

# **TUGAS AKHIR**

## **SIMULASI NUMERIK PROFIL ALIRAN DAN PENURUNAN TEKANAN ALIRAN TERHADAP SUDUT BELOKAN PIPA**

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

**Disusun Oleh:**

**BAYU SEPTIAN**  
**1407230270**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bayu Septian  
NPM : 1407230270  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Simulasi Numerik Profil Aliran Dan Penurunan Tekanan Aliran Terhadap Sudut Belokkan 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

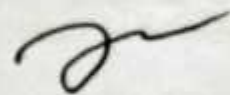
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



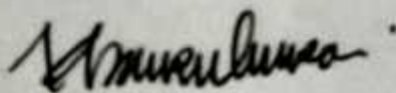
H. Muharnif S.T., M.Sc.

Dosen Penguji II



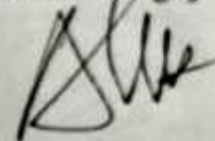
Beki Suroso S.T., M.Eng.

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T.

Dosen Penguji IV



Sudirman Lubis, S.T., M.T.



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Bayu Septian  
Tempat /Tanggal Lahir : Parbutaran, 20 September 1995  
NPM : 1407230270  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

**“Simulasi Numerik Profil Aliran Dan Penurunan Tekanan Aliran Terhadap Sudut Belokan 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 Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 09 Maret 2019  
Saya yang menyatakan,



Bayu Septian

## ABSTRAK

Dalam pendistribusian air sering sekali dipakai sambungan pipa (*fittings*), pipa lengkung, maupun *flange*. Tetapi dalam pendistribusian fluida yang digunakan untuk membelokan arah aliran fluida dipakailah pipa lengkung ataupun *elbow*. Pipa lengkung maupun *elbow* terdiri dari bermacam-macam klasifikasi, tergantung dari radius lengkung, sudut lengkung, maupun ada atau tidaknya tangent (Zainudin et.al,2012). Belokan pipa memiliki nilai *pressure drop* (penurunan tekanan) yang besar dibandingkan dengan pipa lurus karena adanya perubahan geometri dan lintasan yang menyebabkan munculnya pola aliran sehingga terjadi aliran terpisah yang berdampak pada nilai *pressure drop* yang tinggi. Pada dasarnya aliran fluida dalam pipa akan mengalami penurunan tekanan atau *pressure drop* ketika aliran melewati sambungan pipa, belokan, katup, difusor, dan sebagainya. Maka simulasi numerik profil aliran dan penurunan tekanan aliran pada sudut belokan pipa dengan *Flow Simulation Solidworks* ini akan menganalisis perbedaan besar penurunan tekanan (*pressure drop*) tersebut terhadap jari- jari lengkung dan diameter sudut belokan pipa  $90^\circ$ ,  $60^\circ$  dan  $45^\circ$ . dari Hasil analisis didapat nilai penurunan tekanan (*pressure drop*) maksimum tertinggi ada pada sudut belokan pipa  $90^\circ$  yaitu pada Re 10.000 sebesar 41,050 Pa, untuk tekanan maksimum paling rendah Ada pada sudut belokan pipa  $45^\circ$  yaitu sebesar 28,170 Pa. Sedangkan pada sudut  $60^\circ$  yaitu sebesar sebesar 35,220 Pa, tepat berada diantara Sudut  $90^\circ$  dan  $45^\circ$ .

Kata kunci : Simulasi Numerik, profil aliran, Penurunan tekanan aliran, belokan pipa  $90^\circ$ , belokan pipa  $60^\circ$ , belokan pipa  $45^\circ$ .

## **ABSTRACT**

*In the distribution of water often used pipe connections (fittings), curved pipes, and flanges. But in the distribution of fluid that is used to bend the direction of fluid flow is used curved pipe or elbow. Curved or elbow pipes consist of various classifications, depending on the arch radius, the curved angle, or the presence or absence of tangent (Zainudin et.al, 2012). Pipe turns have a large pressure drop compared to a straight pipe because of changes in geometry and trajectory which cause the flow pattern to emerge so that a separate flow occurs which results in a high pressure drop. Basically the flow of fluid in the pipe will experience a decrease in pressure or pressure drop when the flow passes through the pipe joints, turns, valves, diffuses, and so on. Then the numerical simulation of flow profile and reduction in flow pressure at the pipe bend angle with Flow Simulation Solidworks will analyze the difference in the pressure drop with respect to the curved radius and pipe bend angle diameter 90°, 60° and 45°. From the results of the analysis, the highest maximum value of pressure drop is at the angle of pipe bend 90° that is at Re 10,000 of 41,050 Pa, for the lowest maximum pressure there is at the bend angle of pipe 45° which is 28,170 Pa. while at the angle of 60° that is equal to 35,220 Pa, right between the angles of 90° and 45°.*

*Keywords: Numerical simulation, flow profile, flow pressure drop, 90° pipe turn, pipe bend 60°, pipe bend 45°.*

## **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 profil aliran dan penurunan tekanan aliran pada sudut belokan pipa” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Penghargaan dan terimakasih yang setulus – tulusnya kepada Ayahanda tercinta dan Ibunda yang kusayangi yang telah mencurahkan segenap cinta dan kasih kasih sayang serta perhatian moril maupun materil. Semoga Allah selalu melimpahkan Rahmat, Kesehatan, Karunia, dan Keberkahan di dunia dan di akhirat atas budi baik yang telah diberikan kepada penulis.

Banyak juga pihak yang 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.
2. Bapak Sudirman Lubis S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II 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, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Bakti Suroso, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat-sahabat penulis: Rozi, Apip, Dimas, Agus Sani, Tholeb, Iwan, azwar, Roza, Andre, Amin, Ali, Angga, 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

Bayu Septian

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>SURAT PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.4.1. Tujuan Tujuan Umum	3
1.4.2. Tujuan Khusus	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1. Mekanika Fluida	5
2.2. Klasifikasi Aliran Fluida	5
2.2.1. Macam – Macam Aliran Fluida	5
2.2.1.1. Aliran Fluida Berdasarkan Sifat Pergerakannya	5
2.2.1.2. Aliran Fluida Berdasarkan Pengaruh Tekanan Terhadap Volume	7
2.2.1.3. Aliran Fluida Berdasarkan Gaya Yang Terjadi Pada Fluida	7
2.2.2. Bilangan Reynold	8
2.2.3. Rapat Jenis ( <i>Density</i> )	9
2.2.4. Viskositas	9
2.3. Debit Aliran Fluida	10
2.4. Fluida Newtonian dan Non-Newtonian	10
2.5. Persamaan Kontinuitas	11
2.6. Aliran Dalam Saluran Tertutup	12
2.7. Kehilangan Energi ( <i>head loss</i> )	13
2.7.1. <i>Head loss</i> Mayor	13
2.7.2. <i>Head loss</i> Minor	13
2.7.3. Kehilangan Energi (tekanan) Akibat Gesekan Sepanjang Pipa	14
2.7.4. Kehilangan Energi Akibat Sambungan – sambungan Pipa Dan Belokan Pipa	15
2.8. <i>Pressure Drop</i>	15
2.9. Pipa Lengkung	15
2.10. <i>Software Design Engineer 3D</i>	16
2.10.1. <i>Solidworks</i> Dan <i>COSMOS Floworks</i>	16



2.10.2. <i>Templates solidworks</i>	17
2.10.3. <i>COSMOS Floworks</i>	18
2.11. Komputasi Dinamika Fluida	19
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>22</b>
3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian	22
3.1.1. Tempat Penelitian	22
3.1.2. Waktu Penelitian	22
3.2. Alat Dan Bahan	23
3.2.1. Alat	23
3.3. Bagan Alir Penelitian	25
3.4. Perancangan model Dengan <i>Software Solidworks</i> 2014	26
3.5. Proses <i>Flow Simulation</i> Pada Pipa	33
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>45</b>
4.1. Hasil Simulasi	45
4.1.1. Simulasi Pada Aliran Dengan Belokan Pipa 90°	45
4.1.1.1. Re 1000	45
4.1.2. Simulasi Pada Aliran Dengan Belokan Pipa 60°	47
4.1.2.1. Re 1000	47
4.1.3. Simulasi Pada Aliran Dengan Belokan Pipa 45°	49
4.1.3.1. Re 1000	49
4.2. Pembahasan	51
4.2.1. Koefisien Kerugian Pada Sudut Belokan Pipa 90°	51
4.2.3.1. Re 1000	51
4.2.2. Koefisien Kerugian Pada Sudut Belokan Pipa 60°	53
4.2.2.1. Re 1000	53
4.2.3. Koefisien Kerugian Pada Sudut Belokan Pipa 45°	55
4.2.3.1. Re1000	55
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>59</b>
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	59

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## LEMBAR ASISTENSI

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat – sifat air	12
Tabel 2.2	Koefisien Hazen Williams	14
Tabel 3.1	Waktu Dan Pelaksanaan	22
Tabel 4.1	Hasil Simulasi Pada Sudut Belokan Pipa 90°	47
Tabel 4.2	Hasil Simulasi Pada Sudut Belokan Pipa 60°	49
Tabel 4.3	Hasil Simulasi Pada Sudut Belokan Pipa 45°	51
Tabel 4.4	Hasil Nilai Perhitungan Koefisien Kerugian Tekanan Aliran (k)	53
Tabel 4.5	Hasil Nilai Perhitungan P Pada Sudut Belokan Pipa 90°	53
Tabel 4.6	Hasil Nilai Perhitungan Koefisien Kerugian Tekanan Aliran (k)	54
Tabel 4.7	Hasil Nilai Perhitungan P Pada Sudut Belokan Pipa 60°	54
Tabel 4.8	Hasil Nilai Perhitungan Koefisien Kerugian Tekanan Aliran (k)	56
Tabel 4.6	Hasil Nilai Perhitungan P Pada Sudut Belokan 45°	56

