
4.2.5	Perhitungan Pada Bilangan Reynold (Re) 5000	39
4.2.6	Perhitungan Pada Bilangan Reynold (Re) 6000	40
4.2.7	Perhitungan Pada Bilangan Reynold (Re) 7000	41
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1.	Kesimpulan	44
5.2.	Saran	44
	DAFTAR PUSTAKA	46
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat air pada tekanan atmosfer	8
Table 2.2	Koefisien Hazen-Williams	12
Tabel 3.1	Jadwal Kegiatan Penelitian	17
Tabel 3.2	Nilai Kekasaran Permukaan Pipa (ε)	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Aliran Laminar	5
Gambar 2.2	Aliran Turbulen	6
Gambar 2.3	Aliran Transisi	6
Gambar 2.4	Defenisi Tegangan Geser	9
Gambar 2.5	Grafik head loss kecepatan	10
Gambar 2.6	Skema HGL dan EGL dari kehilangan energi akibat ekspansi	13
Gambar 2.7	Solidwoks	15
Gambar 3.1	Komputer Laboratorium Fakultas Teknik	19
Gambar 3.2	Perangkat Lunak Solidwoks 2014	19
Gambar 3.3	Bagan alir penelitian	20
Gambar 3.4	Tampilan awal solidwoks 2014	21
Gambar 3.5	Ukuran desain simulasi aliran pada pipa T	22
Gambar 3.6	Ukuran diameter aliran pipa	22
Gambar 3.7	Membuat Lid	23
Gambar 3.8	Desain Aliran fluida pipa T	23
Gambar 3.9	Membuat Cut Plot	24
Gambar 4.1	Simulasi pada bilangan reynold (Re) 1000 proses <i>Analisis pressure</i>	27
Gambar 4.2	Simulasi pada bilangan reynold (Re) 1000 proses <i>Analisis velocity</i>	27
Gambar 4.3	Simulasi pada bilangan reynold (Re) 2000 proses <i>Analisis pressure</i>	28
Gambar 4.4	Simulasi pada bilangan reynold (Re) 2000 proses <i>Analisis velocity</i>	29
Gambar 4.5	Simulasi pada bilangan reynold (Re) 3000 proses <i>cut plot Analisis pressure</i>	30
Gambar 4.6	Simulasi pada bilangan reynold (Re) 3000 proses <i>Analisis velocity</i>	30
Gambar 4.7	Simulasi pada bilangan reynold (Re) 4000 proses <i>Analisis pressure</i>	31
Gambar 4.8	Simulasi pada bilangan reynold (Re) 4000 proses <i>Analisis velocity</i>	32
Gambar 4.9	Simulasi pada bilangan reynold (Re) 5000 proses <i>Analisis pressure</i>	33
Gambar 4.10	Simulasi pada bilangan reynold (Re) 5000 proses <i>Analisis velocity</i>	33
Gambar 4.11	Simulasi pada bilangan reynold (Re) 6000 proses <i>Analisis pressure</i>	33
Gambar 4.12	Simulasi pada bilangan reynold (Re) 6000 proses <i>Analisis velocity</i>	35
Gambar 4.13	Simulasi pada bilangan reynold (Re) 7000 proses <i>Analisis pressure</i>	36
Gambar 4.14	Simulasi pada bilangan reynold (Re) 7000 proses <i>Analisis velocity</i>	36
Gambar 4.15	Grafik perbandingan bilangan Reynold (Re) terhadap ΔP	42

- Gambar 4.16 Grafik perbandingan Bilangan Reynold (Re) terhadap Head losses 42
Gambar 4.17 Grafik perbandingan Bilangan Reynold (Re) terhadap Koefisien
kerugian (k) 43

DAFTAR NOTASI

No	Simbol	Besaran	Satuan
1	ρ	Mssa jenis fluida	Kg/m^3
2	m	Massa	Kg
3	g	Percepatan gravitasi bumi	m/s^2
4	P	Tekanan	Pa (N/m^2)
5	μ	<i>Viskosetas</i> Dinamik	kg/m.s
6	ν	<i>Viskositas</i> kinematik	m^2/s
7	τ	Tegangan geser	kg/m^2
8	y	Ketinggian Fluida	M
9	Y	Berat jenis	N/m^3
10	Q	Debit	m^3/s
11	v	Kecepatan Fluida	m/s
12	H	<i>Head loss</i>	m
13	D	Diameter pipa	
14	k	Koefisien Kerugian	
15	Re	Bilangan Reynold	
16	ΔP	<i>Pressure drop</i>	Pa (N/m^2)
17	f	Faktor kerugian	

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Aspek penting bagi kehidupan adalah air, terutama bagi manusia. Selama ini kebutuhan manusia akan air sangatlah besar, oleh sebab itu air tidak terlepas dari kehidupan manusia. Air digunakan untuk keperluan sehari-hari misalnya minum, mandi, memasak dan mencuci.

Dalam perkotaan, air sangat dibutuhkan, aliran air tersebut hanya dapat mengalir melalui dua aliran yaitu sungai dan aliran pipa. Aliran sungai adalah aliran air yang sangat besar tetapi aliran sungai merupakan aliran yang kotor yang berasal dari air hujan dan air rumah tangga. Aliran sungai tidaklah bermanfaat untuk masyarakat perkotaan karena hanyalah penyebab terjadinya banjir. Aliran pipa berisi air bersih untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Air tersebut dialirkan melalui media yang disebut pipa yang mempunyai berbagai jenis dan juga dimensi. Selain melalui pipa, aliran air juga melewati belokan (elbow), pipa tee, pembesaran dan pengecilan penampang (kontraksi) sehingga akan berakibat pada besar kecilnya kapasitas air yang dihasilkan.

Sering kita melihat pemasangan pipa bercabang yang kurang teratur dan tidak memperhatikan efek yang timbul akibat percabangan-percabangan tersebut. Selain itu, dimensi pipa, *orifice*, dan hambatan lain pada pipa masih belum diperhatikan pada pemasangan pipa bercabang. Percabangan yang banyak digunakan yaitu pipa tee. Oleh karena itu, bagaimana pengaruhnya terhadap tekanan yang terjadi pada percabangan pipa dan menyebabkan timbulnya kerugian energi (*head losses*) pada percabangan pipa. (Prakoso, D.P, Suharto, K, Widodo, S. 2012)

Besarnya *head losses* (kerugian energi) pada sambungan pipa tee tersebut dipengaruhi oleh beberapa factor. diantaranya seperti faktor pada diameter aliran pipa, kecepatan aliran, tekanan, viskositas yang terjadi pada sambungan pipa tee tersebut. Besarnya *head losses* yang terjadi tentunya akan dapat mengurangi efisiensi pada aliran fluida. Dengan terjadinya masalah tersebut maka perlu dilakukan penelitian pengaruh sambungan pipa tee terhadap kerugian energi dengan analisa numerik menggunakan komputer yang berisikan perangkat lunak

solidworks 2014 untuk mempermudah proses simulasi dan juga nilai-nilai yang nantinya akan didapat dari hasil simulasi

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dibuatlah penelitian sebagai tugas akhir (skripsi) dengan judul : “Simulasi Numerik Kerugian Energi Pada Sambungan T Pada Pipa”

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana membuat simulasi numerik kerugian energi pada sambungan pipa T dengan menggunakan perangkat *solidworks* ?
2. Bagaimana mengetahui kerugian energi yang terdapat pada sambungan pipa T ?
3. Bagaimana mengetahui nilai koefisien kerugian energy pada sambungan pipa T ?

1.3. Ruang Lingkup

1. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak solidworks untuk membuat desain simulasi dan juga untuk mendapatkan nilai – nilai yang nantinya akan di dapat dari hasil simulasi.
2. Penelitian ini menggunakan pipa berdiameter luar 60,45 mm dan diameter dalam 52,63 mm dengan panjang aliran 1,8 m. menggunakan pipa berbahan tembaga dengan kekasaran 1,5 mikrometer serta menggunakan fluida berupa air dengan suhu 25°C.
3. Menganalisis *pressure drop*, kerugian energi dan kerugian koefisien yang telah dibuat dengan menggunakan perangkat lunak *solidworks* 2014.
4. Penelitian ini memvariasikan bilangan reynold (Re) 1000 – 7000.

1.4. Tujuan

1.4.1. Tujuan Umum

1. Untuk menganalisis kerugian energi pada sambungan pipa T

1.4.2. Tujuan Khusus

1. Untuk menganalisis simulasi numerik kerugian energi pada sambungan pipa T dengan menggunakan perangkat lunak *solidworks*

2. Untuk menganalisis kerugian energi yang terdapat pada sambungan pipa T
3. Untuk menganalisis nilai koefisien kerugian energy pada sambungan pipa T

1.5. Manfaat

1. Dapat menambah ilmu pengetahuan tentang kerugian – kerugian yang terjadi pada sambungan pipa T.
2. Dapat menganalisa dan menghitung kerugian – kerugian yang terjadi pada sambungan pipa T.
3. Nantinya dapat mengoperasikan perangkat lunak solidwork dengan baik.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Simulasi

Simulasi merupakan 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, dimanadilakukan pengumpulan data untuk melakukan estimasi statistik untuk mendapatkan karakteristik asli dari sistem. Simulasi merupakan alat yang tepat untuk digunakan terutama jika diharuskan unuk 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 riil. Dengan melakukan studi 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 dalam sistem saling berinteraksi sehingga benar-benar menggambarkan perilaku sistem. Setelah model dibuat maka model tersebut ditransformasikan ke dalam program komputer sehingga memungkinkan untuk disimulasikan.

2.2. Pengertian Numerik

Numerik atau biasa dikenal sebagai metode numerik adalah teknik - teknik yang digunakan untuk memformulasikan masalah matematis agar dapat dipecahkan dengan operasi perhitungan.

2.3. Pengertian Simulasi Numerik

Simulasi numerik adalah simulasi yang digunakan dengan menggunakan sauat teknik untuk melakukan percobaan, yang melibatkan bentuk - bentuk fungsi matematika dan logika tentu untuk menjelaskan tingkah laku dan struktur suatu sistem nyata kompleks. Simulasi numerik dapat digunakan untuk merancang, menganalisa, dan menilai suatu sistem.

2.4. Aliran Fluida

Aliran pada fluida berbeda dengan zat padat, hal tersebut dikarenakan kemampuannya untuk mengalir. Fluida lebih mudah untuk mengalir karena ikatan molekul pada fluida lebih kecil dibandingkan dengan ikatan molekul pada zat padat, akibatnya fluida mempunyai hambatan yang relatif kecil pada perubahan bentuk karena gesekan.

Beberapa jenis aliran sangat terpengaruh oleh bilangan Reynolds. Bilangan Reynolds adalah bilangan tidak berdimensi yang penting digunakan untuk penelitian aliran fluida pada pipa. Adapun persamaan bilangan Reynolds untuk aliran di dalam pipa adalah sebagai berikut (Yunus A. Cengel dan John M. Cimbala, 2006).

$$\text{Re} = \frac{VD\rho}{\mu} \quad (2.1)$$

Berdasarkan kondisinya terhadap waktu, aliran fluida dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

a. Aliran *Steady*

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

b. Aliran *Transient*

Suatu aliran dimana terjadi perubahan kecepatan terhadap waktu. Berdasarkan pola alirannya, aliran fluida dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu :

a. Aliran Laminar

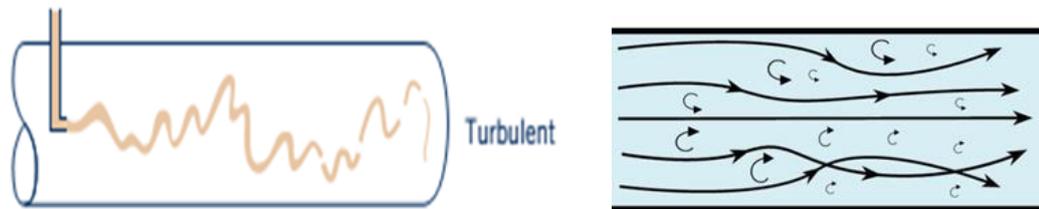
Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan–lapisan atau lamina–lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Aliran laminar ini mempunyai nilai bilangan Reynoldssnya kurang dari 2300 ($\text{Re} < 2300$).



Gambar 2.1. Aliran Laminar (Munson dkk., 2012)

b. Aliran Turbulen

Aliran dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran 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 2.2. Aliran Turbulen (Munson dkk., 2012)

c. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen, nilai bilangan Reynoldsnya antara 2300 sampai dengan 4000 ($2300 < Re < 4000$).



Gambar 2.3. Aliran Transisi (Munson dkk., 2012)

2.5. Persamaan Bernoulli

Prinsip Bernoulli adalah sebuah istilah di dalam mekanika fluida yang menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Prinsip ini sebenarnya merupakan penyederhanaan dari Persamaan Bernoulli yang menyatakan bahwa jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama. Prinsip ini diambil dari nama ilmuwan Belanda/Swiss yang bernama Daniel Bernoulli. Hukum Bernoulli Dalam bentuknya yang sudah disederhanakan, secara umum terdapat dua bentuk persamaan Bernoulli; yang pertama berlaku untuk aliran tak-termampatkan (*incompressible flow*), dan yang lain adalah untuk fluida termampatkan (*compressible flow*). Aliran tak-termampatkan adalah aliran fluida

yang dicirikan dengan tidak berubahnya besaran kerapatan massa (densitas) dari fluida di sepanjang aliran tersebut (Anonimous, 2008). Secara matematis persamaan Bernauli adalah sebagai berikut :

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g} + H_L \quad (2.2)$$

2.6. Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas menyatakan hubungan antara kecepatan fluida yang masuk pada suatu pipa terhadap kecepatan fluida yang keluar. Hubungan tersebut dinyatakan dengan

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2.3)$$

Debit adalah besaran yang menyatakan volume fluida yang mengalir tiap satuan waktu

$$Q = \frac{v}{t} \quad (2.4)$$

2.7. Hubungan *Head Loss* Dengan Kerugian Energi

Istilah *head loss* muncul sejak diawal percobaan-percobaan hidrolika abad ke 19, yang sama dengan energi persatuan berat fluida. Arti *head loss* adalah satuan panjang (meter) yang setara dengan satuan energi yang dibutuhkan untuk memindahkan satu satuan berat fluida setinggi satu satuan panjang yang bersesuaian (Triadmojo, 1961). Perhitungan *head loss* didasarkan pada hasil percobaan dan analisa dimensi. Penurunan tekanan untuk aliran turbulen adalah fungsi dari reynold, perbandingan panjang dan diameter pipa. L/D serta kekasaran relative e/D . Kerugian energi (*head loss*) bergantung pada :

1. Bentuk, ukuran dan kekasaran saluran
2. Kecepatan fluida
3. Kekentalan/viskositas
4. Tapi sama sekali tidak terpenuhi oleh tekanan absolut (pab) dari Fluida.