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Aliran Seragam ( <i>uniform flow</i> )	6
Gambar 2.2	Aliran Seragam ( <i>non uniform flow</i> )	6
Gambar 2.3	Aliran Laminar	7
Gambar 2.4	Aliran Turbulen	8
Gambar 2.5	Aliran Transisi	8
Gambar 2.6	Diagram Rheologi	11
Gambar 2.7	Bentuk Belokan Patah Pipa	14
Gambar 2.8	Pipa Lengkung	16
Gambar 2.9	Tampilan Awal Solidworks	16
Gambar 2.10	Tampilan <i>Template Solidworks</i>	17
Gambar 2.11	Tampilan Jendela <i>Solidworks</i>	18
Gambar 3.1	Komputer Laboratorium Fakultas Teknik	23
Gambar 3.2	Perangkat Lunak <i>Solidworks</i> 2014	24
Gambar 3.3	Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3.4	Tampilan Awal <i>Solidworks</i> 2014	26
Gambar 3.5	Menentukan <i>plane</i> Perancangan	26
Gambar 3.6	Gambar Pipa Sudut 90° (Tampak Atas)	27
Gambar 3.7	Gambar Pipa Sudut 90° (Tampak Depan)	27
Gambar 3.8	Gambar Pipa Sudut 45° (Tampak Atas)	28
Gambar 3.9	Gambar Pipa Sudut 45° (Tampak Depan)	28
Gambar 3.10	Gambar Pipa Sudut 60° (Tampak Atas)	29
Gambar 3.11	Gambar Pipa Sudut 60° (Tampak Depan)	29
Gambar 3.12	Desain Pipa Sudut 90° Setelah Di Revolved Boss/Base (Tampak Atas)	30
Gambar 3.13	Desain Pipa Sudut 90° Setelah Di Revolved Boss/Base (Tampak Depan)	30
Gambar 3.14	Desain Pipa Sudut 45° Setelah Di Revolved Boss/Base (Tampak Atas)	31
Gambar 3.15	Desain Pipa Sudut 45° Setelah Di Revolved Boss/Base (Tampak Depan)	31
Gambar 3.16	Desain Pipa Sudut 60° Setelah Di Revolved Boss/Base (Tampak Atas)	32
Gambar 3.17	Desain Pipa Sudut 45° Setelah Di Revolved Boss/Base (Tampak Depan)	32
Gambar 3.18	Model desain Pipa 90° Yang akan dilakukan Proses <i>Flow Simulation analysis</i>	33
Gambar 3.19	Model desain Pipa 45° Yang akan dilakukan Proses <i>Flow Simulation analysis</i>	33
Gambar 3.20	Model desain Pipa 45° Yang akan dilakukan Proses <i>Flow Simulation analysis</i>	34
Gambar 3.21	Menentukan <i>Projeck kongfigurations</i>	34
Gambar 3.22	Menentukan <i>Unit System</i>	35
Gambar 3.23	Menentukan <i>Analysis Type</i>	35
Gambar 3.24	Menentukan <i>Default Fluid</i>	36
Gambar 3.25	Menentukan <i>Initial condition</i>	36

Gambar 3.26	Menentukan <i>Result and Geometry Resolution</i>	37
Gambar 3.27	Menentukan <i>Flow simulations analysis tree</i> Pada Pipa Sudut 90°	37
Gambar 3.28	Menentukan <i>Flow simulations analysis tree</i> Pada Pipa Sudut 45°	38
Gambar 3.29	Menentukan <i>Flow simulations analysis tree</i> Pada Pipa Sudut 60°	38
Gambar 3.30	Menentukan <i>Fluid Subdomain</i> Pada Pipa sudut 90°	39
Gambar 3.31	Menentukan <i>Fluid Subdomain</i> Pada Pipa sudut 45°	39
Gambar 3.32	Menentukan <i>Fluid Subdomain</i> Pada Pipa sudut 60°	40
Gambar 3.33	Proses <i>Run</i>	40
Gambar 3.34	Hasil data <i>Run</i>	41
Gambar 3.35	Menentukan <i>Goal Plots</i>	41
Gambar 3.36	Hasil <i>Flow Simulations Velocity</i> Pipa Sudut 90°	42
Gambar 3.37	Hasil <i>Flow Simulations Pressure</i> Pipa Sudut 90°	42
Gambar 3.38	Hasil <i>Flow Simulations Velocity</i> Pipa Sudut 45°	43
Gambar 3.39	Hasil <i>Flow Simulations Pressure</i> Pipa Sudut 45°	43
Gambar 3.40	Hasil <i>Flow Simulations Velocity</i> Pipa Sudut 60°	44
Gambar 3.41	Hasil <i>Flow Simulations Pressure</i> Pipa Sudut 60°	44
Gambar 4.1	Visualisasi Profil aliran hasil simulasi berupa Tekanan ( <i>Pressure</i> ) Pada Re 1000 Sudut Pipa 90°	46
Gambar 4.2	Visualisasi Profil aliran hasil simulasi berupa Tekanan ( <i>Velocity</i> ) Pada Re 1000 Sudut Pipa 90°	46
Gambar 4.3	Visualisasi Profil aliran hasil simulasi berupa Tekanan ( <i>Pressure</i> ) Pada Re 1000 Sudut Pipa 60°	48
Gambar 4.4	Visualisasi Profil aliran hasil simulasi berupa Tekanan ( <i>Velocity</i> ) Pada Re 2000 Sudut Pipa 60°	48
Gambar 4.5	Visualisasi Profil aliran hasil simulasi berupa Tekanan ( <i>Pressure</i> ) Pada Re 1000 Sudut Pipa 45°	50
Gambar 4.6	Visualisasi Profil aliran hasil simulasi berupa Tekanan ( <i>Velocity</i> ) Pada Re 1000 Sudut Pipa 45°	50
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Reynold (Re) Terhadap Koefisien kerugian (k) Pada Sudut Pipa 90, 60° dan 45°	57
Gambar 4.8	Grafik Perbandingan Nilai Bilangan Reynold Terhadap <i>Pressure Drop</i> ( P ) Pada Sudut Pipa 90, 60° dan 45°	58

## DAFTAR NOTASI

No.	Simbol	Keterangan	Satuan
1	$\rho$	Massa jenis fluida	$\text{kg/mg}^3$
2	$m$	Massa	kg
3	$V$	Volume	$\text{m}^3$
4	$g$	Percepatan gravitasi bumi	$\text{m/s}^2$
5	$P$	Tekanan	Pa ( $\text{N/m}^2$ )
6	$F$	Gaya	kg
7	$A$	Luas penampang	$\text{m}^2$
8	$\mu$	Viskositas dinamik	$\text{kg/m.s}$
9		Viskositas kinematik	$\text{m}^2/\text{s}$
10		Tegangan geser	$\text{kg/m}^2$
11	$y$	Ketinggian fluida	m
12	$Y$	Berat jenis	$\text{N/m}^3$
13	$Q$	Debit	$\text{m}^3/\text{s}$
14	$v$	Kecepatan fluida	$\text{m/s}$
15	$t$	Waktu	s
16	$H$	Head loss	m
17		Sudut belokan	derajat
18	$D$	Diameter pipa	m
19	$k$	Koefisien kerugian	
20	$Re$	Bilangan reynold	
21	$d$	Diameter dalam	m
22	$\Delta P$	Pressure drop	Pa ( $\text{N/m}^2$ )
23	$z$	Tinggi permukaan	m
24	$f$	Faktor kerugian	



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan pipa banyak digunakan secara umum, baik perusahaan-perusahaan sebagai pendistribusian air minum, minyak maupun gas bumi. Demikian juga dengan kebutuhan air pada rumah tangga, penggunaan pipa ini paling banyak digunakan baik untuk penyaluran air bersih maupun sanitasi. dikarenakan pipa merupakan sarana pendistribusian fluida yang murah, memiliki berbagai ukuran dan bentuk penampang. Baik berpenampang lingkaran maupun kotak. Material pipa bermacam-macam, yaitu baja, plastik, PVC, tembaga, kuningan, acrylic, dan lain sebagainya.

Pada dunia industri tentunya efisiensi dan kualitas produk yang dihasilkan akan mempunyai nilai lebih, karena dengan efisiensi produk yang tinggi maka biaya yang diperlukan dapat ditekan dan harga jual produk lebih kompetitif. Dan salah satu teknologi yang berguna untuk meningkatkan efisiensi yang tinggi adalah dalam penggunaan pipa dalam pendistribusian fluida cair untuk proses produksi dan kebutuhan air minum, dan lain sebagainya.

Kebutuhan air yang harus dipenuhi akan menentukan tipe dan ukuran sistem distribusi jaringan pipa yang di inginkan. Bila tekanan rendah maka akan menimbulkan masalah dalam pendistribusian jaringan pipa. Namun bila tekanan terlalu besar akan menyebabkan kehilangan energy.

Fluida, terutama air dan gas merupakan zat yang tidak bisa lepas dalam kehidupan kita sehari – hari, dimanapun kita berada. Fenomena–fenomena dalam fluida dan pendistribusiannya dapat dipelajari dalam ilmu fisika atau secara spesifik dapat di alami dalam ilmu mekanika fluida dan perpipaan (Wendy Negara,2007).

Dan dalam pendistribusian air tersebut sering sekali dipakai sambungan pipa (*fittings*), pipa lengkung, maupun flange. Tetapi dalam pendistribusian fluida yang digunakan untuk membelokan arah aliran fluida dipakailah pipa lengkung ataupun *elbow*. Pipa lengkung maupun *elbow* terdiri dari bermacam-macam klasifikasi, tergantung dari radius lengkung, sudut lengkung, maupun ada atau tidaknya tangent (Zainudin et.al,2012).

Belokan pipa memiliki nilai *pressure drop* (penurunan tekanan) yang besar dibandingkan dengan pipa lurus karena adanya perubahan geometri dan lintasan yang menyebabkan munculnya pola aliran sehingga terjadi aliran terpisah yang berdampak pada nilai *pressure drop* yang tinggi (Arif Yunizar Nugraha et.al, 2014).. Fokus dari penelitian ini adalah pada pola aliran (profil aliran) akibat perubahan geometri sudut belokan pipa yang disebabkan dari perubahan lintasan aliran fluida.

Untuk mengetahui profil aliran dan penurunan tekanan (*pressure drop*) yang terjadi pada sudut belokan pipa, maka dari itu penelitian ini mengangkat sebuah judul “simulasi numerik profil aliran dan penurunan tekanan aliran pada sudut belokan pipa” yang bertujuan untuk mengetahui profil aliran dan penurunan tekanan secara simulasi komputatif dan verifikasi visualisasi dengan bantuan *software design engineering 3D*.

## 1.2 Perumusan Masalah

Sesuai dari latar belakang diatas maka rumusan masalah pada tugas akhir sarjana adalah Seberapa besar pengaruh sudut belokan pipa terhadap penurunan tekanan aliran (*pressure drop*) ?

## 1.3 Ruang Lingkup

Karena luasnya permasalahan, penulis merasa perlu untuk membatasi masalah yang akan dibahas dalam laporan ini, mengingat keterbatasan waktu, tempat, kemampuan dan pengalaman.

Adapun beberapa Variabel Penelitian yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ukuran pipa yang digunakan adalah 50,8 mm dengan diameter dalam pipa 50 mm dan diameter luar pipa 60.32 mm.
2. Sudut bengkakan pipa yang digunakan pada penelitian ini sebesar 45°, 60° dan 90°.
3. Simulasi yang akan dilakukan hanya meliputi profil aliran dan penurunan tekanan aliran (*pressure drop*).
4. Change Bilangan Reynold adalah 1000 – 10.000
5. Fluida yang digunakan adalah fluida cair (air).



## 1.4 Tujuan Penelitian

### 1.4.1. Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah simulasi numerik yang terjadi pada aliran dalam pipa secara obyektif.

### 1.4.2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini meliputi:

- 1) Untuk mengetahui profil aliran dalam pipa.
- 2) Untuk mengetahui penurunan tekanan aliran pada bengkokan pipa
- 3) Membuat permodelan simulasi profil aliran dan penurunan tekanan aliran pada sudut bengkokan pipa.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan model simulasi numerik yang valid terhadap sistem yang melibatkan pada kasus laju aliran yang pada sudut belokan pipa.
2. Mengetahui pola aliran fluida pada kasus laju aliran yang melalui sudut belokan pipa pipa.
3. Dapat dijadikan salah satu referensi baru (simulasi) mengenai analisis aliran fluida didalam pipa menggunakan sistem komputerisasi (*software design engineering 3D*).
4. Dapat mendukung desain yang optimal pada sistem perpipaan guna mendapatkan distribusi aliran fluida yang sangat baik.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan laporan skripsi ini dibagi dalam 5 (lima) bab yang terdiri dari :

### BAB 1 : PENDAHULUAN

Merupakan pendahuluan yang secara umum memberikan gambaran tentang hal-hal yang melatarbelakangi penelitian ini dilaksanakan, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan.

### BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisi tentang landasan teori yang diperoleh dari literatur untuk mendukung pengujian.

### **BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam bab ini berisi tentang metode penelitian, tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, variabel penelitian, prosedur pengujian, dan diagram alir pengujian.

### **BAB 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini berisi tentang data hasil pengujian, perhitungan, dan analisa terhadap data hasil pengujian.

### **BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bagian terakhir ini akan memaparkan hal-hal yang dapat disimpulkan berdasarkan pembahasan sebelumnya beserta saran-saran yang sekiranya dapat diberikan untuk perbaikan dikemudian hari.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Mekanika Fluida

Mekanika fluida merupakan ilmu yang mempelajari keseimbangan dan gerakan zat cair maupun gas, serta gaya tarik dengan benda-benda disekitarnya atau yang dilalui saat mengalir. Fluida dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu zat cair dan gas. Perbedaan antara keduanya juga bersifat teknis, yaitu berhubungan dengan akibat gaya kohesif. Zat cair terdiri atas molekul-molekul tetap dan rapat dengan gaya kohesif yang relatif kuat, sehingga cenderung mempertahankan volumenya dan akan membentuk permukaan bebas yang rata dalam medan gravitasi. Sebaliknya gas, karena terdiri dari molekul-molekul yang tidak rapat dengan gaya kohesif yang cukup kecil (dapat diabaikan).

Sehingga volume gas dapat memuai dengan bebas dan terus berubah. Secara mekanis, sebuah fluida adalah suatu substansi yang tidak mampu menahan tekanan tangensial. Hal ini menyebabkan fluida pada keadaan diamnya berbentuk mengikuti bentuk wadahnya. Istilah fluida sendiri di dalam mekanika fluida adalah zat yang akan berdeformasi terus menerus selama dipengaruhi oleh tegangan geser. Tegangan geser terjadi apabila ada gaya tangensial pada sebuah permukaan. Secara umum fluida dibagi dua, yaitu fluida statik dan fluida dinamik. Fluida statik adalah fluida yang diam atau tegangan gesernya nol, atau tidak bergerak, sedangkan fluida dinamik adalah fluida yang bergerak atau tegangan gesernya tidak nol (Wendy Priana Negara, 2007).

#### 2.2. Klasifikasi Aliran Fluida

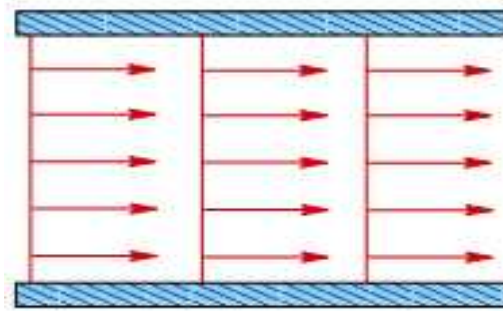
##### 2.2.1. Macam – Macam Aliran Fluida

Aliran fluida terbagi berdasarkan beberapa kategori, diantaranya adalah :

##### 2.2.1.1. Aliran Fluida Berdasarkan Sifat Pergerakannya

###### 1. Aliran Seragam (*Uniform Flow*)

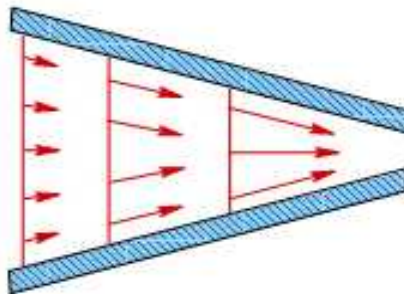
Aliran seragam (*uniform flow*) merupakan aliran fluid yang terjadi dimana besar dan arah dari vector-vektor kecepatan konstan dari suatu titik ketitik selanjutnya pada aliran fluida tersebut.



Gambar 2.1 Aliran Seragam (*Uniform Flow*) (Surendro et.al,2010).

## 2. Aliran Tak Seragam (*Non Uniform flow*)

Aliran Tak Seragam (*Non Uniform flow*) merupakan aliran yang terjadi dimana besar dan arah vektor-vektor kecepatan fluida selalu berubah terhadap lintasan aliran fluida tersebut, hal ini terjadi apabila luas penampang medium fluida juga berubah.



Gambar 2.2 Aliran Seragam (*Uniform Flow*) (Surendro et.al,2010).

## 3. Aliran Yang Stabil (*Steady Flow*)

Aliran Yang Stabil (*Steady Flow*) Merupakan aliran yang terjadi apabila kecepatannya tidak dipengaruhi oleh waktu, sehingga kecepatannya konstan pada setiap titik pada aliran tersebut.

#### 4. Aliran Tak Stabil (*Non steady flow*)

Aliran Tak Stabil (*Non steady flow*) Merupakan aliran yang terjadi apabila ada suatu perubahan kecepatan aliran tersebut terhadap perubahan waktu.

##### 2.2.1.2. Aliran Fluida Berdasarkan Pengaruh Tekanan Terhadap Volume.

###### 1. Fluida Tak Termampatkan (*incompressible*)

Pada kondisi ini fluida tidak mengalami perubahan dengan adanya perubahan tekanan, sehingga fluida tak termampatkan.

###### 2. Fluida Termampatkan (*compressible*)

Pada keadaan ini, fluida mengalami perubahan volume dengan adanya perubahan tekanan, sehingga fluida ini secara umum disebut fluida termampatkan.

##### 2.2.1.3. Aliran Fluida Berdasarkan Gaya Yang Terjadi Pada Fluida

###### 1. Aliran Laminar

Aliran laminar merupakan Aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan – lapisan, atau lamina –lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar . Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecendrungan terjadinya gerakan relative antara lapisan.



Gambar 2.3 Aliran Laminar (Waspodo,2008)

###### 2. Aliran Turbulen

Aliran Turbulen merupakan 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 kebagian fluida yang lain

dalam skala yang besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian – kerugian aliran.



Gambar 2.4 Aliran Turbulen (Waspodo,2008)

### 3. Aliran Transisi

Aliran Transisi merupakan aliran peralihan antara aliran laminar dan aliran turbulen.