2.8. Sistem Perpipaan

Kamus mendefinisikan pipa sebagai cubing panjang dari tanah liat, konkret, metal, kayu, dan seterusnya, untuk mengalirkan air, gas, minyak dan cairan-cairan lain. Pipa yang dimaksud bukan berarti hanya pipa, tetapi fitting-fitting, katup-katup dan komponen-komponen lainnya yang merupakan sistem perpipaan. Pipa dan komponen yang dimaksudkan disini adalah meliputi :

1. Pipa-pipa (ipes)
2. Jenis-jenis flens (flanges)
3. Jenis-jenis katup (valves)
4. Jenis-jenis alat penyambung (fittings)
5. Jenis-jenis alat-alat sambungan cubing
6. Jenis-jenis alat sambungan cabang o'let
7. Bagian khusus (special item)
8. Jenis-jenis gasket
9. Jenis-jenis baut (boltings)

Material-material pipa dibagi dua kelas dasar, metal dan nonmetal. Nonmetal pipa seperti kaca, keramik, plastik dan seterusnya. Pipa metal pun dibagi menjadi dua kelas, besi dan bukan besi. Material besi terdiri dari besi yang umum digunakan pada pipa proses. Besi metal adalah baja karbon, besi tahan karat, baja krome, besi tuang dan seterusnya. Sedang pipa metal bukan besi termasuk aluminium.

Tabel 2.1 Sifat air kekentalan dan (viskositas kinematik) pada tekanan atmosfer

No	Suhu(°C)	Density (ρ) Kg/m ²	Viskositas Dinamik (μ) kg/m.s	Viskositas Kinematik (ν) m ² /s
1	5	999,9	$1,591 \times 10^{-3}$	1.520×10^{-6}
2	10	999,7	$1,307 \times 10^{-3}$	1.307×10^{-6}
3	20	998,0	$1,003 \times 10^{-3}$	1.002×10^{-6}
4	25	997,0	$0,891 \times 10^{-3}$	0.893×10^{-6}
5	30	996,0	$0,798 \times 10^{-3}$	0.802×10^{-6}
6	40	992,1	$0,653 \times 10^{-3}$	0.863×10^{-6}
7	50	988,1	$0,547 \times 10^{-3}$	0.547×10^{-6}
8	60	983,3	$0,467 \times 10^{-3}$	0.467×10^{-6}
9	70	977,5	$0,404 \times 10^{-3}$	0.404×10^{-6}
10	80	971,8	$0,355 \times 10^{-3}$	0.355×10^{-6}
11	85	968,1	$0,333 \times 10^{-3}$	0.333×10^{-6}

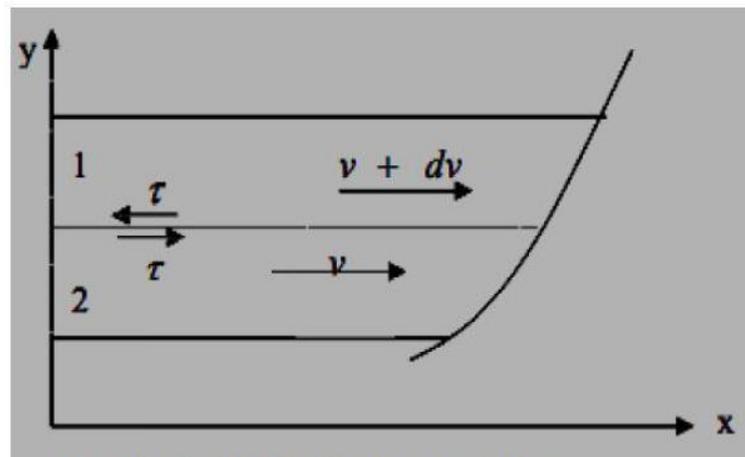
(Sumber Wibowo, 2013)

Aliran viskos dapat dibedakan menjadi 2 (dua) macam. Apabila pengaruh kekentalan (viskositas) adalah cukup dominan sehingga partikel-partikel zat cair bergerak secara teratur menurut lintasan lurus maka aliran disebut laminar. Aliran laminar terjadi apabila kekentalan besar dan kecepatan aliran kecil. Dengan berkurangnya pengaruh kekentalan atau bertambahnya kecepatan maka aliran akan berubah dari laminar menjadi turbulen. Pada aliran turbulen partikel-partikel zat cair bergerak secara tidak teratur.

1. Hukum Newton

Tentang Kekentalan Kekentalan zat cair menyebabkan terbentuknya gaya-gaya geser antara 2 (dua) elemen. Keberadaan kekentalan ini menyebabkan terjadinya kehilangan energi selama pengaliran atau diperlukan energi untuk menjamin adanya pengaliran. Dalam (Triatmojo, 1996: 2) tentang Hukum Newton tentang kekentalan menyatakan bahwa tegangan geser antara 2 (dua) partikel zat cair yang berdampingan adalah sebanding dengan perbedaan kecepatan dari kedua partikel (gradien kecepatan) yang berbentuk:

$$\tau = \mu dv/d$$
(2.5)



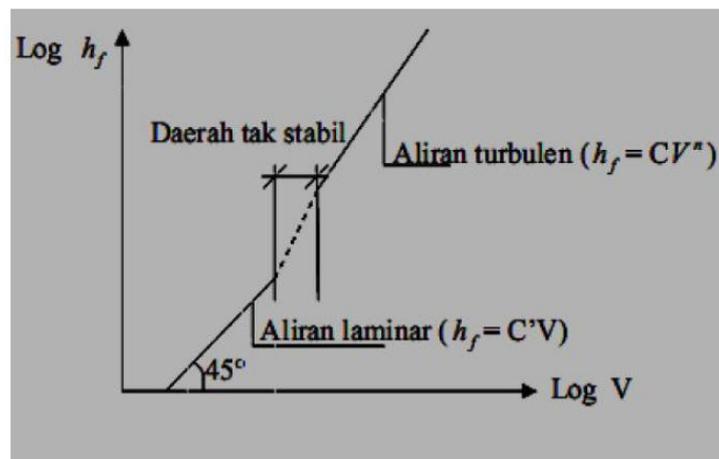
Gambar 2.4 Definisi tegangan geser

Seperti yang ditunjukkan oleh persamaan di atas, apabila 2 (dua) elemen zat cair yang berdampingan dan bergerak dengan kecepatan berbeda, elemen yang lebih cepat akan diperlambat dan yang lebih lambat akan dipercepat. Tegangan geser τ pada lapis 1 (satu) bagian bawah mempunyai arah ke kiri karena bagian tersebut

tertahan oleh lapis di bawahnya yang mempunyai kecepatan lebih rendah. Sedangkan lapis 2 (dua) bagian atas bekerja tegangan geser dalam arah ke kanan karena bagian tersebut tertarik oleh lapis di atasnya yang mempunyai kecepatan lebih besar. Pada permukaan antara dinding batas dan aliran zat cair juga terjadi tegangan geser dengan arah berlawanan dengan arah aliran. Tegangan geser pada dinding batas ini cukup besar karena gradien kecepatan di daerah tersebut sangat besar.

2. Hukum Tekanan Gesek

Reynolds menetapkan hukum tekanan gesek dengan melakukan pengukuran kehilangan energi di dalam beberapa pipa dengan panjang berbeda dan untuk berbagai kecepatan aliran. Percobaan tersebut memberikan hasil berupa suatu grafik hubungan antara *head losses* (h_f) dan kecepatan aliran (v). Gambar 2.5 menunjukkan kedua hubungan tersebut yang dibuat dalam skala logaritmik untuk diameter tertentu.



Gambar 2.5 Grafik *head losses* – kecepatan

Bagian bawah dari Gambar 2.5 merupakan garis lurus, dengan kemiringan 45° , yang menunjukkan bahwa h_f sebanding dengan v , yang merupakan sifat aliran laminar. Sedang bagian atas merupakan garis lurus dengan kemiringan n , dengan n antara 1,75 dan 2,0 yang tergantung pada nilai Re dan kekasaran. Hal ini menunjukkan bahwa h_f sebanding dengan nilai v , nilai pangkat yang besar berlaku untuk pipa kasar sedang yang kecil untuk pipa halus. Dari grafik tersebut terlihat bahwa kehilangan energi pada aliran turbulen lebih besar dari aliran laminar. Hal

ini disebabkan karena adanya turbulensi yang dapat memperbesar kehilangan energi.

2.9.Sambungan Pada Pipa

Ada berbagai macam faktor yang mempengaruhi hilangnya energi di dalam pipa Jenis-jenis sambungan ikut mempengaruhi hilangnya energi pada pipa. Dengan adanya sambungan dapat menghambat aliran normal dan menyebabkan gesekan tambahan. Pada pipa yang pendek dan mempunyai banyak sambungan, fluida yang mengalir di dalamnya akan mengalami banyak kehilangan energi.

Dalam sistem pipa salah satu konstruksinya adalah menggunakan sambungan yang berfungsi untuk membelokan arah aliran fluida ke suatu tempat tertentu. Salah satu efek yang muncul pada aliran ketika melewati suatu sambungan yang berkaitan dengan pola aliran adalah adanya ketidakstabilan aliran atau fluktuasi aliran. Fluktuasi aliran yang terjadi terus menerus pada belokan pipa akan memberikan beban impak secara acak pada sambungan tersebut. Akibat pembeban impak secara acak yang berlangsung terus menerus bisa menyebabkan getaran pada pipa.

1. Cara Penyambungan Pipa

Penyambungan tersebut dapat dilakukan dengan :

a. Pengelasan

Jenis pengelasan yang dilakukan adalah tergantung pada jenis pipa dan penggunaannya, misalnya pengelasan untuk bahan stainless steel menggunakan las busur gas wolfram, dan untuk pipa baja karbon digunakan las metal.

b. Ulir (threaded)

Penyambungan ini digunakan pada pipa yang bertekanan tidak terlalu tinggi. Kebocoran pada sambungan ini dapat dicegah dengan menggunakan gasket tape pipe. Umumnya pipa dengan sambungan ulir digunakan pada pipa dua inci ke bawah.

c. Menggunakan Flens (flange)

Kedua ujung pipa yang akan disambung dipasang flens kemudian diikat dengan baut.

2.10. Kehilangan-kehilangan Energi pada Sistem Perpipaan

Pada mekanika fluida telah diperlihatkan bahwa beberapa macam bentuk kehilangan energi, yaitu :

2.10.1. Kehilangan Longitudinal (Longitudinal Losses)

Kehilangan longitudinal, yang disebabkan oleh gesekan sepanjang lingkaran pipa. Ada beberapa persamaan yang dapat digunakan dalam menentukan kehilangan longitudinal hf apabila panjang pipa L meter dan diameter d mengalirkan kecepatan rata-rata V . Menurut White (1986), salah satu persamaan yang dapat digunakan adalah Persamaan Darcy-Weisbach yaitu :

$$hf = 1f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} (m) \quad (2.6)$$

Sedangkan untuk menghitung kerugian tekanan dalam pipa yang relatif sangat panjang, menurut Sularso (2004) umumnya digunakan persamaan Hazen-Williams:

$$Hf = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,85}} \times L(m) \quad (2.7)$$

Tabel 2.2 Koefisien Hazen-Williams

Bahan Pipa	Koefisien Hazen-Williams (C)
Baja atau besi tempa :	
a. Baru	120 – 140
b. sedang (mean)	120
c. umur 20 tahun	80 – 100
Beton	100 – 140
Semen-asbes (Asbestos-Cement)	140
Pipa sangat halus	135 – 14

Sumber : Manga (1990)

2.10.2. Minor Headloss (Minor losses)

Merupakan kerugian head pada fitting dan valve yang terdapat sistem sepanjang pemipaan. Dapat dicari menggunakan rumus :

$$Hlf = k \times \frac{V^2}{2g} \quad (2.8)$$

Dalam sistem pemipaan pun dikenal dengan kehilangan tekanan akibat aksesoris pipa. Perlengkapan pipa secara umum terdiri dari sambungan (fitting) pipa seperti penyempitan, belokan (ellbow), saringan (strainer), losses pada bagian entrance,

losses pada bagian exit, pembesaran pipa (expansion), pengecilan pipa (contraction) percabangan (T join; V join) percabangan (tee) dan katup (valve). Dalam jaringan perpipaan kehilangan tekanan ini jauh lebih kecil dari pada kehilangan akibat gesekan dalam pipa.

a. Kehilangan Energi Akibat Kontraksi Tiba – tiba

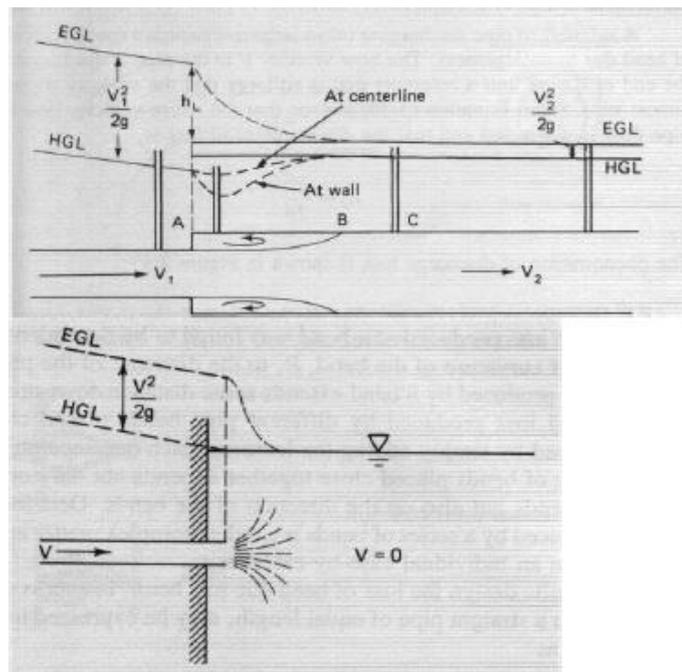
Kontraksi tiba – tiba dapat membuat tekanan turun karena kehilangan energi akibat turbulensi dan meningkatnya kecepatan.

Perhitungan kehilangan energi dengan rumus dibawah :

$$h_c = K_c \left(\frac{V_2^2}{2g} \right) \tag{2.9}$$

b. Kehilangan energi akibat ekspansi Tiba – tiba

skema hgl dan egl dari kehilangan energi akibat ekspansi dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.6 Skema HGL dan EGL dari kehilangan energi akibat ekspansi (sumber : Liska Febi Fitriani, 2016).

Termasuk dalam kehilangan energy ini adalah pipa yang di hubungkan dengan reservoir. Kehilangan energy terjadi paada ruas a dan b dimana graid aliran menempel di dinding akibat terpisahnya garis aliran. Energy pulih kembali pada titik c karena alifran jet melemah pada titik tersebut.

Kehilangan energy dapat dihitung :

$$h_E = \frac{(V_1 - V_2)}{2g} \quad (2.10)$$

Atau

$$h_E = \left(1 - \frac{A_1}{2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g} \quad (2.11)$$

2.11. Solidwoks

Solidworks adalah software design engineering khususnya design model 3D yang di produksi oleh Dassault Systemes. Software ini biasanya digunakan dalam mendesign model 3D dan ada 3 tampilan dalam solidwork yaitu part untuk menggambar model lalu assembly yaitu untuk mengassembly atau menggabungkan model model part yang telah kita gambarkan menjadi sebuah kontruksi yang kita inginkan dan selanjutnya drawing yaitu untuk menggambar/mempersentasikan model part atau assembly yang telah kita buat untuk diteruskan menjadi lembar kerja yang siap di cetak/print dan diteruskan ke industri. Solidworks pertama kali diperkenalkan pada tahun 1995 sebagai pesaing dari software software CAD lainnya seperti Pro-Engineer, Siemens, Unigraphics, Autodesk Inventor, Autodesk Autocad, dan Catia. Solidworks corporation didirikan pada tahun 1993 oleh Jon Hirschtick, dengan merekrut engineer engineer profesional untuk mengembangkan perusahaannya yang dibidang perangkat lunak CAD 3D, dengan kantor pusatnya di Concord, Massachusetts, dan merilis produk pertama pada tahun 1995 dengan nama Solidworks 95. Pada tahun 1997 Dassault systemes yang terkenal dengan product software 3Dnya yang bernama CATIA Cad, mengakuisisi perusahaan dan sekarang ini memiliki 100% dari saham SolidWorks. SolidWorks yang dipimpin oleh John McEleney dari tahun 2001 hingga juli 2007, dan sekarang dipimpin oleh Jeff Ray. Saat ini banyak industry manufacture yang menggunakan software SolidWorks ini. Diperkirakan ada lebih dari 3-4 juta engineer yang menggunakan software ini dari 80.000 perusahaan yang ada di dunia.