Gambar 2.5 Aliran Laminar (Waspodo,2008)

#### 2.2.2. Bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds aliran digunakan untuk menunjukkan sifat utama aliran, yaitu apakah aliran adalah laminar, turbulen, atau transisi serta letaknya pada skala yang menunjukkan pentingnya secara relatif kecenderungan turbulen berbanding dengan laminar.

$$Re = \frac{V \cdot \rho}{\mu} \quad (2.1)$$

Pada fluida air, suatu aliran diklasifikasikan laminar apabila aliran tersebut mempunyai bilangan Reynolds (Re) kurang dari 2300. Untuk aliran transisi berada pada bilangan  $2300 < Re < 4000$ , disebut juga sebagai bilangan

Reynolds kritis. Sedangkan untuk aliran turbulen mempunyai bilangan Reynolds lebih dari 4000.

### 2.2.3. Rapat Jenis (*Density*)

Rapat jenis atau density ( $\rho$ ) adalah ukuran konsentrasi suatu zat dan dinyatakan dalam satuan massa per satuan volume. Sifat ini ditentukan dengan cara menghitung ratio massa zat yang terkandung dalam suatu bagian tertentu terhadap volume bagian tersebut. Hubungannya dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\rho = \frac{d}{a} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (2.2)$$

Besar nilai rapat jenis dipengaruhi oleh temperatur, semakin tinggi temperatur maka kerapatan fluida akan berkurang dikarenakan gaya kohesi dari molekul- molekul fluida menjadi berkurang.

### 2.2.4 Viskositas

Viskositas fluida adalah ukuran ketahanan suatu fluida terhadap deformasi atau perubahan bentuk. Viskositas dipengaruhi oleh temperatur, tekanan, kohesi dan laju perpindahan momentum molekulnya. 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 dibedakan atas dua macam, yaitu :

#### 1. Viskositas kinematic

Viskositas kinematik, adalah perbandingan antara viskositas mutlak terhadap rapat jenis / density.

$$V = \frac{\mu}{\rho} \text{ (m}^2\text{/s)} \quad (2.3)$$

## 2. Viskositas Dinamik (mutlak)

Viskositas dinamik atau viskositas mutlak mempunyai nilai sama dengan hukum viskositas Newton.

$$\mu = \frac{\tau}{d / d} \quad (\text{kg/m.s}) \quad (2.4)$$

### 2.3. Debit Aliran Fluida

Debit aliran fluida merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan aliran fluida, yaitu sebagai berikut :

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.5)$$

Kemudian dari persamaan kontinuitas akan didapat :

$$Q = AV, \text{ dimana } A = \frac{1}{4} D^2 \quad (2.6)$$

Maka kecepatan aliran dalam suatu penampang adalah :

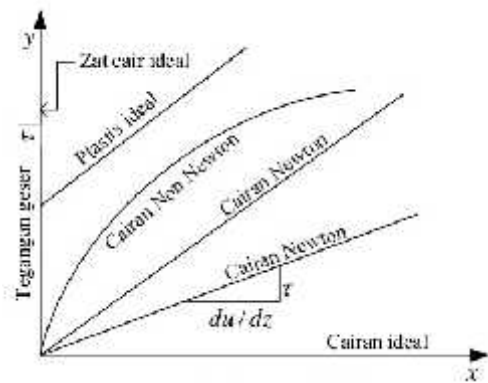
$$V = \frac{Q}{A}$$
$$V = \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi^2} \quad (2.7)$$

### 2.4. Fluida Newtonian dan Fluida Non-Newtonian

Fluida berdasarkan tegangan geser yang dihasilkan dibagi menjadi dua macam yaitu fluida Newtonian dan fluida Non-Newtonian. Fluida Newtonian merupakan fluida yang memiliki hubungan linear antara *rate of share* dan besarnya tegangan geser yang terjadi pada permukaan dinding pipa dan laju perubahan bentuk yang terjadi. Dapat diartikan bahwa viskositas dinamik fluida konstan. Sedangkan fluida Non-Newtonian merupakan fluida yang memiliki hubungan tidak linear antara tegangan geser yang terjadi dan laju perubahan bentuknya. Umumnya zat cair yang encer dan gas merupakan jenis fluida yang bersifat Newtonian, sedangkan suatu zat hidrokarbon yang berantai panjang dan kental bersifat Non-Newtonian. Sementara suatu zat tiksotropik mempunyai



viskositas yang tergantung pada perubahan zat langsung sebelumnya dan memiliki kecenderungan mengental apabila fluida tersebut diam, contohnya adalah tinta cetak. Lalu plastik ideal merupakan hubungan tegangan geser tertentu dan hubungan linear yang konstan antara tegangan geser dan laju perubahan bentuk.



Gambar 2.6 Diagram Rheologi (Wendy Priana Negara,2007)

## 2.5. Persamaan Kontinuitas

Prinsip dasar persamaan kontinuitas adalah massa tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, dimana massa dalam suatu sistem yang konstan dapat dinyatakan dengan rumus :

$$\rho AV = m = \text{konstan} \quad (2.8)$$

Jika aliran fluida bersifat incompressible dan steady flow, maka persamaan menjadi :

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2 \quad (2.9)$$

## 2.9. Persamaan Bernouli

$$\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz = \text{Konstan} \quad (2.10)$$

Tabel 2.1 Sifat – Sifat Air (Wendy Priana Negara,2007)

Temp °C	Kerapatan $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Viscositas dinamis $\mu$ (m <sup>2</sup> /det)	Viscositas kinematis $\nu$ (m <sup>2</sup> /det)	Tegangan permukaan $\tau$ (N/m)	Modulus elastisitas K (N/m <sup>2</sup> )
0	999,87	1,787x10 <sup>-3</sup>	1,787x10 <sup>-6</sup>	0,0757	1,98x10 <sup>9</sup>
1	999,93	1,728 x10 <sup>-3</sup>	1,728 x10 <sup>-6</sup>	0,0755	
2	999,97	1,671 x10 <sup>-3</sup>	1,671 x10 <sup>-6</sup>	0,0753	
3	999,99	1,618 x10 <sup>-3</sup>	1,618 x10 <sup>-6</sup>	0,751	
4	1000	1,567 x10 <sup>-3</sup>	1,567 x10 <sup>-6</sup>	0,0749	
5	999,99	1,519 x10 <sup>-3</sup>	1,159 x10 <sup>-6</sup>	0,0748	2,03x10 <sup>9</sup>
6	999,97	1,472 x10 <sup>-3</sup>	1,472 x10 <sup>-6</sup>	0,0747	
8	999,88	1,386 x10 <sup>-3</sup>	1,386 x10 <sup>-6</sup>	0,0745	
10	999,73	1,307 x10 <sup>-3</sup>	1,307 x10 <sup>-6</sup>	0,0742	2,09x10 <sup>9</sup>
12	999,52	1,234 x10 <sup>-3</sup>	1,235 x10 <sup>-6</sup>	0,0740	
14	999,27	1,168 x10 <sup>-3</sup>	1,169 x10 <sup>-6</sup>	0,0737	2,14x10 <sup>9</sup>
16	998,97	1,108 x10 <sup>-3</sup>	1,109 x10 <sup>-6</sup>	0,0734	

Temp °C	Kerapatan $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Viscositas dinamis $\mu$ [kg/m det]	Viscositas kinematis $\nu$ (m <sup>2</sup> /det)	Tegangan permukaan $\tau$ (N/m)	Tinggi tekanan uap $p_v/\gamma$ [m]	Modulus elastisitas K (N/m <sup>2</sup> )
18	998,62	1,052 x10 <sup>-3</sup>	1,052 x10 <sup>-6</sup>	0,0730		
20	998,23	1,000 x10 <sup>-3</sup>	1,002 x10 <sup>-6</sup>	0,0728	0.25	2,19x10 <sup>9</sup>
25	997,08	0,887 x10 <sup>-3</sup>	0,890 x10 <sup>-6</sup>	0,0720	0.33	
30	995,68	0,795 x10 <sup>-3</sup>	0,798 x10 <sup>-6</sup>	0,0712	0.44	2,25x10 <sup>9</sup>
35	994,06	0,715 x10 <sup>-3</sup>	0,719 x10 <sup>-6</sup>	0,0704	0.58	
40	992,25	0,648 x10 <sup>-3</sup>	0,653 x10 <sup>-6</sup>	0,0696	0.76	2,26x10 <sup>9</sup>
45	990,25	0,590 x10 <sup>-3</sup>	0,596 x10 <sup>-6</sup>	0,0689	0.98	
50	988,07	0,540 x10 <sup>-3</sup>	0,547 x10 <sup>-6</sup>	0,0680	1.26	2,26 x10 <sup>9</sup>
60	983,24	0,459 x10 <sup>-3</sup>	0,467 x10 <sup>-6</sup>	0,0661	2.03	2,25 x10 <sup>9</sup>
70	977,81	0,395 x10 <sup>-3</sup>	0,404 x10 <sup>-6</sup>	0,0643	3.20	2,22 x10 <sup>9</sup>
80	971,83	0,345 x10 <sup>-3</sup>	0,355 x10 <sup>-6</sup>	0,0626	4.86	2,17 x10 <sup>9</sup>
90	965,34	0,304 x10 <sup>-3</sup>	0,315 x10 <sup>-6</sup>	0,0607	7.18	
100	958,38	0,270 x10 <sup>-3</sup>	0,282 x10 <sup>-6</sup>	0,0589	10.33	

## 2.6. Aliran Dalam Saluran Tertutup

Saluran tertutup atau saluran pipa biasanya digunakan untuk mengalirkan fluida di bawah tekanan atmosfer (tampang aliran penuh), karena apabila tekanan di dalam pipa sama dengan tekanan atmosfer (zat cair di dalam pipa tidak penuh), maka aliran termasuk dalam pengaliran terbuka. Fluida yang dialirkan melalui pipa bisa berupa zat cair atau gas dan tekanan bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Tekanan atmosfer adalah tekanan dipermukaan zat cair di sepanjang saluran terbuka. Pada pipa yang alirannya tidak penuh dan masih

ada rongga yang berisi udara maka sifat dan karakteristik alirannya sama dengan aliran pada saluran terbuka. Untuk aliran tidak mampu mampat (*incompressible*) dan *steady* di dalam pipa, dinyatakan dalam kerugian tinggi tekan. Untuk perhitungan dalam pipa umumnya dipakai persamaan Darcy Weisbach. Persamaan Darcy Weisbach adalah sebagai berikut :

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (\text{m}) \quad (2.11)$$

### 2.7. Kehilangan Energi (*head Loss*)

Adanya kekentalan pada fluida akan menyebabkan terjadinya tegangan geser pada waktu bergerak. Tegangan geser ini akan merubah sebagian energi aliran menjadi bentuk energi lain seperti panas, suara dan sebagainya. Pengubahan bentuk energi tersebut menyebabkan terjadinya kehilangan energi. Secara umum *head loss* dibagi menjadi dua macam, yaitu :

#### 2.7.1. *Head Loss* Mayor.

*Head loss* mayor , terjadi akibat adanya ke kentalan zat cair dan turbulensi karena adanya kekasaran dinding batas pipa dan akan menimbulkan gaya gesek yang akan menyebabkan kehilangan energi di sepanjang pipa dengan diameter konstan pada aliran seragam. Kehilangan energi sepanjang satu satuan panjang akan konstan selama kekasaran dan diameter tidak berubah.

#### 2.7.2. *Head loss* Minor

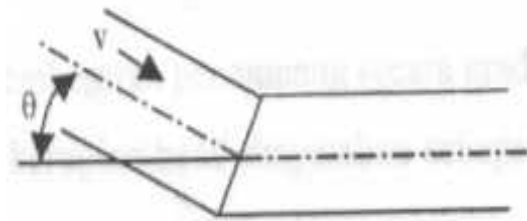
*Head* aksesoris lainnya *loss* minor kehilangan energi akibat perubahan penampang dan a. Misalnya terjadi pada perubahan arah seperti pembelokan (*elbow*), bengkakan (*bends*), pembesaran tampang (*expansion*), serta pengecilan penampang (*contraction*). Kehilangan energi sekunder atau *head loss minor* ini akan mengakibatkan adanya tumbukan antara partikel zat cair dan meningkatnya gesekan karena turbulensi serta tidak seragamnya distribusi kecepatan pada suatu penampang pipa. Adanya lapisan batas terpisah dari dinding pipa maka akan terjadi olakan atau pusaran air. Adanya olakan ini akan mengganggu pola aliran laminar sehingga akan menaikkan tingkat turbulensi. Dalam mencari nilai *Had Loss*, nilai dari factor gesek juga diperlukan. Persamaan untuk mencari faktor gesek (*f*) adalah sebagai berikut :

1. Aliran Turbulen

$$F = \frac{0.3}{R^{1/4}} \quad (2.12)$$

2. Aliran Laminar.

$$F = \frac{6}{N_R} \quad (2.13)$$



Gambar 2.7 Bentuk belokan patah pipa (Sularso, Haruo Tahara,2000)

2.7.3. Kehilangan Energi (tekanan) Akibat Gesekan Sepanjang Pipa

Berdasarkan penelitian (Hazen William Chezhy) :

$$hf = \frac{1.49}{C^{1.49}} \times \frac{L}{D^{4.9}} \times Q^{1.49} \quad (2.14)$$

hf dapat juga didekati dengan rumus :

$$hf = 0.0826 \times C \times \frac{L}{D^5} \times Q^2 \quad (2.15)$$

Tabel 2.2 koefisien Hazen Williams (Wendy Priana Negara,2007)

NILAI KOFISIEN KEHALUSAN (C)	JENIS PIPA
130	Pipa besi cor, baru
100	Pipa besi cor, tua
120 – 130	Pipa baja, baru
80 – 100	Pipa baja, tua
130 – 140	Pipa dengan lapisan semen
130 – 140	Pipa dengan lapisan asphalt
140 – 150	Pipa PVC
110 – 120	Pipa besi galvanis

120 – 130	Pipa beton (baru, bersih)
105 – 110	Pipa beton (lama)
135 – 140	Alumunium
70 – 90	Pipa bambu (betung, wulung, tali)

#### 2.7.4. Kehilangan Energi Akibat Sambungan – sambungan Pipa Dan Belokan Pipa.

Berdasarkan rumus darey weisbach :

$$hf = K \frac{V^2}{2g} \text{ atau}$$

$$hf = 0.051KV^2 \quad (2.16)$$

#### 2.8. Pressure Drop

*Pressure drop* adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan penurunan tekanan dari satu titik di dalam pipa atau aliaran air. "Penurunan Tekanan" adalah hasil dari gaya gesek pada fluida seperti yang mengalir melalui tabung. Gaya gesek disebabkan oleh resistensi terhadap aliran. Faktor utama yang mempengaruhi resistensi terhadap aliran fluida adalah kecepatan fluida melalui pipa dan viskositas fluida. Aliran cairan atau gas selalu akan mengalir ke arah perlawanan sedikit (kurang tekanan). Pada aliran satu fase, *pressure drop* dipengaruhi oleh Reynold number yang merupakan fungsi dari viskositas, densitas fluida dan diameter pipa.

Secara matematis *pressure drop* pada pipa horizontal adalah sebagai berikut:

$$p = .g. h \quad (2.17)$$

#### 2.9. Pipa Lengkung

Pipa lengkung merupakan suatu jenis pipa yang dipasang untuk merubah arah aliran. Perubahan arah aliran ini bisa dalam bentuk sudut 45° ataupun 90°. Pipa lengkung juga ada dalam bentuk *short* radius ataupun *long* radius. Secara umum pipa lengkung atau *bend pipe* ini mempunyai berbagai macam ukuran standart dan juga terbuat dari beberapa tipe material yaitu *steel*, *cast carbon steel*, *plastic (PVC)*, kuningan, tembaga, dan lain, sebagainya. Penggunaan pipa

lengkung ini hampir selalu ada dalam suatu sistem perpipaan dikarenakan fungsinya sebagai alat untuk mengubah arah aliran. Penyambungan pipa-pipa dengan pipa lengkung ini ada dalam beberapa cara yaitu penyambungan menggunakan ulir, pengelasan, perekat untuk jenis pipa PVC dan penyambung menggunakan flens.



Gambar 2.8 Pipa lengkung (Wendy Priana Negara,2007)

## 2.10. *Software Design Engineering 3D*

### 2.10.1. *SolidWorks Dan COSMOS Floworks*

SolidWorks adalah software CAD 3D yang dikembangkan oleh SolidWorks *Coorporation* yang sekarang sudah diakuisisi oleh Dassault Systems. SolidWorks dalam penggambaran model 3D menyediakan *feature-based, parametric solid modeling*. *Feature-based* dan *parametric* ini yang akan sangat mempermudah bagi *user*nya dalam membuat model 3D.



Gambar 2.9 Tampilan Awal Solidworks

### 2.10.2. *Templates SolidWorks*

*SolidWorks* menyediakan 3 *templates* utama yaitu:

1. *Part*.

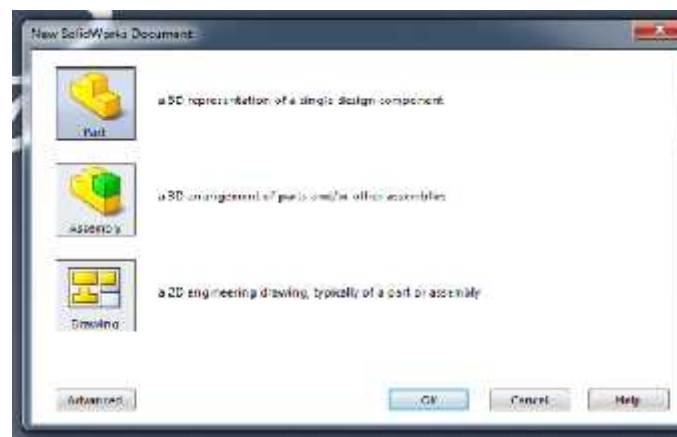
*Part* Adalah sebuah objek 3D yang terbentuk dari *feature – feature*. *part* bisa menjadi sebuah komponen pada suatu *assembly*, dan juga bisa digambarkan dalam bentukan 2D pada sebuah *drawing*. *Feature* adalah bentukan dan operasi – operasi yang membentuk *part*. *Base feature* merupakan *feature* yang pertama kali dibuat. *Extension file* untuk *part SolidWorks* adalah *.SLDPRT*.

2. *Assembly*

*Assembly* Adalah sebuah dokumen dimana *parts*, *feature* dan *assembly* lain /(*Sub Assembly*) dipasangkan / disatukan bersama. *Extension file* untuk *SolidWorks Assembly* adalah *SLDASM*.

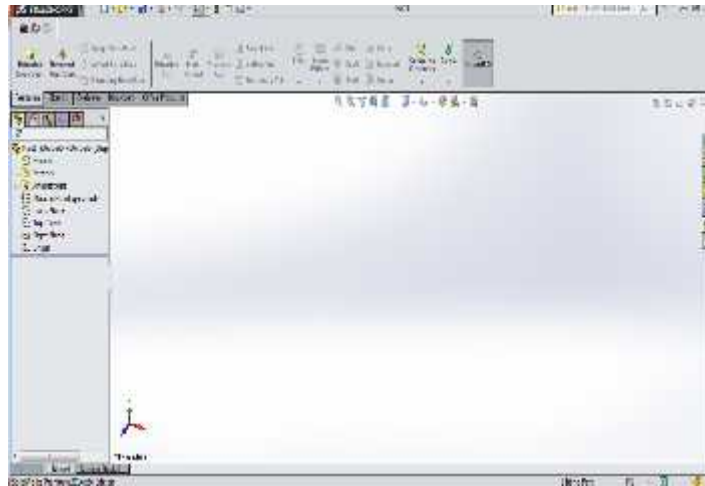
3. *Drawing*.