Gambar 2.7 Solidwoks

2.12. Komputasi Dinamika Fluida

Komputasi Dinamika Fluida atau Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah ilmu yang mempelajari cara memprediksi pola aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia dan fenomena lainnya dengan menyelesaikan persamaan - persamaan matematika atau model matematika.

Pada umumnya proses perhitungan untuk aliran fluida diselesaikan dengan menggunakan persamaan energi, momentum dan kontinuitas. Persamaan yang digunakan adalah persamaan Navier-Stokes, persamaan ini ditemukan oleh G.G. Stokes di Inggris dan M. Navier di Perancis sekitar awal tahun 1800. Adapun persamaan-persamaannya adalah sebagai berikut (Yunus A. Cengel dan John M. Cimbala, 2006).

a. Persamaan Kontinuitas

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \quad (2.12)$$

b. Persamaan Momentum

Momentum pada sumbu X :

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u^2)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial z} = \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\text{Re}_r} \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right) \quad (2.13)$$

Momometum pada sumbu y

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho vx)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v^2)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\text{Re}_r} \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right) \quad (2.14)$$

Momen pada sumbu Z

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u w)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v w)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w^2)}{\partial z} = \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{\text{Re}_r} \left(\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \right) \quad (2.15)$$

c. Persamaan Energy

$$\begin{aligned} \frac{\partial(Er)}{\partial t} + \frac{\partial(uEr)}{\partial x} + \frac{\partial(vEr)}{\partial y} + \frac{\partial(wEr)}{\partial z} = \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} - \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} - \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} \\ \frac{1}{\text{Re}_r} \left(\frac{\partial \rho_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) + \frac{1}{\text{Re}_r} \\ \left(\frac{\partial}{\partial x} (U\tau_{xx} + v\tau_{xy} + W\tau_{xz}) + \frac{\partial}{\partial y} (U\tau_{xy} + v\tau_{yy} + W\tau_{yz}) + \frac{\partial}{\partial z} (U\tau_{xz} + v\tau_{yz} + W\tau_{zz}) \right) \end{aligned} \quad (2.16)$$

Pada dasarnya CFD mengganti persamaan - persamaan diferensial parsial dari kontinuitas, momentum, dan energi dengan persamaan - persamaan aljabar. Persamaan yang asalnya kontinum (memiliki jumlah sel tak terhingga) dirubah menjadi model diskrit (jumlah sel terhingga).

Ada tiga teknik solusi numerik (metode diskritisasi) aliran yang berbeda, yaitu finite difference, finite element dan finite volume methods. Metode diskritisasi dipilih pada umumnya untuk menentukan kestabilan dari program numerik/CFD yang dibuat atau program software yang ada. Beberapa metode diskritisasi yang digunakan untuk memecahkan persamaan - persamaan diferensial parsial, diantaranya adalah (H.K. Versteeg dan W. Malalasekera, 1995):

a. Metode Beda Hingga (finite difference method)

Dalam metode ini area aliran dipisahkan menjadi satu set poin grid dan fungsi kontinyu (kecepatan, tekanan, dan lainnya) didekati dengan nilai - nilai diskrit dan fungsi - fungsi ini dihitung pada titik - titik grid. Turunan dari fungsi didekati dengan menggunakan perbedaan antara nilai fungsi pada titik lokal grid dibagi dengan jarak grid.

b. Metode Elemen Hingga (finite element method)

Metode ini membagi masalah besar menjadi lebih kecil dan sederhana yang disebut elemen hingga.

Persamaan sederhana yang memodelkan seluruh kasus kemudian disusun menjadi sebuah sistem persamaan yang lebih luas. Persamaan konservasi kekekalan massa,

momentum, dan energi ditulis dalam bentuk yang tepat untuk setiap elemen, dan hasil dari set persamaan aljabar untuk bidang aliran diselesaikan secara numerik.

c. Metode Volume Hingga (finite volume method)

Finite volume method adalah metode untuk mewakili dan mengevaluasi persamaan diferensial parsial dalam bentuk aljabar. Metode ini sama seperti finite difference method dan finite element method, nilai - nilai dihitung di tempat terpisah pada geometri yang di mesh. Metode ini mengacu pada volume kecil disekitar node pada mesh. Dalam metode ini, volume integral dalam persamaan diferensial yang memiliki istilah divergensi dikonversi ke surface integrals menggunakan teori divergensi.

BAB 3 METODOLOGI

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Tempat dilaksanakannya kegiatan penelitian simulasi numerik kerugian energy pada sambungan T pada pipa di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara jalan kapten Muktar Basri No.3 Medan, 20238

3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan dilakukan setelah mendapatkan persetujuan judul tugas sarjana dari dosen pembimbing. Kemudian dilakukan percobaan simulasi menggunakan perangkat lunak solidworks dan pengambilan data dan akan dikerjakan selama kurang lebih 4 bulan sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Waktu (Bulan)				
		1	2	3	4	5
1.	Pengajuan judul	■				
2.	Studi Literatur	■	■			
3.	Desain Rancangan		■	■		
4.	Pelaksanaan Penelitian		■	■	■	
5.	Pengolahan dan Pengambilan Data			■	■	
6.	Asistensi dan Perbaikan		■	■	■	■

3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Komputer dengan Spesifikasi

Dikarenakan nantinya simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak *Solidworks*. Maka alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu komputer. Komputer yang digunakan dalam penelitian ini yaitu komputer milik laboratorium komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Berikut spesifikasinya.

- Prosesor Intel(R) Xeon(R) CPU E3-1246 v3 @3.50Ghz 3.50Ghz
- Memori 8.00 GB
- Sistem Operasi Windows 7 64-bit



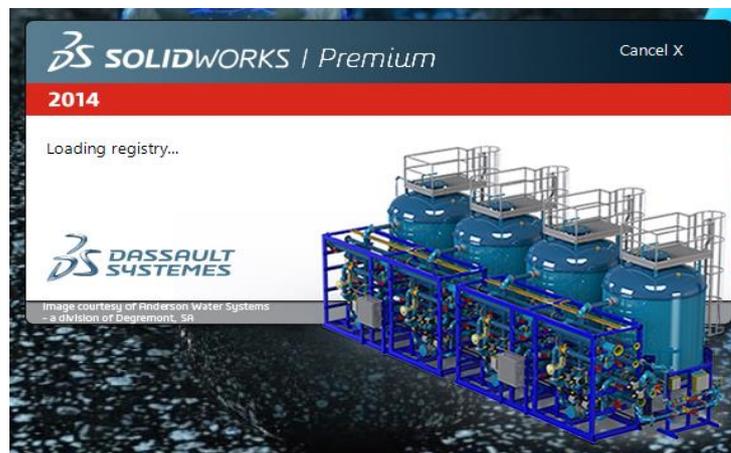
Gambar 3.1 Komputer Laboratorium Fakultas Teknik

2. Perangkat Lunak *Solidworks* 2014

Program *Solidworks* merupakan program komputer yang berfungsi untuk melaksanakan analisa kekuatan. Program tersebut dapat membantu kita dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang dikeluarkan berkurang, waktu market dari benda pun dapat dipercepat. *Solidworks* dibuat dengan berdasarkan pada teori yang terdapat dalam perumusan metode elemen hingga.

Spesifikasi minimum untuk menjalankan perangkat lunak solidwokes 2014:

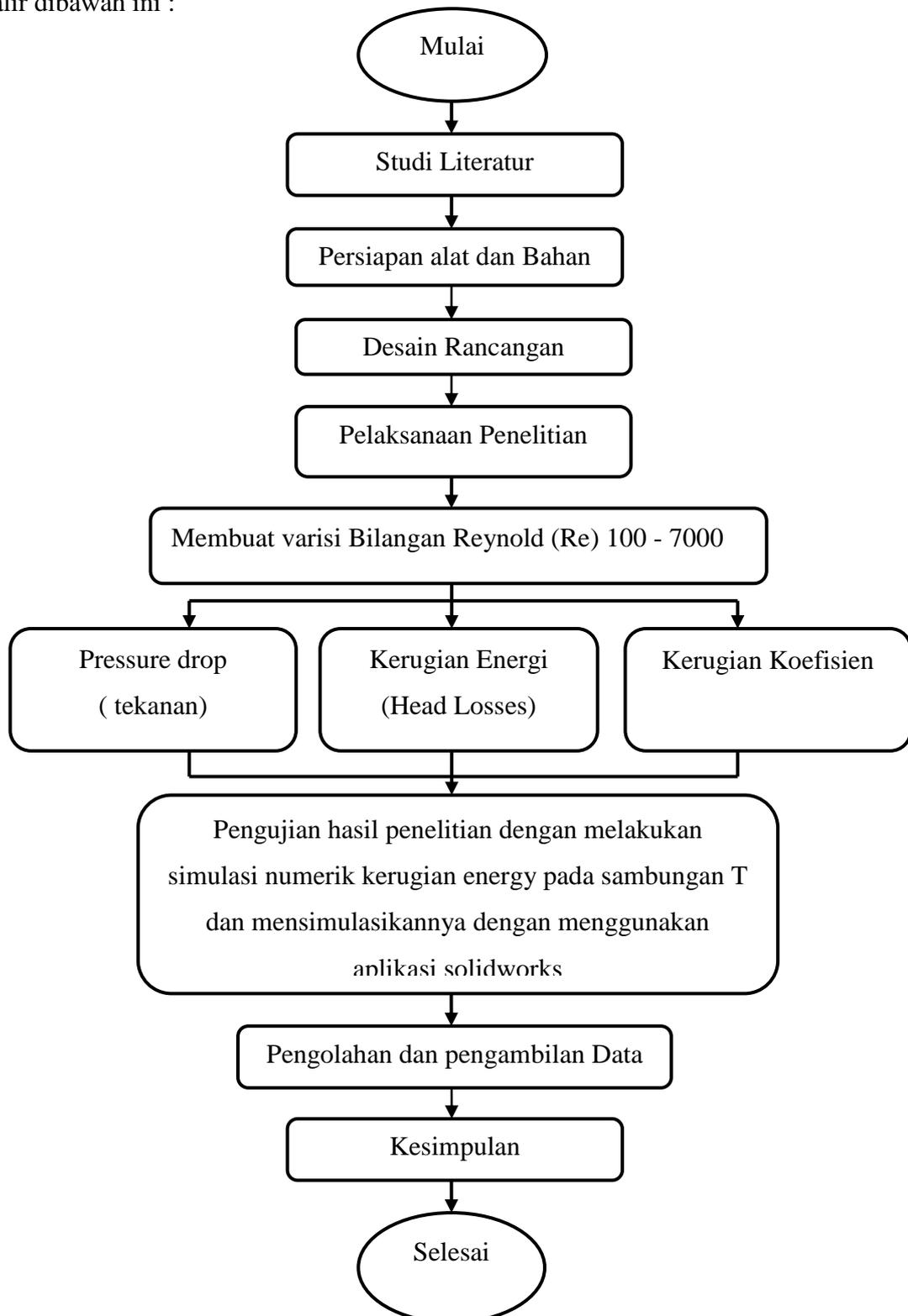
- Prosesor Intel atau dengan SSE2 support
- Memori 8.00 GB
- Sistem Oprasi Windows 7 64-bit



Gambar 3.2. Perangkat Lunak Solidworks 2014

3.3. Bagan Alir penelitian

Berikut adalah proses dilakukannya penelitian dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini :



Gambar 3.3. Bagan alir penelitian

3.4. Rancangan Simulasi Penelitian

Simulasi penelitian menggunakan perangkat lunak *solidworks* 2014. Model aliran fluida yang akan dirancang adalah aliran pada pipa T. Dalam simulasi ini menggunakan pipa diameter 2 inchi dengan standart ukuran *solidworks* 2014.

Berikut ini adalah langkah-langkah perancangan model aliran fluida dengan menggunakan *software Solidworks* 2014 sebagai berikut :

1. Nyalakan komputer yang akan digunakan untuk desain simulasi.
2. Buka *software Solidworks* 2014 pada komputer

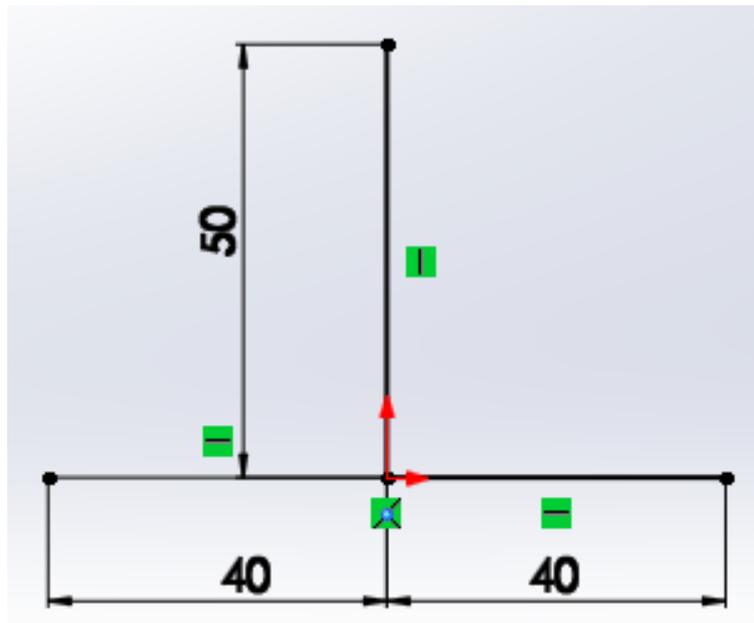


Gambar 3.4 Tampilan Awal *Solidworks* 2014

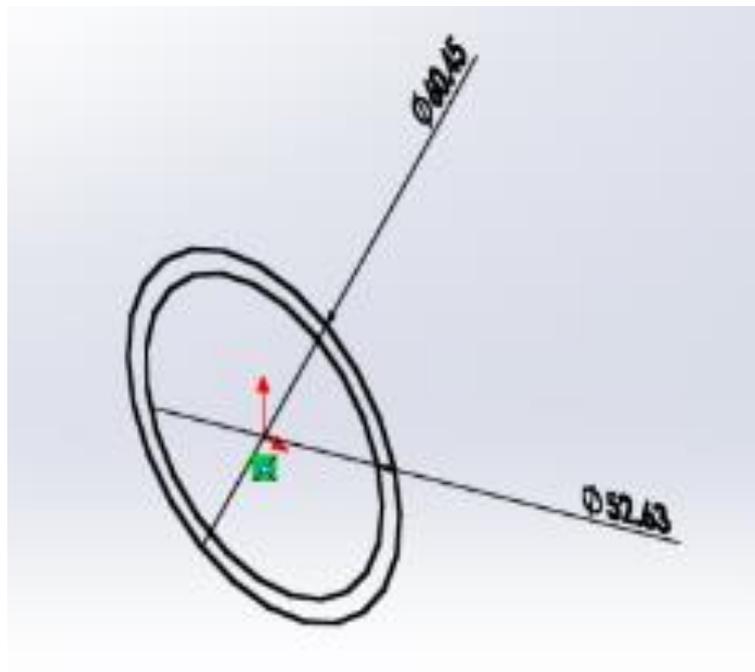
3. Pilih “*New Document*” pada sudut kanan tampilan *software Solidworks* 2014, kemudian pilih “*Part*” dan pilih “*OK*”.
4. Pilih menu “*Sketch*” pada bagian kiri atas tampilan kemudian pilih bagian “*Top Plane*”.
5. Membuat desain aliran

Desain aliran pipa simulasi memiliki ukuran sebagai berikut :

- Diameter luar : 60.45 mm
- Diameter dalam : 52. 63 mm
- Panjang Pipa aliran atas : 50 mm
- Panjang pipa aliran bawah : 80 mm
- Menggunakan fluida air
- Menggunakan pipa berbahan tembaga
-

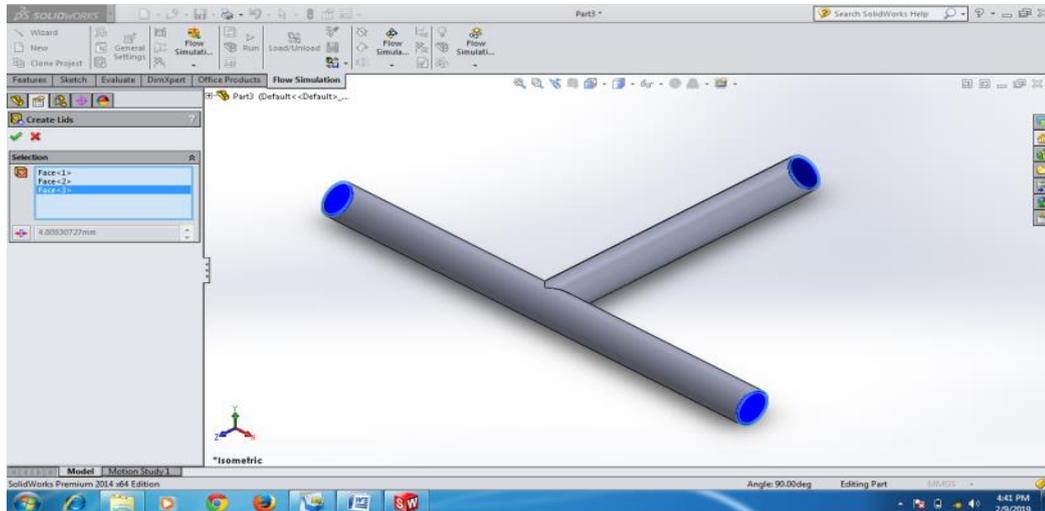


Gambar 3.5 Ukuran desain simulasi aliran pada pipa T



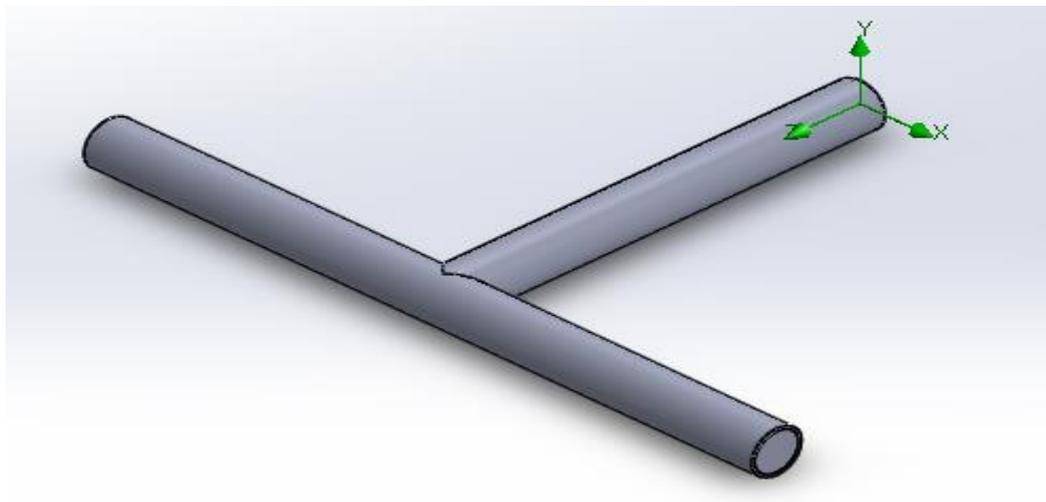
Gambar 3.6 Ukuran diameter aliran pipa

6. Membuat luas penampang aliran masuk dan keluar yaitu flow imulation – create lid – pilih pace / permukaan bagian yang dipilih untuk aliran masuk dan aliran keluar



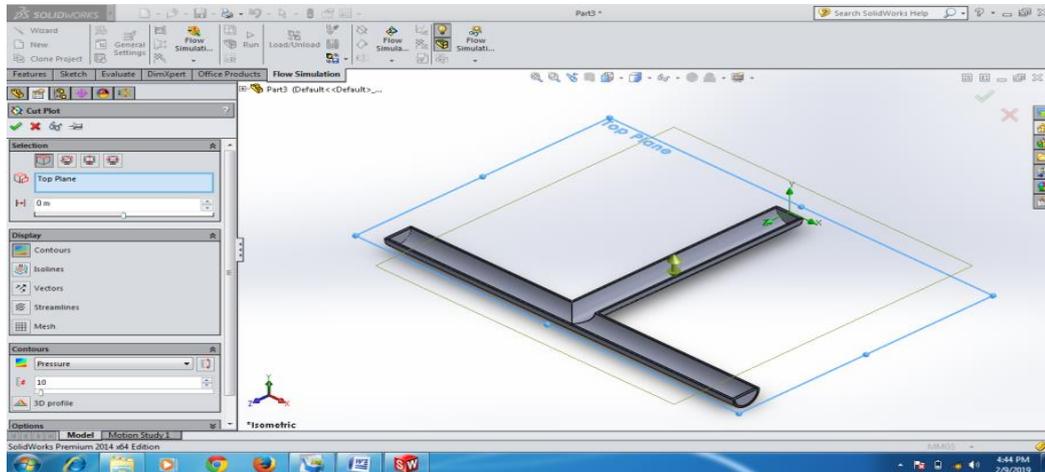
Gambar 3.7 Memebuat lid

7. Setelah desain ukuran aliran fluida di buat, pilih “*features*” kemudian pilih “*sweep boss/base*”



Gambar 3.8 Desain aliran fluida pipa T

8. Apabila proses running sudah selesai maka klik *result* pilih *cut plot* pilih *plane* atau bagian perpotongan yang ingin kita lihat hasil simulasinya



Gambar 3.9 Membuat cut plot

3.4. prosedur penelitian

Adapun prosedur / langkah – langkah yang dilakukan dalam menjalankan simulasi pengujian aliran adalah sebagai berikut:

1. Pilih “*flow simulation*” yang ada pada menu bar pada *software solidworks* 2014
2. Pilih menu “*wizard*” yang ada pada bagian sudut kiri atas pada tampilan
3. Pilih jenis fluida yang akan disimulasikan (dalam penelitian ini menggunakan fluida berupa air dengan suhu air $25^{\circ}\text{C} / 298^{\circ}\text{K}$)
4. Masukkan nilai *roughness* atau nilai kekasaran permukaan pipa (dalam penelitian ini menggunakan pipa berbahan tembaga dengan nilai kekasaran 1,5 micrometer)

Table 3.2. Nilai kekasaran permukaan pipa (ϵ)

No	Material	ft	M
1.	<i>Riveted steel</i>	0,003 - 0,03	0,0009 - 0,009
2.	<i>Concrete</i>	0,001 - 0,01	0,0003 - 0,003
3.	<i>Wood stave</i>	0,0006 - 0,003	0,0002 - 0,0009
4.	<i>Cast iron</i>	0,00085	0,00026
5.	<i>Galvanized iron</i>	0,0005	0,00015
6.	<i>Asphalted cast iron</i>	0,0004	0,0001
7.	<i>Commersial steel or wrought iron</i>	0,00015	0,000046
8.	<i>Drawn brass or cpper tubing</i>	0,000005	0,0000015
9.	<i>Glass and p;astic</i>	“smooth”	“smooth”

5. Masukkan temperatur masuk fluida
6. Pilih menu “ *boundary conditions*” yang ada pada bagian kiri tampilan kemudian masukkan data penguji berupa kecepatan masuk aliran fluida dan klik pada bagian pipa mana fluida akan masuk kemudian pilih *environment pressure* yang bertujuan sebagai jarak keluar aliran dan klik pada bagian pipa mana fluida akan keluar nantinya (dalam penelitian ini penguji dilakukan mulai dari Re 1000 sampai Re 7000)
7. Pilih menu *goals* yang juga berada pada bagian kiri tampilan yang bertujuan untuk memilih capaian / hasil yang berupa data yang diinginkan dalam penguji (dalam penelitian ini berupa *total pressure*).
8. Untuk menjalankan simulasi pilih menu “*run*” yang berada pada bagian atas menu bar.
9. Tunggu hingga *running* selesai.
10. Setelah simulasi selesai, pilih menu “*result*” yang ada pada bagian kiri tampilan lalu pilih “*flow trajectories*” setelah itu insert / masukan bagian masuk aliran
11. Tunggu beberapa detik maka hasil simulasi pun ditampilkan yang berupa data – data yang diinginkan.
12. Pilih menu “*cut plot*” untuk menampilkan warna yang bervariasi pada aliran yang melambungkan data – data hasil simulasi aliran
13. Lakukan pada prosedur yang sama mulai dari Re 1000 – Re7000
14. Lakukan pada aliran pipa T
15. Selesai

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Dalam mengevaluasi data dan perhitungan simulasi pada pipa T menggunakan perangkat lunak *solidworks* 2014, terdapat bilangan reynold yang di variasikan sampai 7 (tujuh) variasi dapat dianalisis dari hasil simulasi menghasilkan nilai Tekanan (*pressure*) dan kecepatan (*velocity*) demikian pula pada kecepatan aliran di setiap bilangan reynold lainnya. Berikut ini adalah hasil dari simulasi perhitungan yang di variasikan berdasarkan bilangan reynold yang didasari dengan variasi kecepatan masuk didalam aliran fluida pada pipa T dengan variasi bilangan reynold (Re) 1000 – 7000. Variasi pada bilangan Reynold tersebut hanya gambaran saja dari hasil bilangan reynold sebenarnya yang terdapat di rumah - rumah. Perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan nilai kecepatan masuk fluida yang akan di inputkan dalam proses simulasi dengan rumus :

$$Re = \frac{v \times d}{\nu} \quad (4.1)$$

4.1.1. Simulasi aliran Pada Bilangan Reynold (Re) 1000

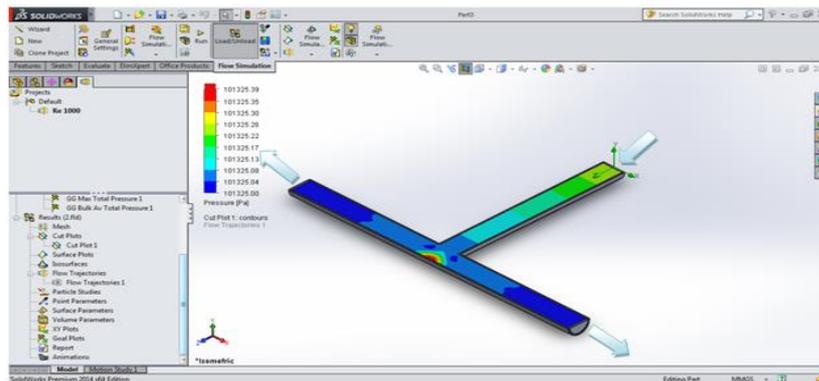
Bilangan reynold (Re) 1000 untuk menentukan nilai kecepatan masuk fluida dari variasi aliran yang pertama dilakukan dengan menggunakan persamaan (4.1) maka diperoleh hasil kecepatan(v) sebesar 0,016 m/s proses perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Re &= \frac{v \times d}{\nu} \\ 1000 &= \frac{v \times 0,05263}{0,893 \times 10^{-6}} \\ 1000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^{-2}}{8,93 \times 10^{-7}} \\ 1000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^{-2} \times 10^7}{8,93} \\ 1000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^5}{8,93} \\ 1000 &= 5893617021 \times v \end{aligned}$$

$$v = \frac{1000}{5893617021}$$

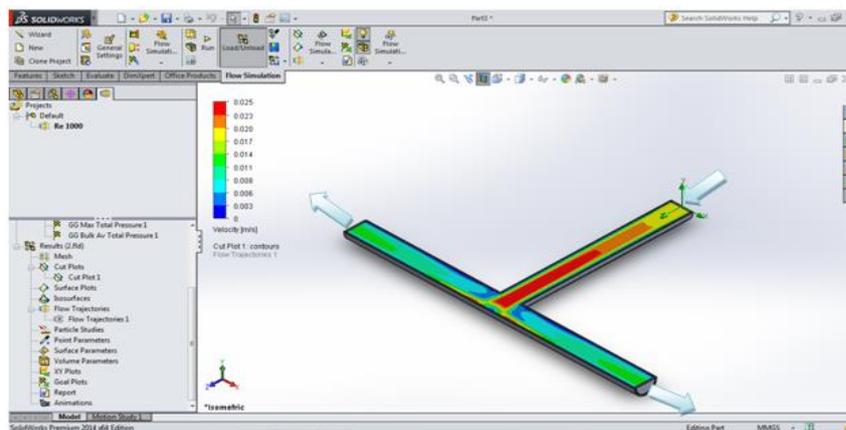
$$v = 0,016m/s$$

hasil perhitungan yang telah didapat nantinya akan di inputkan kedalam simulasi yaitu sebagai kecepatan masuk fluida “inlet velocity” Sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 4.1 simulasi pada bilangan reynold (Re) 1000 proses *analisis pressure*

Dari hasil proses *analisis pressure* (tekanan), dapat disimpulkan bahwa pada bagian aliran masuk dari objek mengalami tekanan yakni sebesar 101325.26 Pa. dan tekanan aliran keluar sebesar 101325.00 pa. dan pada saat fluida masuk terjadi pusaran air di sekitar percabangan pipa, hasil simulasi yang di ambil untuk mendapatkan nilai tekanan yang akurat dari menu point parameters.



Gambar 4.2 simulasi pada bilangan reynold (Re) 1000 proses *analisis velocity*

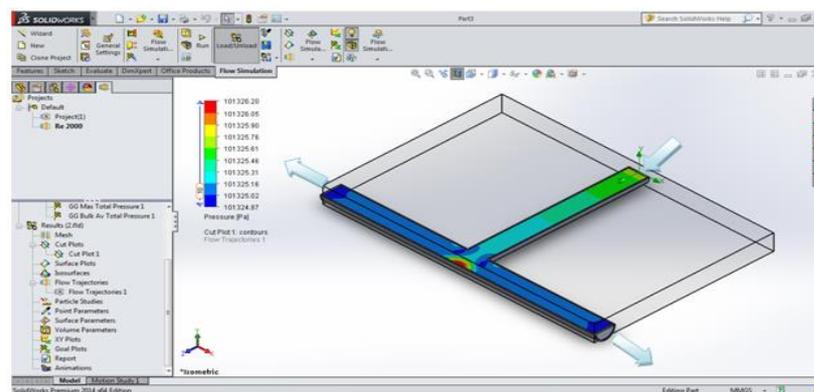
Dari hasil *proses velocity* dapat disimpulkan bahwa pada bagian masuk aliran fluida dari objek kecepatan yang di dapat dari simulasi yakni sebesar 0,017 m/s sedangkan pada bagian keluar aliran kecepatan yang didapat sebesar 0,012 m/s. hasil simulasi ini juga di dapat pada menu point parameters.