*Drawing* Adalah *templates* yang digunakan untuk membuat gambar kerja *2D engineering Drawing* dari *single component* (*part*) maupun *Assembly* yang sudah kita buat. *Extension file* Untuk *SolidWorks Drawing* adalah *.SLDDRW*.



Gambar 2.10 Tampilan *Template solidworks*

Karena *SolidWorks* adalah *software design* yang berbasis parametrik maka antara ke 3 *templates* diatas saling berhubungan. Maka ketika suatu *part* diubah maka *part* tersebut akan secara otomatis berubah di *assembly* maupun di *drawing*.



Gambar 2.11 Tampilan Jendela *solidworks*

### 2.10.3. *COSMOS Floworks*

COSMOSFloworks merupakan bagian software dari SolidWorks yang berfungsi sebagai CAD dan CAE, dimana software ini berfungsi untuk menganalisa aliran fluida, heat transfer, reaksi *pressure*, dan reaksi lainnya yang terjadi pada fluida. Menggunakan prinsip dasar dari mekanika fluida, dan persamaan-persamaan yang berkaitan lainnya. Hal ini akan memberikan gambaran hasil analisis dalam bentuk grafik dan nilai-nilai output pada *COSMOS Floworks*. Dan *COSMOS Floworks* juga menggunakan prinsip meshing pada penganalisaannya, yaitu suatu ruang yang berisi fluida yang akan dianalisis dibagi-bagi dalam menjadi beberapa bagian atau juga disebut sel. Pada setiap bagian ruang akan terdapat kontrol-kontrol perhitungan dengan batasan/*boundary condition* dan domain yang telah ditentukan sebelumnya. Secara umum penganalisaan menggunakan COSMOSFloworks terdiri dari tiga tahap yaitu :

1. *Pre-processor*

*Pre-processor* adalah proses pertama sebelum dilakukannya proses analisa dengan menggunakan *software COSMOS Floworks*. Yang termasuk dalam proses ini adalah:

- a. Membangun Geometri (CAD)
- b. Membuat Mesh
- c. Input Material dan Input data sifat fluida kerja
- d. *Input Boundary Condition* (kondisi batasan aliran)



## 2. *Processor (Solver)*

*Processor (Solver)* adalah proses pemecahan masalah/*solver* dengan proses perhitungan berdasarkan prinsip metode elemen hingga, dimana proses perhitungan tersebut dengan data input dan persamaan- persamaan yang terkait dilakukan secara iteratif hingga mencapai hasil yang konvergen. Yang termasuk dalam proses ini adalah :

- a. Persamaan-persamaan aliran fluida (Persamaan Kontinuitas, Momentum, dll.)
- b. Tipe atau model aliran (laminar, transisi, atau turbulen).

## 3. *Post-processor*

*Post-processor* adalah proses dimana hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk gambar, grafik, vector maupun simulasi animasi.

### 2.11. 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 tahun awal tahun 1800. Adapun persamaan-persamaannya menurut Versteeg (1995) adalah sebagai berikut:

- a. Persamaan Kontinuitas

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

- b. Persamaan Momentum

Momentum kearah sumbu X

$$\frac{\partial \dots}{\partial t} + \frac{\partial (\dots u)}{\partial x} + \frac{\partial (\dots v)}{\partial y} + \frac{\partial (\dots w)}{\partial z} = \frac{\partial \dots}{\partial y} + \frac{1}{\text{Re}_r} \left( \frac{\partial \ddagger_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \ddagger_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \ddagger_{xz}}{\partial z} \right)$$

Momentum kearah sumbu Y

$$\frac{\partial \dots}{\partial t} + \frac{\partial(\dots u)}{\partial x} + \frac{\partial(\dots v)}{\partial y} + \frac{\partial(\dots w)}{\partial z} = \frac{\partial \dots}{\partial y} + \frac{1}{\text{Re}_r} \left( \frac{\partial \dagger_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \dagger_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \dagger_{yz}}{\partial z} \right)$$

Momentum kearah sumbu Z

$$\frac{\partial(\dots w)}{\partial t} + \frac{\partial(\dots uw)}{\partial x} + \frac{\partial(\dots v)}{\partial y} + \frac{\partial(\dots w^2)}{\partial z} = \frac{u \dots}{u z} + \frac{1}{\text{Re}_r} \left( \frac{\partial \dagger_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \dagger_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \dagger_{zz}}{\partial z} \right)$$

c. Persamaan Energi

$$\begin{aligned} \frac{\partial(E_r)}{\partial \dagger} + \frac{\partial(uE_r)}{\partial x} + \frac{\partial(vE_r)}{\partial y} + \frac{\partial(wE_r)}{\partial z} &= - \frac{\partial(\dots u)}{\partial x} - \frac{\partial(\dots w)}{\partial z} - \\ \frac{1}{\text{Re}_r \text{Pr}_r} \left( \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) + \frac{1}{\text{Re}_r} \left( \frac{\partial}{\partial x} (u \dagger_{xx} + v \dagger_{xy} + w \dagger_{yz}) + \frac{\partial}{\partial y} (u \dagger_{xy} + \right. \\ \left. v \dagger_{yy} + w \dagger_{yz}) + \frac{\partial}{\partial z} (u \dagger_{xz} + v \dagger_{yz} + w \dagger_{zz}) \right) \end{aligned}$$

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 aliran yang berbeda, yaitu *finite difference*, *finite element* dan *finite volume methods*. Beberapa metode diskritisasi yang digunakan untuk memecahkan persamaan-persamaan diferensial parsial menurut Versteeg (1995) adalah:

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 adalah teknik numerik untuk menemukan solusi perkiraan ke batas nilai masalah untuk persamaan diferensial parsial. 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 PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

##### 3.1.1. Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Komputer Gedung D Lantai 3 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

##### 3.1.2. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pembimbing, dan terlihat pada tabel 3.1

Tabel. 3.1. Waktu pelaksanaan penelitian

NO	Kegiatan	Lokasi	Bulan			
			Des	Jan	Feb	Mar
1	Pengajuan judul	Fakultas Teknik				
2	Penyediaan alat dan bahan	Laboratorium Komputer Fakultas Teknik				
3	Studi Literatur	Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara				
4	Perancangan desain Pipa sudut 45°,60° dan 90° menggunakan <i>software Solidworks</i>	Laboratorium Komputer Fakultas Teknik				
5	Pengujian simulasi numerik pada desain Pipa 90° dan 45° menggunakan <i>Software Solidworks</i>	Laboratorium Komputer Fakultas Teknik				
6	Penyelesaian Skripsi	Laboratorium Komputer Fakultas Teknik				

## 3.2. Alat Dan Bahan

### 3.2.1. Alat

#### 1. 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 3.1 Komputer Laboratorium Komputer Fakultas Teknik

#### 2. Perangkat Lunak *Software solidworks 2014*

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

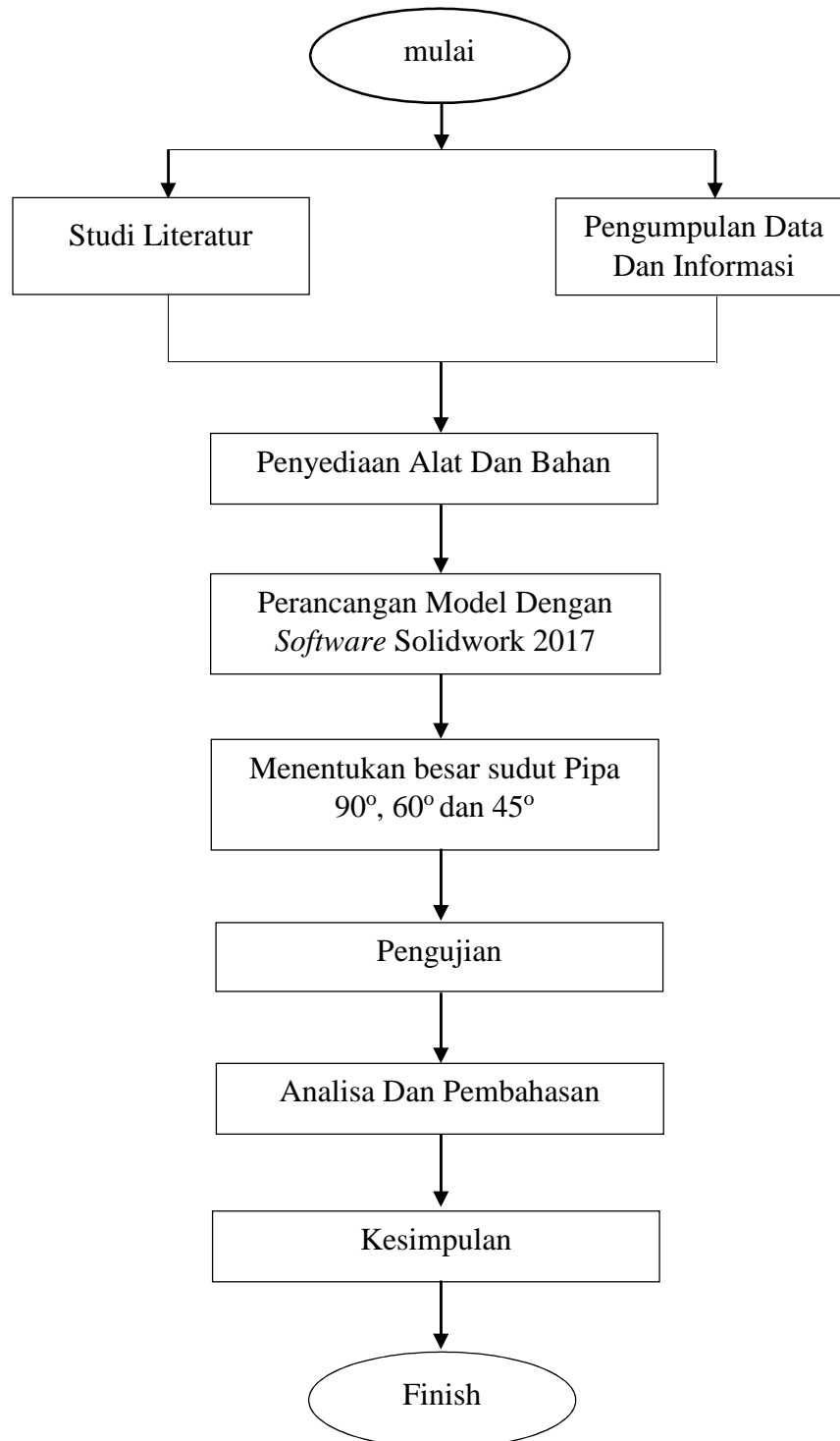
Adapun Spesifikasi dari software Solidworks 2014 adalah sebagai berikut :

1. Untuk RAM disarankan min. 4GB atau lebih
2. Windows 7 64 bit
3. RAM VGA 1GB (nVidia Quadro atau ATI Fire Pro) Recommended.
4. Processor : Min intel i3 atau lebih



Gambar 3.2 Perangkat Lunak Solidworks 2014

### 3.3 Bagan alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Perancangan Model Dengan *Software Solidworks 2014*

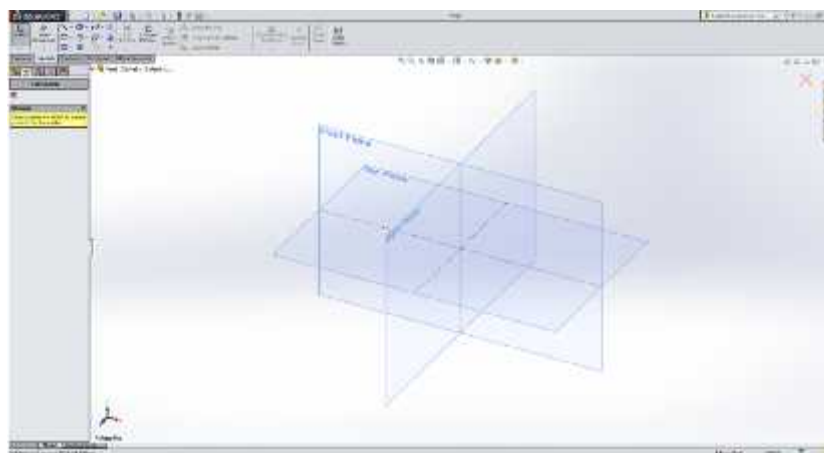
Model Pipa yang akan dirancang adalah Pipa dengan besar sudut belokan  $90^\circ$  dan  $45^\circ$  berikut ini adalah langkah-langkah perancangan model dengan menggunakan *software Solidworks 2014*.

1. Nyalakan komputer yang akan digunakan untuk merancang desain Pipa yang akan dibuat,
2. Buka *software Solidworks 2014* pada komputer,
3. Pilih “New Document” pada sudut kanan atas tampilan *software Solidworks 2014*, kemudian pilih “Part” dan pilih “OK”.



Gambar 3.4 Tampilan awal *Solidworks 2014*

4. Pilih “Insert” pada menu bar kemudian pilih “Sketch” dan kemudian pilih bagian “Top Plane”.



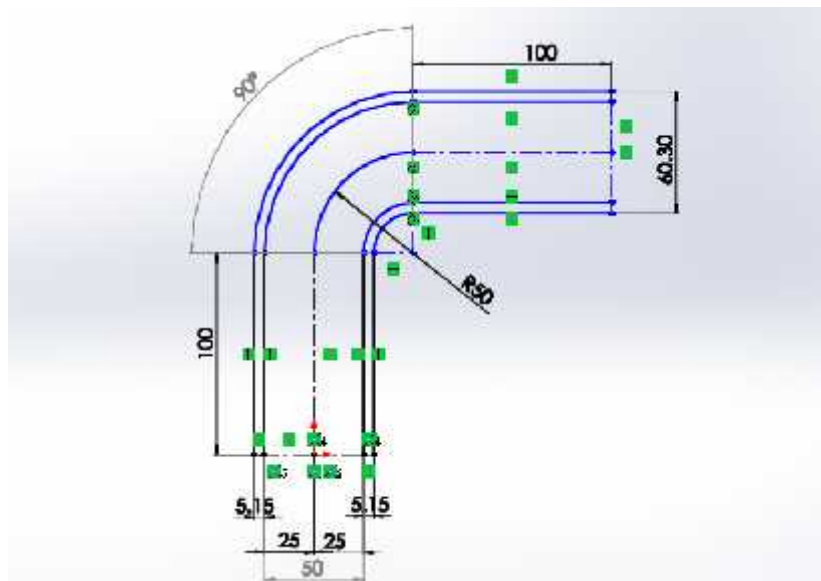
Gambar 3.5 Menentukan *plane* perancangan



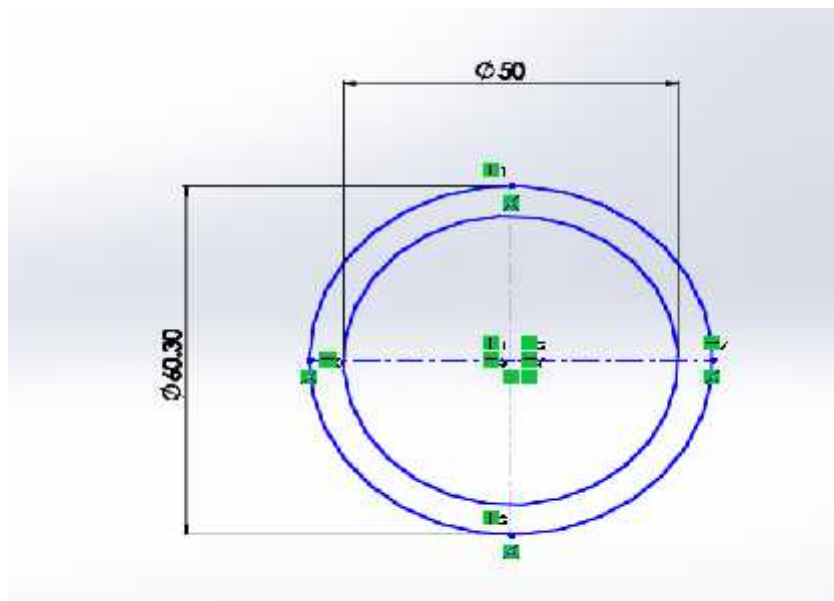
5. Membuat desain Pipa dengan besar sudut Pipa  $90^\circ$ ,  $60^\circ$  dan  $45^\circ$   
Pipa yang direncanakan memiliki ukuran sebagai berikut.

A. Pipa dengan sudut  $90^\circ$

- Nominal *Pipe size* = 50,8mm
- Diameter dalam (DN) = 50 mm
- Diamater Luar (OD) = 60.3 mm
- Sudut Belokan Pipa =  $90^\circ$



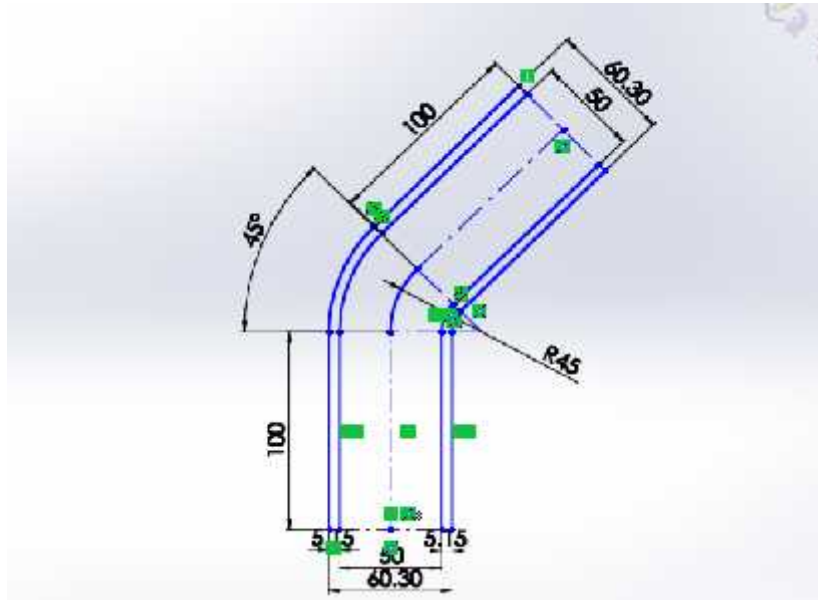
Gambar 3.6 Gambar Pipa Sudut  $90^\circ$  (Tampak Atas)