4.1.2. Simulasi Aliran Pada Bilangan Reynold (Re) 2000

Bilangan reynold (Re) 2000 untuk menentukan nilai kecepatan masuk fluida dari variasi aliran yang kedua dilakukan dengan menggunakan persamaan (4.1) maka diperoleh hasil kecepatan(v) sebesar 0,033 m/s proses perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{v \times d}{\nu} \\ 2000 &= \frac{v \times 0,05263}{0,893 \times 10^{-6}} \\ 2000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^{-2}}{8,93 \times 10^{-7}} \\ 2000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^{-2} \times 10^7}{8,93} \\ 2000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^5}{8,93} \\ 2000 &= 5893617021 \times v \\ v &= \frac{2000}{5893617021} \\ v &= 0,033 \text{ m/s} \end{aligned}$$

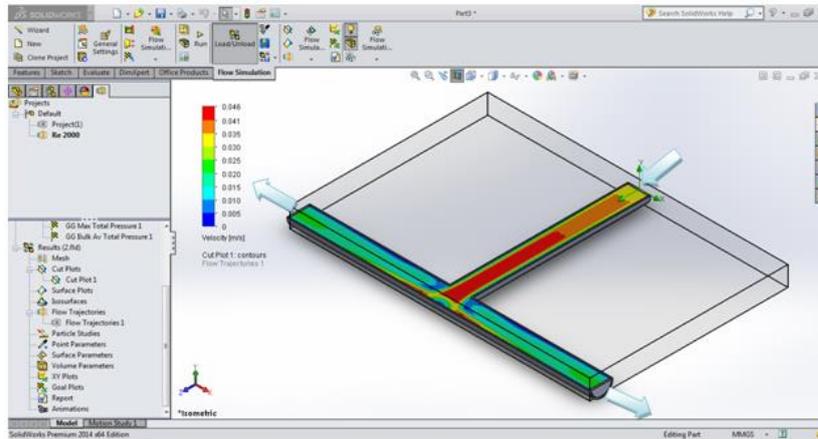
hasil perhitungan yang telah didapat nantinya akan di inputkan kedalam simulasi yaitu sebagai kecepatan masuk fluida “*inlet velocity*” Sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.3 simulasi pada bilangan reynold (Re) 2000 proses *analisis pressure*

Dari hasil proses *analisis pressure*, dapat disimpulkan bahwa pada bagian aliran masuk dari objek mengalami tekanan yakni sebesar 101325.62 Pa. dan tekanan aliran keluar sebesar 101325.00 pa. dan pada saat fluida masuk terjadi

pusaran air di sekitar percabangan pipa, hasil simulasi yang di ambil untuk mendapatkan nilai tekanan yang akurat dari menu point parameters.



Gambar 4.4 simulasi pada bilangan reynold (Re) 2000 proses *analisis velocity*

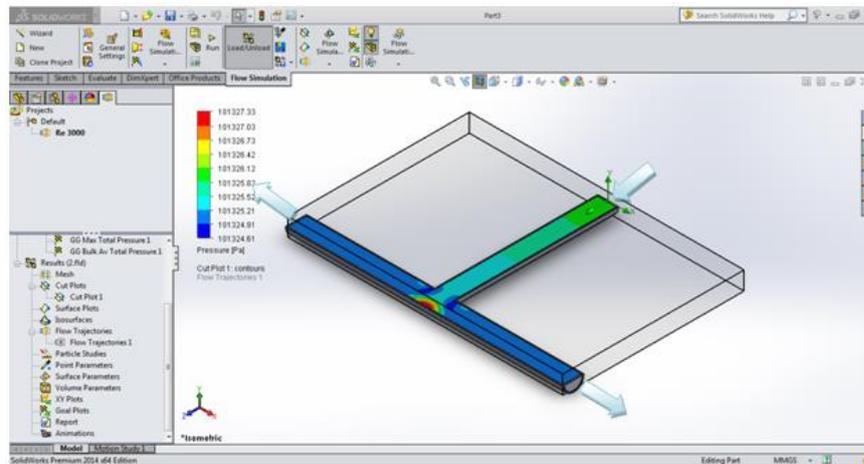
Dari hasil *proses velocity* dapat disimpulkan bahwa pada bagian masuk aliran fluida dari objek kecepatan yang di dapat dari simulasi yakni sebesar 0,034 m/s sedangkan pada bagian keluar aliran kecepatan yang didapat sebesar 0,021 m/s. hasil simulasi ini juga di dapat pada menu point parameters.

4.1.3. Simulasi aliran Pada Bilangan Reynold (Re) 3000

Bilangan reynold (Re) 3000 untuk menentukan nilai kecepatan masuk fluida dari variasi aliran yang ketiga dilakukan dengan menggunakan persamaan (4.1) maka diperoleh hasil kecepatan(v) sebesar 0,050 m/s proses perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

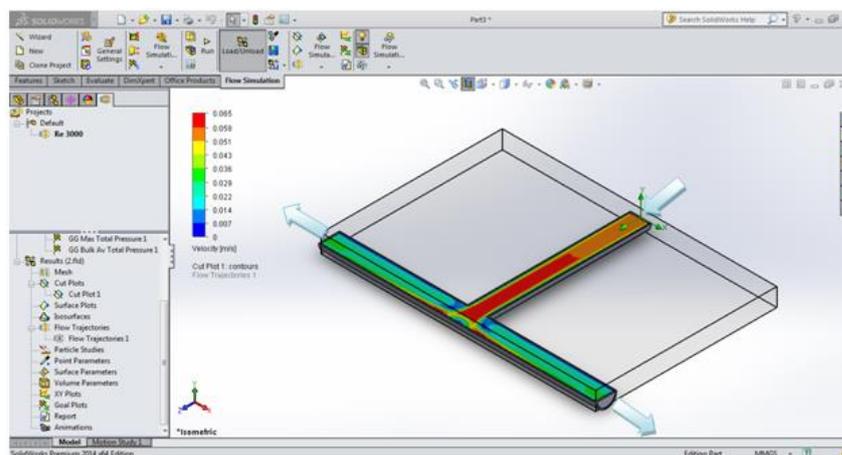
$$\begin{aligned}
 \text{Re} &= \frac{v \times d}{\nu} \\
 3000 &= \frac{v \times 0,05263}{0,893 \times 10^{-6}} \\
 3000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^{-2}}{8,93 \times 10^{-7}} \\
 3000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^{-2} \times 10^7}{8,93} \\
 3000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^5}{8,93} \\
 3000 &= 5893617021 \times v \\
 v &= \frac{3000}{5893617021} \\
 v &= 0,050 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

hasil perhitungan yang telah didapat nantinya akan di inputkan kedalam simulasi yaitu sebagai kecepatan masuk *fluida* “*inlet velocity*” Sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.5 simulasi pada bilangan reynold (Re) 3000 proses *analisis pressure*

Dari hasil proses *analisis pressure*, dapat disimpulkan bahwa pada bagian aliran masuk dari objek mengalami tekanan yakni sebesar 101326.03 Pa. dan tekanan aliran keluar sebesar 101325.00 pa. dan pada saat fluida masuk terjadi pusaran air di sekitar percabangan pipa, hasil simulasi yang di ambil untuk mendapatkan nilai tekanan yang akurat dari menu point parameters.



Gambar 4.6 simulasi pada bilangan reynold (Re) 3000 proses *analisis velocity*

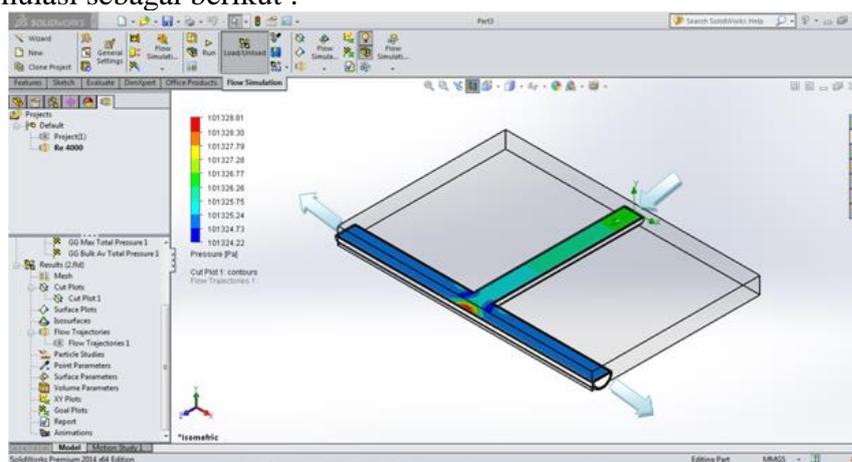
Dari hasil proses *cut plot velocity* dapat disimpulkan bahwa pada bagian masuk aliran fluida dari objek kecepatan yang di dapat dari simulasi yakni sebesar 0,051 m/s sedangkan pada bagian keluar aliran kecepatan yang didapat sebesar 0,029 m/s. hasil simulasi ini juga di dapat pada menu point parameters.

4.1.4. Simulasi aliran Pada Bilangan Reynold (Re) 4000

Bilangan reynold (Re) 4000 untuk menentukan nilai kecepatan masuk fluida dari variasi aliran yang keempat dilakukan dengan menggunakan persamaan (4.1) maka diperoleh hasil kecepatan(v) sebesar 0,067 m/s proses perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{v \times d}{\nu} \\ 4000 &= \frac{v \times 0,05263}{0,893 \times 10^{-6}} \\ 4000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^{-2}}{8,93 \times 10^{-7}} \\ 4000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^{-2} \times 10^7}{8,93} \\ 4000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^5}{8,93} \\ 4000 &= 5893617021 \times v \\ v &= \frac{4000}{5893617021} \\ v &= 0,067 \text{ m/s} \end{aligned}$$

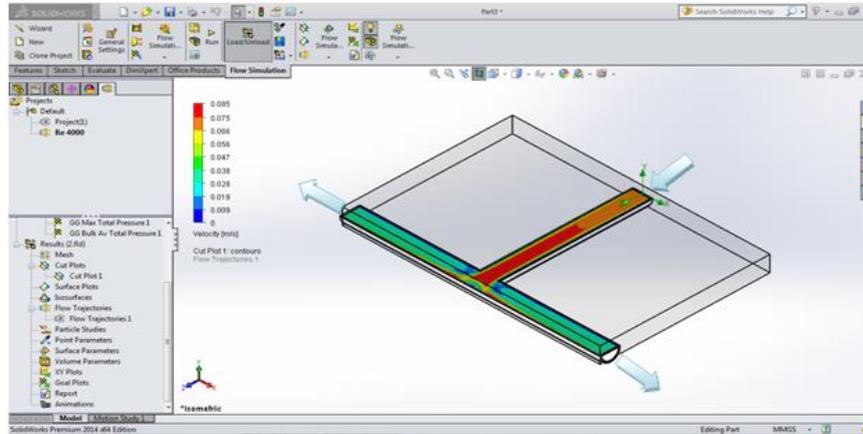
hasil perhitungan yang telah didapat nantinya akan di inputkan kedalam simulasi yaitu sebagai kecepatan masuk fluida “*inlet velocity*” Sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.7 simulasi pada bilangan reynold (Re) 4000 proses *analisis pressure*

Dari hasil proses *cut plot analisis presure*, dapat disimpulkan bahwa pada bagian aliran masuk dari objek mengalami tekanan yakni sebesar 101326.51 Pa.

dan tekanan aliran keluar sebesar 101325.00 pa. dan pada saat fluida masuk terjadi pusaran air di sekitar percabangan pipa, hasil simulasi yang di ambil untuk mendapatkan nilai tekanan yang akurat dari menu point parameters.



Gambar 4.8 simulasi pada bilangan reynold (Re) 4000 proses *analisis velocity*

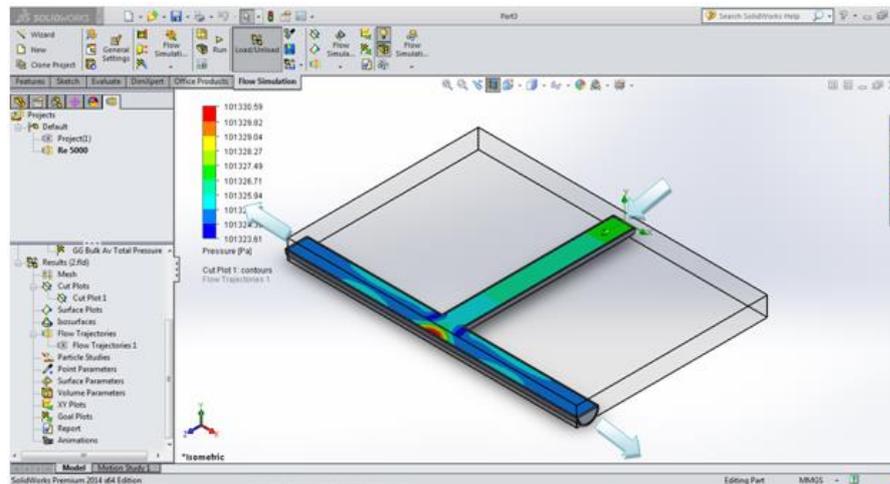
Dari hasil *proses cut plot velocity* dapat disimpulkan bahwa pada bagian masuk aliran fluida dari objek kecepatan yang di dapat dari simulasi yakni sebesar 0,068 m/s sedangkan pada bagian keluar aliran kecepatan yang didapat sebesar 0,037 m/s. hasil simulasi ini juga di dapat pada menu point parameters.

4.1.5. Simulasi aliran Pada Bilangan Reynold (Re) 5000

Bilangan reynold (Re) 4000 untuk menentukan nilai kecepatan masuk fluida dari variasi aliran yang kelima dilakukan dengan menggunakan persamaan (4.1) maka diperoleh hasil kecepatan(v) sebesar 0,084 m/s proses perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

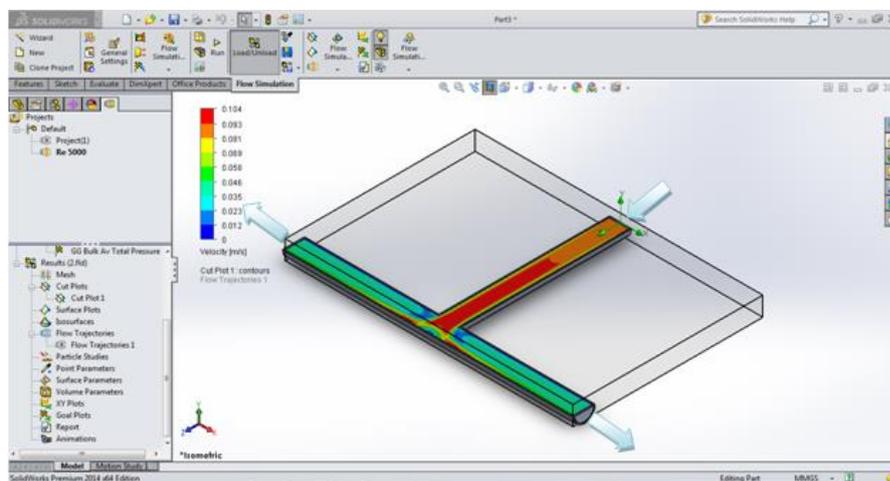
$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{v \times d}{\nu} \\
 5000 &= \frac{v \times 0,05263}{0,893 \times 10^{-6}} \\
 5000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^{-2}}{8,93 \times 10^{-7}} \\
 5000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^{-2} \times 10^7}{8,93} \\
 5000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^5}{8,93} \\
 5000 &= 5893617021 \times v \\
 v &= \frac{5000}{5893617021} \\
 v &= 0,084 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

hasil perhitungan yang telah didapat nantinya akan di inputkan kedalam simulasi yaitu sebagai kecepatan masuk fluida “inlet velocity” Sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.9 simulasi pada bilangan reynold (Re) 5000 proses *analisis pressure*

Dari hasil proses *analisis pressure*, dapat disimpulkan bahwa pada bagian aliran masuk dari objek mengalami tekanan yakni sebesar 101327.03 Pa. dan tekanan aliran keluar sebesar 101325.00 pa. dan pada saat fluida masuk terjadi pusaran air di sekitar percabangan pipa, hasil simulasi yang di ambil untuk mendapatkan nilai tekanan yang akurat dari menu point parameters.



Gambar 4.10 simulasi pada bilangan reynold (Re) 5000 proses *analisis velocity*

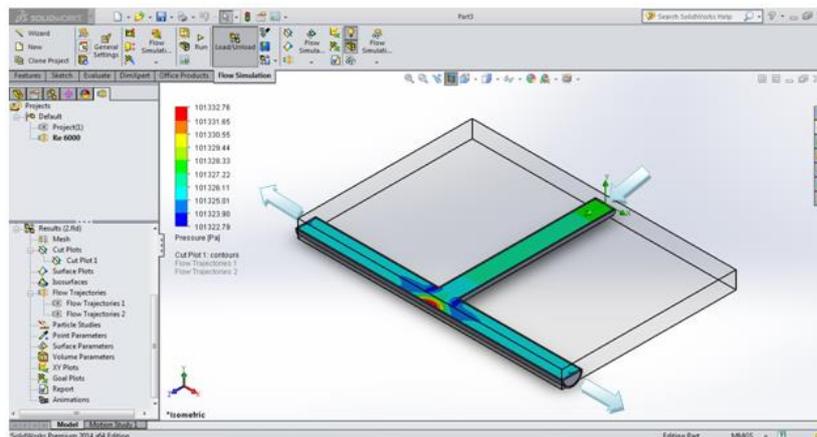
Dari hasil *proses velocity* dapat disimpulkan bahwa pada bagian masuk aliran fluida dari objek kecepatan yang di dapat dari simulasi yakni sebesar 0,085 m/s sedangkan pada bagian keluar aliran kecepatan yang didapat sebesar 0,045 m/s. hasil simulasi ini juga di dapat pada menu point parameters.

4.1.6. Simulasi aliran Pada Bilangan Reynold (Re) 6000

Bilangan reynold (Re) 5000 untuk menentukan nilai kecepatan masuk fluida dari variasi aliran yang keenam dilakukan dengan menggunakan persamaan (4.1) maka diperoleh hasil kecepatan(v) sebesar 0,101 m/s proses perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{v \times d}{\nu} \\ 6000 &= \frac{v \times 0,05263}{0,893 \times 10^{-6}} \\ 6000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^{-2}}{8,93 \times 10^{-7}} \\ 6000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^{-2} \times 10^7}{8,93} \\ 6000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^5}{8,93} \\ 6000 &= 5893617021 \times v \\ v &= \frac{6000}{5893617021} \\ v &= 0,101 \text{ m/s} \end{aligned}$$

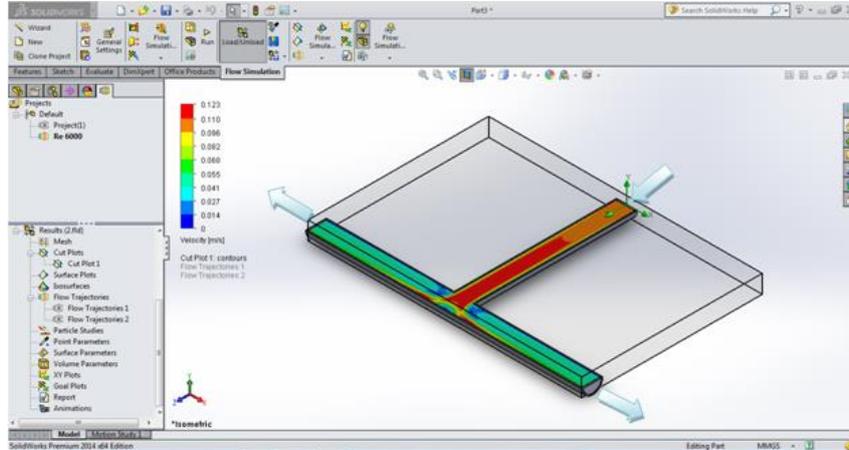
hasil perhitungan yang telah didapat nantinya akan di inputkan kedalam simulasi yaitu sebagai kecepatan masuk fluida “*inlet velocity*” Sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.11 simulasi pada bilangan reynold (Re) 6000 proses *analisis pressure*

Dari hasil proses *cut plot analisis presure*, dapat disimpulkan bahwa pada bagian aliran masuk dari objek mengalami tekanan yakni sebesar 101327.57 Pa. dan tekanan aliran keluar sebesar 101325.00 pa. dan pada saat fluida masuk

terjadi pusaran air di sekitar percabangan pipa, hasil simulasi yang di ambil untuk mendapatkan nilai tekanan yang akurat dari menu point parameters.



Gambar 4.12 simulasi pada bilangan reynold (Re) 6000 proses *analisis velocity*

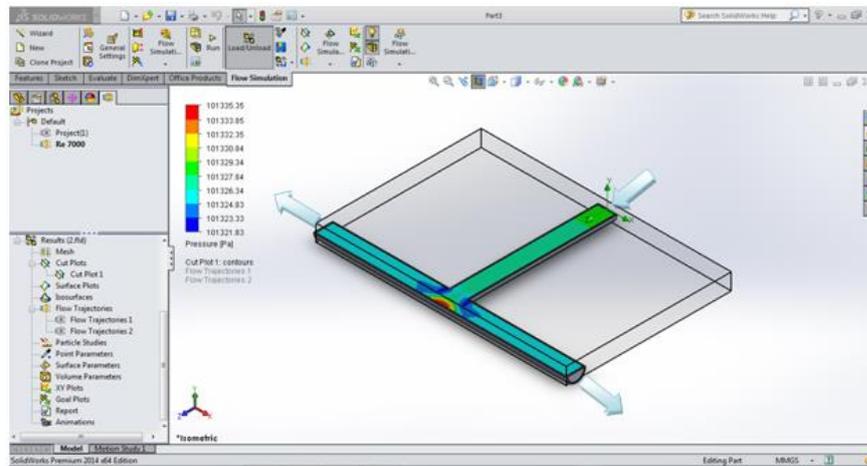
Dari hasil *proses velocity* dapat disimpulkan bahwa pada bagian masuk aliran fluida dari objek kecepatan yang di dapat dari simulasi yakni sebesar 0,102 m/s sedangkan pada bagian keluar aliran kecepatan yang didapat sebesar 0,053 m/s. hasil simulasi ini juga di dapat pada menu point parameters.

4.1.7. Simulasi aliran Pada Bilangan Reynold (Re) 7000

Bilangan reynold (Re) 5000 untuk menentukan nilai kecepatan masuk fluida dari variasi aliran yang kelima dilakukan dengan menggunakan persamaan (4.1) maka diperoleh hasil kecepatan(v) sebesar 0,033 m/s proses perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

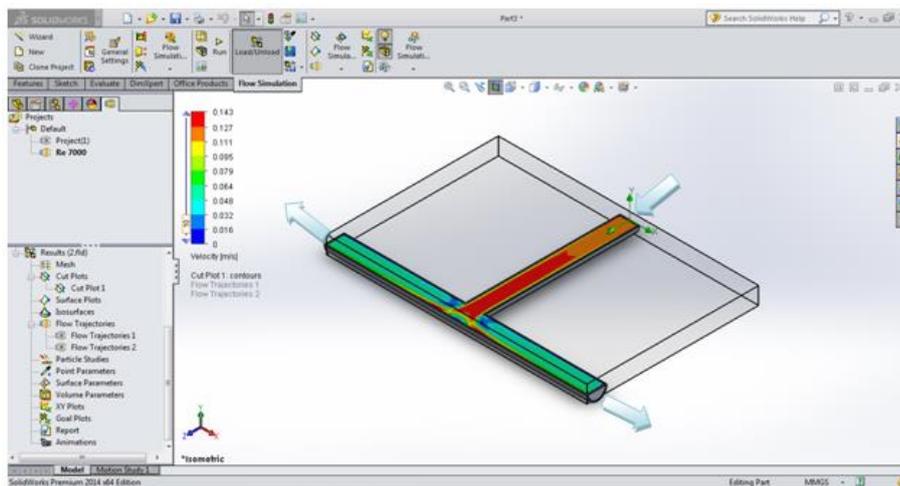
$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{v \times d}{\nu} \\ 7000 &= \frac{v \times 0,05263}{0,893 \times 10^{-6}} \\ 7000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^{-2}}{8,93 \times 10^{-7}} \\ 7000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^{-2} \times 10^7}{8,93} \\ 7000 &= \frac{v \times 52,63 \times 10^5}{8,93} \\ 7000 &= 5893617021 \times v \\ v &= \frac{7000}{5893617021} \\ v &= 0,118 \text{ m/s} \end{aligned}$$

hasil perhitungan yang telah didapat nantinya akan di inputkan kedalam simulasi yaitu sebagai kecepatan masuk fluida “inlet velocity” Sehingga dapat hasil simulasi sebagai berikut :



Gambar 4.13 simulasi pada bilangan reynold (Re) 7000 proses *analisis pressure*

Dari hasil proses *cut plot analisis pressure*, dapat disimpulkan bahwa pada bagian aliran masuk dari objek mengalami tekanan yakni sebesar 101328.32 Pa. dan tekanan aliran keluar sebesar 101325.00 pa. dan pada saat fluida masuk terjadi pusaran air di sekitar percabangan pipa, hasil simulasi yang di ambil untuk mendapatkan nilai tekanan yang akurat dari menu point parameters.



Gambar 4.14 simulasi pada bilangan reynold (Re) 7000 proses *analisis velocity*

Dari hasil *proses cut plot velocity* dapat disimpulkan bahwa pada bagian masuk aliran fluida dari objek kecepatan yang di dapat dari simulasi yakni sebesar 0,119 m/s sedangkan pada bagian keluar aliran kecepatan yang didapat sebesar 0,061 m/s. hasil simulasi ini juga di dapat pada menu point parameters.

4.2. Pembahasan

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dari bilangan reynold 1000 - 7000 dapat dicari nilai tekanan (*pressure*), kerugian energi (*head losses*) dan nilai kerugian koefisien. Pada nilai P_{in} dan p_{out} diperoleh dari hasil simulasi yakni dari menu “*Point Parameter*”. Dan untuk mengetahui kerugian energi (*head loss*) serta nilai koefisien yang nantinya didapat dari hasil perhitungan maka rumus yang digunakan untuk mengetahui *head loss* terdapat pada persamaan (2.2) berikut perhitungannya.

4.2.1. Perhitungan pada bilangan reynold (Re) 1000

$$\begin{aligned}\Delta P &= P_{in} - P_{out} \\ &= 101325,26 Pa - 101325,00 Pa \\ &= 0,26 pa \\ \frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} &= \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g} + H_L \\ H_L &= \frac{P_1 - P_2}{\gamma_{1,2}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \\ &= \frac{\Delta P}{\gamma_{1,2}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \\ &= \frac{0,26 Pa}{9780,57 N/m^3} + \frac{0,017^2 m/s - 0,012^2 m/s}{19,62 m/s^2} \\ &= 0,000026m + 0,0000073 \\ &= 0,000033 m \\ H_L &= k \frac{v^2}{2g} \\ k &= \frac{2g H_L}{v^2} \\ &= \frac{2 \cdot 9,81 m/s^2 \cdot 0,000033m}{0,016^2 m/s} \\ &= 2,529\end{aligned}$$

4.2.2. Perhitungan pada bilangan reynold (Re) 2000

$$\begin{aligned}\Delta P &= P_{in} - P_{out} \\ &= 101325,62 Pa - 101325,00 Pa \\ &= 0,62 pa\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} &= \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g} + H_L \\
H_L &= \frac{P_1 - P_2}{\gamma_{1,2}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \\
&= \frac{\Delta P}{\gamma_{1,2}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \\
&= \frac{0,62 Pa}{9780,57 N/m^3} + \frac{0,034^2 m/s - 0,021^2 m/s}{19,62 m/s^2} \\
&= 0,000063m + 0,000036 \\
&= 0,000099 m \\
H_L &= k \frac{V^2}{2g} \\
k &= \frac{2g H_L}{v^2} \\
&= \frac{2 \cdot 9,81 m/s^2 \cdot 0,000099m}{0,033^2 m/s} \\
&= 1,783
\end{aligned}$$

4.2.3. Perhitungan pada bilangan reynold (Re) 3000

$$\begin{aligned}
\Delta P &= P_{in} - p_{out} \\
&= 10132603 Pa - 10132500 Pa \\
&= 1,03 pa \\
\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} &= \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g} + H_L \\
H_L &= \frac{P_1 - P_2}{\gamma_{1,2}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \\
&= \frac{\Delta P}{\gamma_{1,2}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \\
&= \frac{1,03 Pa}{9780,57 N/m^3} + \frac{0,051^2 m/s - 0,029^2 m/s}{19,62 m/s^2} \\
&= 0,00011m + 0,000089 \\
&= 0,000199 m \\
H_L &= k \frac{v^2}{2g}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k &= \frac{2g H_L}{v^2} \\
&= \frac{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,000199 \text{ m}}{0,050^2 \text{ m/s}} \\
&= 1,561
\end{aligned}$$

4.2.4. Perhitungan pada bilangan reynold (Re) 4000

$$\begin{aligned}
\Delta P &= P_{in} - p_{out} \\
&= 101326,51 \text{ Pa} - 101325,00 \text{ Pa} \\
&= 1,51 \text{ pa}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} &= \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g} + H_L \\
H_L &= \frac{P_1 - P_2}{\gamma_{1,2}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \\
&= \frac{\Delta P}{\gamma_{1,2}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \\
&= \frac{1,51 \text{ Pa}}{9780,57 \text{ N/m}^3} + \frac{0,068^2 \text{ m/s} - 0,037^2 \text{ m/s}}{19,62 \text{ m/s}^2} \\
&= 0,00015 \text{ m} + 0,00016 \\
&= 0,00031 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$H_L = k \frac{v^2}{2g}$$

$$\begin{aligned}
k &= \frac{2g H_L}{v^2} \\
&= \frac{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,00031 \text{ m}}{0,067^2 \text{ m/s}} \\
&= 1,354
\end{aligned}$$

4.2.5. Perhitungan pada bilangan reynold (Re) 5000

$$\begin{aligned}
\Delta P &= P_{in} - p_{out} \\
&= 101327,03 \text{ Pa} - 101325,00 \text{ Pa} \\
&= 2,03 \text{ pa}
\end{aligned}$$