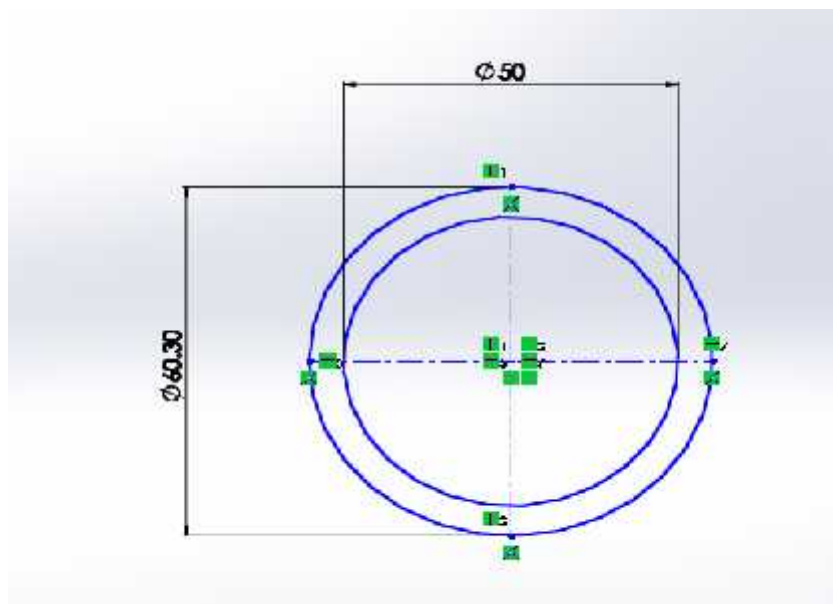
Gambar 3.7 Gambar Pipa Sudut  $90^\circ$  (Tampak Depan)

B. . Pipa dengan sudut 45°

- Nominal *Pipe size* = 50,8mm
- Diameter dalam (DN) = 50 mm
- Diamater Luar (OD) = 60.3 mm
- Sudut Belokan Pipa = 45°



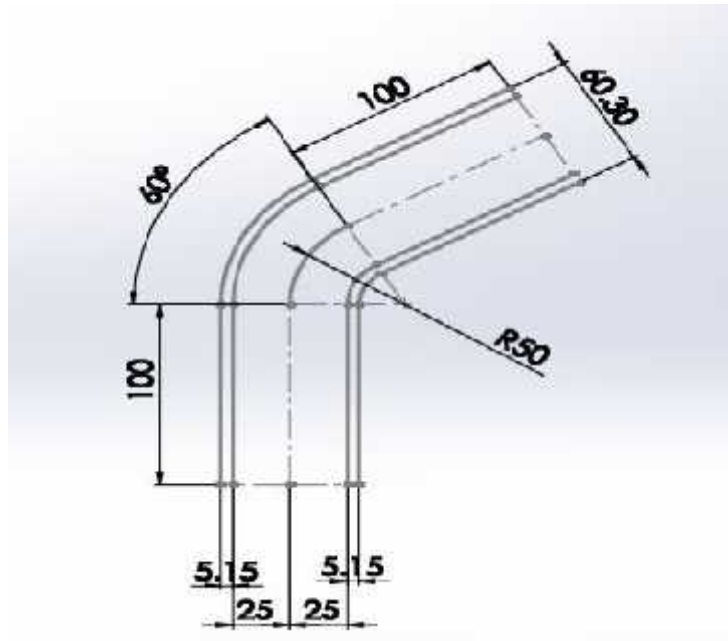
Gambar 3.8 Gambar Pipa Sudut 45° (Tampak Atas)



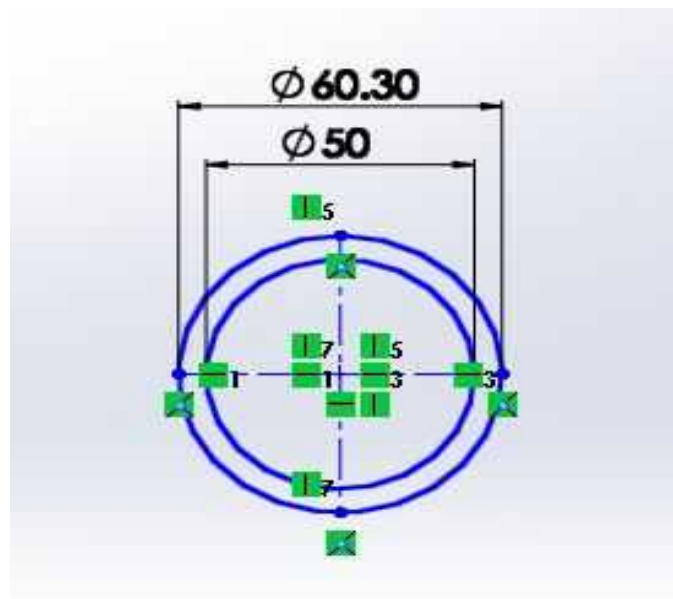
Gambar 3.9 Gambar Pipa Sudut 45° (Tampak Depan)

C. Pipa dengan sudut  $60^\circ$

- Nominal *Pipe size* = 50,8mm
- Diameter dalam (DN) = 50 mm
- Diamater Luar (OD) = 60.3 mm
- Sudut Belokan Pipa =  $60^\circ$

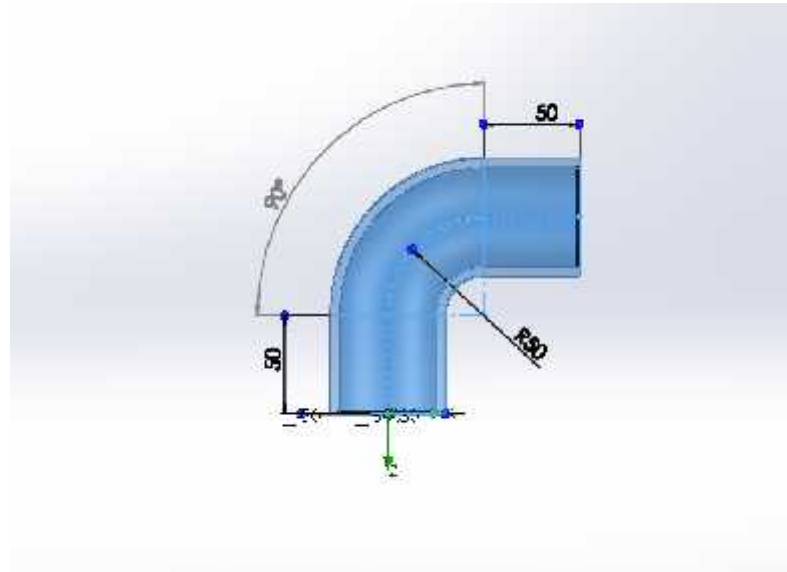


Gambar 3.10 Gambar Pipa Sudut  $60^\circ$  (Tampak Atas)

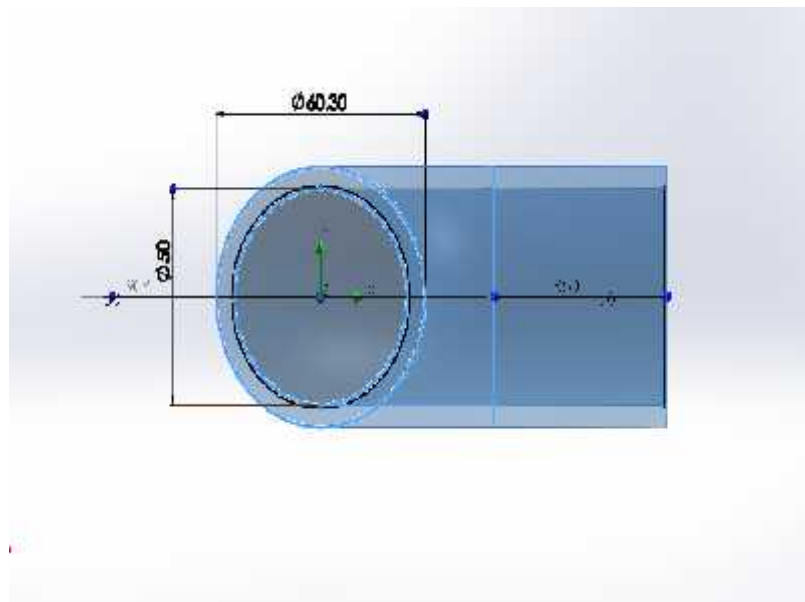


Gambar 3.11 Gambar Pipa Sudut  $60^\circ$  (Tampak Depan)

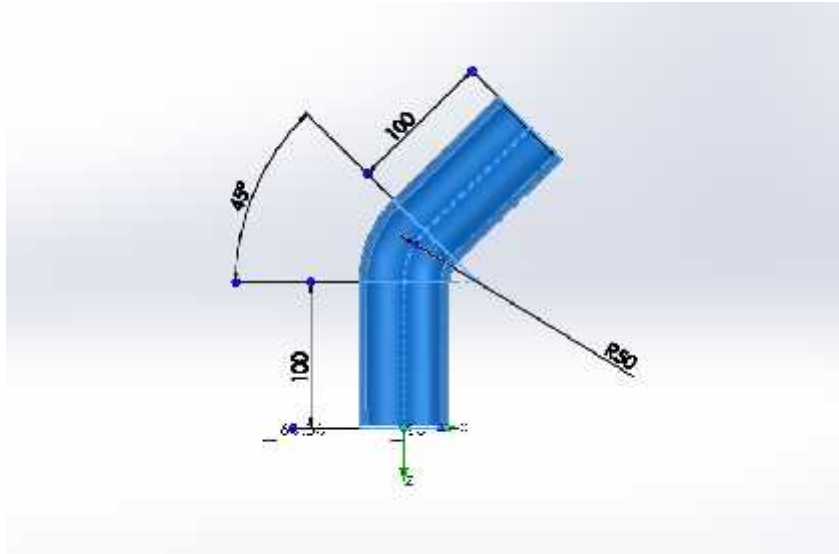
- Setelah desain Pipa dibuat, pilih “Features” kemudian pilih “Revolved Boss/Base”.