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g} + H_L$$

$$\begin{aligned}
H_L &= \frac{P_1 - P_2}{\gamma_{1,2}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \\
&= \frac{\Delta P}{\gamma_{1,2}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \\
&= \frac{2,03 \text{ Pa}}{9780,57 \text{ N/m}^3} + \frac{0,085^2 \text{ m/s} - 0,045^2 \text{ m/s}}{19,62 \text{ m/s}^2} \\
&= 0,00021 \text{ m} + 0,00026 \\
&= 0,00047 \text{ m} \\
H_L &= k \frac{v^2}{2g} \\
k &= \frac{2g H_L}{v^2} \\
&= \frac{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,00047 \text{ m}}{0,084^2 \text{ m/s}} \\
&= 1,306
\end{aligned}$$

4.2.6. Perhitungan pada bi langan reynold (Re) 6000

$$\begin{aligned}
\Delta P &= P_{in} - p_{out} \\
&= 101327,57 \text{ Pa} - 10132500 \text{ Pa} \\
&= 2,57 \text{ pa} \\
\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} &= \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g} + H_L \\
H_L &= \frac{P_1 - P_2}{\gamma_{1,2}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \\
&= \frac{\Delta P}{\gamma_{1,2}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \\
&= \frac{2,57 \text{ Pa}}{9780,57 \text{ N/m}^3} + \frac{0,102^2 \text{ m/s} - 0,053^2 \text{ m/s}}{19,62 \text{ m/s}^2} \\
&= 0,00026 \text{ m} + 0,00039 \\
&= 0,00065 \text{ m} \\
H_L &= k \frac{v^2}{2g} \\
k &= \frac{2g H_L}{v^2}
\end{aligned}$$

$$= \frac{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,00065 \text{ m}}{0,0101^2 \text{ m/s}}$$

$$= 1,250$$

4.2.7. Perhitungan pada bilangan reynold (Re) 7000

$$\Delta P = P_{in} - p_{out}$$

$$= 10132832 \text{ Pa} - 10132500 \text{ Pa}$$

$$= 3,32 \text{ pa}$$

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g} + H_L$$

$$H_L = \frac{P_1 - P_2}{\gamma_{1,2}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$$

$$= \frac{\Delta P}{\gamma_{1,2}} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$$

$$= \frac{3,32 \text{ Pa}}{9780,57 \text{ N/m}^3} + \frac{0,119^2 \text{ m/s} - 0,061^2 \text{ m/s}}{19,62 \text{ m/s}^2}$$

$$= 0,00033 \text{ m} + 0,00053$$

$$= 0,00086 \text{ m}$$

$$H_L = k \frac{v^2}{2g}$$

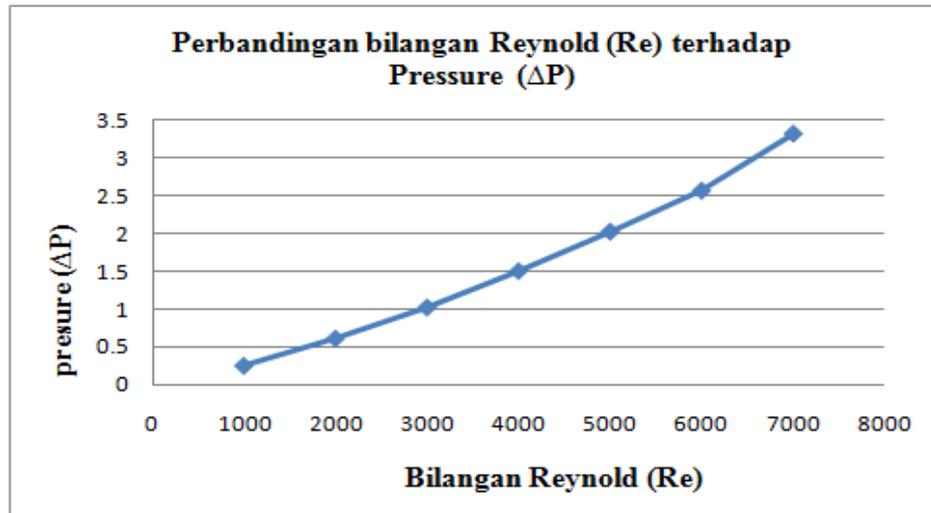
$$k = \frac{2g H_L}{v^2}$$

$$= \frac{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,00086 \text{ m}}{0,118^2 \text{ m/s}}$$

$$= 1,211$$

Setelah perhitungan selesai dilakukan maka hasil perhitungan dari simulasi dapat juga ditampilkan dalam bentuk grafik dimana dalam grafik dapat dilihat tekanan tertinggi dan terendah, kerugian energi yang terbesar dan terkecil serta nilai koefisien yang tertinggi dan terendah terhadap bilangan reynold yang di variasikan. Berikut beberapa grafik yang dibuat berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan antara lain :

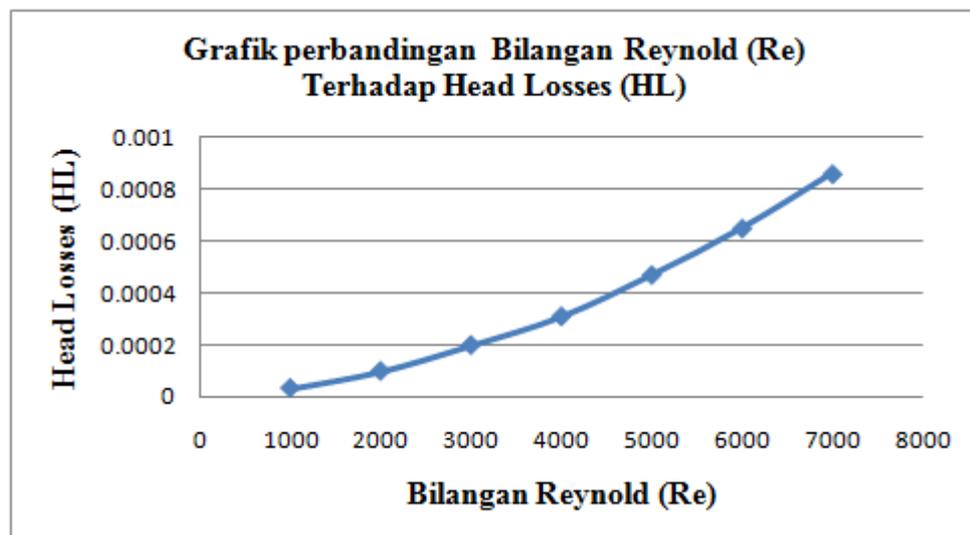
1. Grafik perbandingan Pressure(ΔP) terhadap bilangan Reynold (Re)



Gambar 4.15. Grafik Perbandingan Pilangan Reynold (Re) terhadap Pressure(ΔP)

Pada gambar 4.15 diatas hasil pengujian menunjukkan bahwa sudut sambungan pipa tee mengakibatkan peressure drop berbanding lurus dengan bilangan reynold,, semakin besar nilai bilangan reynold yang diberikan maka *pressure drop* menjadi semakin berat. Hal ini di sebabkan oleh perbedaan tekanan yang terjadi pada setiap variasi bilanagn reynold

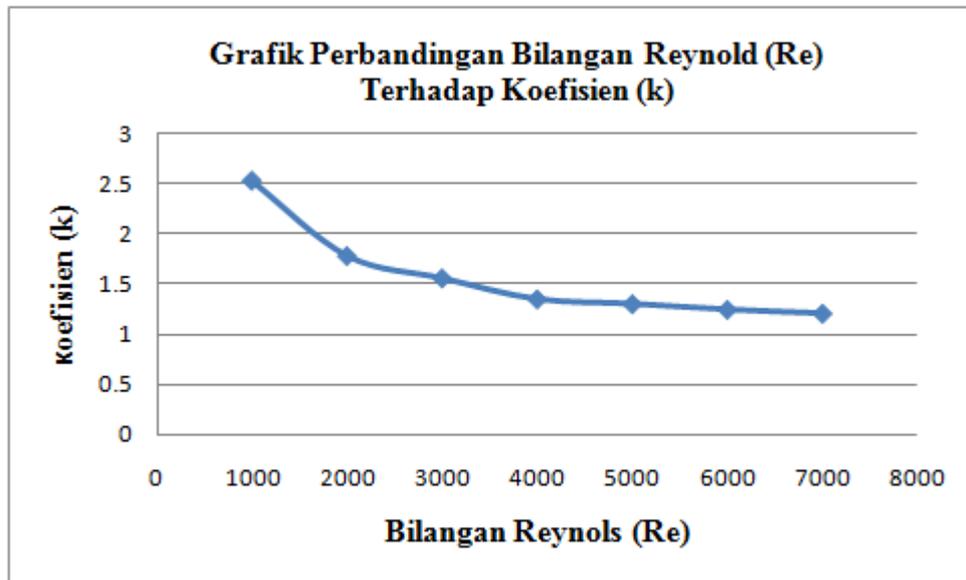
2. Grafik perbandingan Bilangan Reynold (Re) Terhadap Head Losses (HL)



Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Bilangan Reynold (Re) Terhadap Head Losses (HL)

Pada gambar 4.16 diatas hasil pengujian menunjukkan bahwa head losses berbanding lurus dengan bilangan reynold. semakin besar nilai bilangan reynold yang diberikan maka nilai Head Losses (HL) menjadi semakin besar. Hal ini disebabkan oleh perbedaan tekanan yang terjadi pada fluida masuk dafluida keluar semakinbesarbilangan reynold yang divariasikan mengakibatkan head lossesnya semakin besar.

3. Grafik perbandinagn koefisien terhadap Bilangan Reynold (Re)



Gambar 4.17 Grafik perbandingan Bilangan Reynold (Re) terhadap koefisien kerugian (k)

Pada gambar 4.17 diatas hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai koefesien kerugian berbanding terbalik dengan bilangan reynold. Semakin besar nilai bilangan reynold yang diberikan makan nilai kerugian koefesian menjadi semakin kecil. Hal ini disebabkan meningkatnya nilai persure drop (tekanan) dan nilai berat losses (kerugian energi) yang terjadi pada hasil perhitungan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada setiap simulasi analisis *pressure* tekanan yang terjadi pada setiap bilangan reynold semakin besar bilangan reynoldnya maka semakin tinggi nilai tekanan yang didapat dan nilai tekanan yang keluar menjadi semakin rendah.
2. Pada simulasi analisis *velocity* kecepatan aliran yang paling tinggi terdapat pada percobaan terakhir atau pada bilangan Reynold (Re) 7000 yaitu sebesar 0.119 m/s dan kecepatan aliran keluar 0.061 m/s
3. Pada nilai head losses (HL) terdapat nilai tertinggi yaitu sebesar 0,00086 m yang terjadi pada bilangan reynold 7000 dan kecepatan aliran masuk sebesar 0,118 m/s.
4. Pada nilai kerugian koefisien(K), terdapat nilai kerugian tertinggi yaitu sebesar 2.529 yang terjadi pada percobaan pertama dengan bilangan reynold (Re) 1000 dan kecepatan aliran fluida masuk sebesar 0.017 m/s.
5. Pada nilai ΔP terdapat nilai tertinggi yaitu sebesar 3.32 Pa yang terjadi pada percobaan terakhir dengan bilangan reynold (Re) 7000 dan kecepatan aliran masuk sebesar 0.119 m/s.
6. Dari grafik yang telah dibuat yaitu dengan perbandingan antara bilangan reynold (Re) terhadap *pressure* (ΔP) disimpulkan bahwa semakin tinggi bilangan reynold yang di variasikan maka nilai pada ΔP menjadi semakin besar. Yang disebabkan oleh perbedaan tekanan masuk dan keluar pada aliran fluida meningkat terhadap bilangan reynold yang diberikan.
7. Dari grafik yang telah dibuat yaitu perbandingan bilangan reynold (Re) terhadap head losses (HL) dapat disimpulkan bahwa nilai head lossesnya menjadi semakin besar terhadap bilangan reynold yang

divariasikan. Hal ini disebabkan terjadinya tekanan yang semakin tinggi pada pressure drop dan mengakibatkan head lossesnya meningkat.

8. Pada grafik perbandingan koefisien (k) terhadap Bilangan Reynold (Re) dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien yang dihasilkan berbanding terbalik terhadap bilangan Reynold yang divariasikan hal ini disebabkan nilai pressure drop dan head losses meningkat dan mengakibatkan nilai koefisiennya menjadi kecil.

5.2. Saran

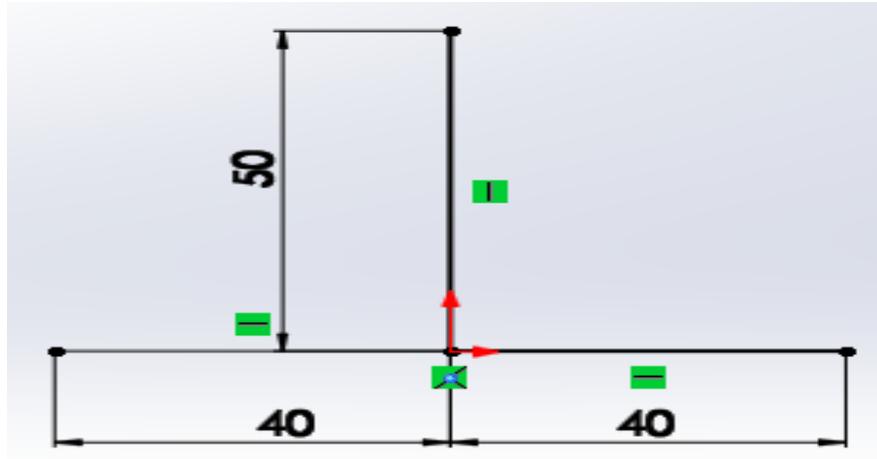
1. Saat melakukan percobaan simulasi usahakan serius dan teliti agar tidak ada yang salah pada saat memasukan data.
2. Masukan data yang sesuai dengan perhitungan pada saat melakukan simulasi agar tidak terjadi kesalahan pada saat proses running.

DAFTAR PUSTAKA

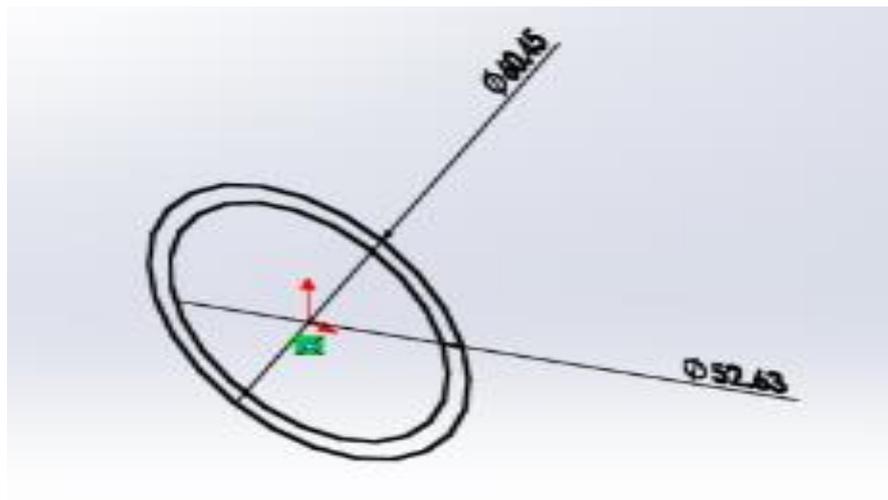
- Almadya. R. (2017). Analisa kehilangan energy pada pipa transmisi spam kecamatan menpura. Jurnal Vol 4. No 2. Oktober 2017
- Haramain, M.A. (1997). “Analisa Faktor Konsentrasi Tegangan Perabangan Pipa 90° Akibat Tekanan Internal Menggunakan Metode Numerik”. Bandung : ITB
- Imron, chairudian. (2016). Simulasi Numerik Aliran fluida pada saluran T–Junction 90° . Jurnal sains dan seni ITS. 5(2):
- Luntungan, Hengky. (2014). Simulasi Numerik Aliran Fluida Dalam Penstock Dengan Menggunakan Computational Fluid Dtnamics (CFD). Jurnal Online Poros Teknik Mesin Vol 3 No 2. Universitas Sam Ratulagi Manado
- Salimin. (2017). *Penelitian kerugian energy pada sambungan pipa T 90°* . Kendari: Universitas Halu Oleo
- S Homonangan, Dimas. (2007). “Analisa Bengkokan Pipa Actuator Dengan Cosmos Work”. Fakulta Sains Dan Teknologi. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta
- Subagyo. Rachmat. (2009). Analisa koefisien kerugian pada percabangan pipa. Lampung: Universitas Lampung Mangkurat
- Prakoso,D.P, Suharto, K, Widodo,S. (2012) Analisa Debit Air Dan Rugi Belokan Pada Pipa Tee. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Tidar
- Zainudin. Sayoga, I.M.A, Nursa, I.M. (2012). Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap Head Losses Aliran Pipa. Jurnal Dinamika Teknik Mesin Vol 2 No 2. Juli 2012

LAMPIRAN

1. Ukuran Pipa



2. Diameter Pipa



3. Gambar Desain Pipa

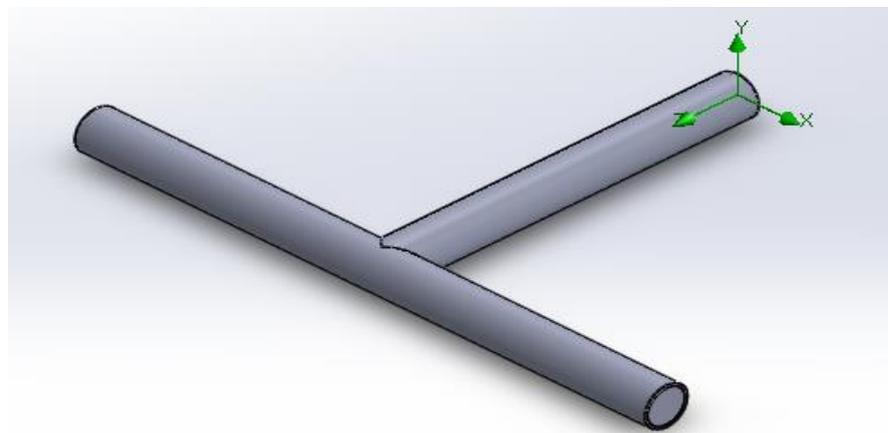


TABLE A-9
Properties of saturated water

Temp. <i>T</i> , °C	Saturation Pressure <i>P</i> _{sat} , kPa	Density ρ , kg/m ³		Enthalpy of Vaporization <i>h</i> _{fg} , kJ/kg		Specific Heat <i>c</i> _p , J/kg·K		Thermal Conductivity <i>k</i> , W/m·K		Dynamic Viscosity μ , kg/m·s		Prandtl Number Pr		Volume Expansion Coefficient β , 1/K
		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid
														Liquid
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2501	4217	1854	0.561	0.0171	1.792 × 10 ⁻³	0.922 × 10 ⁻⁵	13.5	1.00	-0.068 × 10 ⁻³	
5	0.8721	999.9	0.0068	2490	4205	1857	0.571	0.0173	1.519 × 10 ⁻³	0.934 × 10 ⁻⁵	11.2	1.00	0.015 × 10 ⁻³	
10	1.2276	999.7	0.0094	2478	4194	1862	0.580	0.0176	1.307 × 10 ⁻³	0.946 × 10 ⁻⁵	9.45	1.00	0.733 × 10 ⁻³	
15	1.7051	999.1	0.0128	2466	4185	1863	0.589	0.0179	1.138 × 10 ⁻³	0.959 × 10 ⁻⁵	8.09	1.00	0.138 × 10 ⁻³	
20	2.339	998.0	0.0173	2454	4182	1867	0.598	0.0182	1.002 × 10 ⁻³	0.973 × 10 ⁻⁵	7.01	1.00	0.195 × 10 ⁻³	
25	3.169	997.0	0.0231	2442	4180	1870	0.607	0.0186	0.891 × 10 ⁻³	0.987 × 10 ⁻⁵	6.14	1.00	0.247 × 10 ⁻³	
30	4.246	996.0	0.0304	2431	4178	1875	0.615	0.0189	0.798 × 10 ⁻³	1.001 × 10 ⁻⁵	5.42	1.00	0.294 × 10 ⁻³	
35	5.628	994.0	0.0397	2419	4178	1880	0.623	0.0192	0.720 × 10 ⁻³	1.016 × 10 ⁻⁵	4.83	1.00	0.337 × 10 ⁻³	
40	7.384	992.1	0.0512	2407	4179	1885	0.631	0.0196	0.653 × 10 ⁻³	1.031 × 10 ⁻⁵	4.32	1.00	0.377 × 10 ⁻³	
45	9.593	990.1	0.0655	2395	4180	1892	0.637	0.0200	0.596 × 10 ⁻³	1.046 × 10 ⁻⁵	3.91	1.00	0.415 × 10 ⁻³	
50	12.35	988.1	0.0831	2383	4181	1900	0.644	0.0204	0.547 × 10 ⁻³	1.062 × 10 ⁻⁵	3.55	1.00	0.451 × 10 ⁻³	
55	15.76	985.2	0.1045	2371	4183	1908	0.649	0.0208	0.504 × 10 ⁻³	1.077 × 10 ⁻⁵	3.25	1.00	0.484 × 10 ⁻³	
60	19.94	983.3	0.1304	2359	4185	1916	0.654	0.0212	0.467 × 10 ⁻³	1.093 × 10 ⁻⁵	2.99	1.00	0.517 × 10 ⁻³	
65	25.03	980.4	0.1614	2346	4187	1926	0.659	0.0216	0.433 × 10 ⁻³	1.110 × 10 ⁻⁵	2.75	1.00	0.548 × 10 ⁻³	
70	31.19	977.5	0.1983	2334	4190	1936	0.663	0.0221	0.404 × 10 ⁻³	1.126 × 10 ⁻⁵	2.55	1.00	0.578 × 10 ⁻³	
75	38.58	974.7	0.2421	2321	4193	1948	0.667	0.0225	0.378 × 10 ⁻³	1.142 × 10 ⁻⁵	2.38	1.00	0.607 × 10 ⁻³	
80	47.39	971.8	0.2935	2309	4197	1962	0.670	0.0230	0.355 × 10 ⁻³	1.159 × 10 ⁻⁵	2.22	1.00	0.653 × 10 ⁻³	
85	57.83	968.1	0.3536	2296	4201	1977	0.673	0.0235	0.333 × 10 ⁻³	1.176 × 10 ⁻⁵	2.08	1.00	0.670 × 10 ⁻³	
90	70.14	965.3	0.4235	2283	4206	1993	0.675	0.0240	0.315 × 10 ⁻³	1.193 × 10 ⁻⁵	1.96	1.00	0.702 × 10 ⁻³	
95	84.55	961.5	0.5045	2270	4212	2010	0.677	0.0246	0.297 × 10 ⁻³	1.210 × 10 ⁻⁵	1.85	1.00	0.716 × 10 ⁻³	
100	101.33	957.9	0.5978	2257	4217	2029	0.679	0.0251	0.282 × 10 ⁻³	1.227 × 10 ⁻⁵	1.75	1.00	0.750 × 10 ⁻³	
110	143.27	950.6	0.8263	2230	4229	2071	0.682	0.0262	0.255 × 10 ⁻³	1.261 × 10 ⁻⁵	1.58	1.00	0.798 × 10 ⁻³	
120	198.53	943.4	1.121	2203	4244	2120	0.683	0.0275	0.232 × 10 ⁻³	1.296 × 10 ⁻⁵	1.44	1.00	0.858 × 10 ⁻³	
130	270.1	934.6	1.496	2174	4263	2177	0.684	0.0288	0.213 × 10 ⁻³	1.330 × 10 ⁻⁵	1.33	1.01	0.913 × 10 ⁻³	
140	361.3	921.7	1.965	2145	4286	2244	0.683	0.0301	0.197 × 10 ⁻³	1.365 × 10 ⁻⁵	1.24	1.02	0.970 × 10 ⁻³	
150	475.8	916.6	2.546	2114	4311	2314	0.682	0.0316	0.183 × 10 ⁻³	1.399 × 10 ⁻⁵	1.16	1.02	1.025 × 10 ⁻³	
160	617.8	907.4	3.256	2083	4340	2420	0.680	0.0331	0.170 × 10 ⁻³	1.434 × 10 ⁻⁵	1.09	1.05	1.145 × 10 ⁻³	
170	791.7	897.7	4.119	2050	4370	2490	0.677	0.0347	0.160 × 10 ⁻³	1.468 × 10 ⁻⁵	1.03	1.05	1.178 × 10 ⁻³	
180	1,002.1	887.3	5.153	2015	4410	2590	0.673	0.0364	0.150 × 10 ⁻³	1.502 × 10 ⁻⁵	0.983	1.07	1.210 × 10 ⁻³	
190	1,254.4	876.4	6.388	1979	4460	2710	0.669	0.0382	0.142 × 10 ⁻³	1.537 × 10 ⁻⁵	0.947	1.09	1.280 × 10 ⁻³	
200	1,553.8	864.3	7.852	1941	4500	2840	0.663	0.0401	0.134 × 10 ⁻³	1.571 × 10 ⁻⁵	0.910	1.11	1.350 × 10 ⁻³	
220	2,318	840.3	11.60	1859	4610	3110	0.650	0.0442	0.122 × 10 ⁻³	1.641 × 10 ⁻⁵	0.865	1.15	1.520 × 10 ⁻³	
240	3,344	813.7	16.73	1767	4760	3520	0.632	0.0487	0.111 × 10 ⁻³	1.712 × 10 ⁻⁵	0.836	1.24	1.720 × 10 ⁻³	
260	4,688	783.7	23.69	1663	4970	4070	0.609	0.0540	0.102 × 10 ⁻³	1.788 × 10 ⁻⁵	0.832	1.35	2.000 × 10 ⁻³	
280	6,412	750.8	33.15	1544	5280	4835	0.581	0.0605	0.094 × 10 ⁻³	1.870 × 10 ⁻⁵	0.854	1.49	2.380 × 10 ⁻³	
300	8,581	713.8	46.15	1405	5750	5980	0.548	0.0695	0.086 × 10 ⁻³	1.965 × 10 ⁻⁵	0.902	1.69	2.950 × 10 ⁻³	
320	11,274	667.1	64.57	1239	6540	7900	0.509	0.0836	0.078 × 10 ⁻³	2.084 × 10 ⁻⁵	1.00	1.97		
340	14,586	610.5	92.62	1028	8240	11,870	0.469	0.110	0.070 × 10 ⁻³	2.255 × 10 ⁻⁵	1.23	2.43		
360	18,651	528.3	144.0	720	14,690	25,800	0.427	0.178	0.060 × 10 ⁻³	2.571 × 10 ⁻⁵	2.06	3.73		
374.14	22,090	317.0	317.0	0	—	—	—	—	0.043 × 10 ⁻³	4.313 × 10 ⁻⁵				

Note 1: Kinematic viscosity ν and thermal diffusivity α can be calculated from their definitions, $\nu = \mu/\rho$ and $\alpha = k/\rho c_p = \nu/Pr$. The temperatures 0.01°C, 100°C, and 374.14°C are the triple-, boiling-, and critical-point temperatures of water, respectively. The properties listed above (except the vapor density) can be used at any pressure with negligible error except at temperatures near the critical-point value.

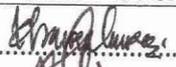
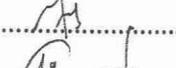
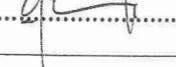
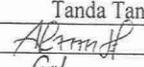
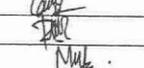
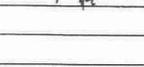
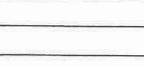
Note 2: The unit kJ/kg·°C for specific heat is equivalent to kJ/kg·K, and the unit W/m·°C for thermal conductivity is equivalent to W/m·K.

Source: Viscosity and thermal conductivity data are from J. V. Sengers and J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), pp. 1291-1322. Other data are obtained from various sources or calculated.

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

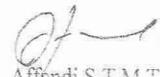
Peserta Seminar

Nama : Jefri Maulana Lubis
 NPM : 1507230246
 Judul Tugas Akhir : Simulasi Numerik Kerugian Energy Pada Sambungan-
 T Pada Pipa.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:	
Pembimbing – II	: Sudirman Lubis.S.T.M.T	:	
Pembanding – I	: H.Muharnif.S.T.M.Sc	:	
Pembanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230155	ANDRIANTO	
2	1507230163	BAYU ANGGARA	
3	1507230120	Rendy Kuswary	
4	1507230139	Mellyanto	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 23 Jum.Akhir 1440 H
 28 Februari 2019 M

Ketua Prodi. T Mesin


 Affandi.S.T.M.T

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

NAMA : Jefri Maulana Lubis
NPM : 1507230246
Judul T.Akhir : Simulasi Numerik kerugian Energy Pada Sambungan T Pada Pipa.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
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 buku skripsi
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 23 Jum.Akhir 1440H
28 Februari 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I


H.Muharnif.S.T.M.Sc

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

NAMA : Jefri Maulana Lubis
NPM : 1507230246
Judul T.Akhir : Simulasi Numerik kerugian Energy Pada Sambungan TPada
Pipa.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
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 buku tugas sarjana
.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 23 Jum.Akhir 1440H
28 Februari 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II


Chandra A Siregar.S.T.M.T

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Simulasi Numerik Kerugian Energy Pada Sambungan T Pada Pipa

Nama : Jefri Maulana Lubis
NPM : 1507230246

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Senin / 7 Januari 2019	- Pembacaan <i>greatly types</i> ke	
2.	Kabu / 9-1-2019	- Pembacaan <i>Batasan masalah</i> ke	
3.	Senin / 14-2-2019	- Pembacaan <i>fungsi masalah</i> ke	
4.	Senin / 11-2-2019	- Pembacaan <i>metode</i> ke	
5.	Kamis / 14-2-2019	- <i>Jawab ke penugasan</i> ke. - Tambahkan <i>daftar pustaka</i> Alhe	
6.	Senin / 18-2-2019	- Buat <i>ketuannya</i> di gambar pada <i>gh</i> . <i>grafis</i>	
7.	Selasa / 19-2-2019	- <i>Ace, selesai</i>	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

1. Nama : JEFRI MAULANA LUBIS
2. JenisKelamin : Laki-Laki
3. Tempat, TanggalLahir : Medan, 29 April 1997
4. Kewarganegaraan : Indonesia
5. Status : BelumMenikah
6. Agama : Islam
7. Alamat : Jl. Karya Gg. Ambarsari No. 4 Medan
8. No. Hp : 085761006265
9. Email : jefrimaulana290497@gmail.com

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

- 2003 – 2009 : SD Negeri 060843
- 2009 – 2012 : SMP Swasta PAB 2 Helvetia
- 2012 – 2015 : SMK Swasta PAB 1 Helvetia
- 2015 – 2019 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara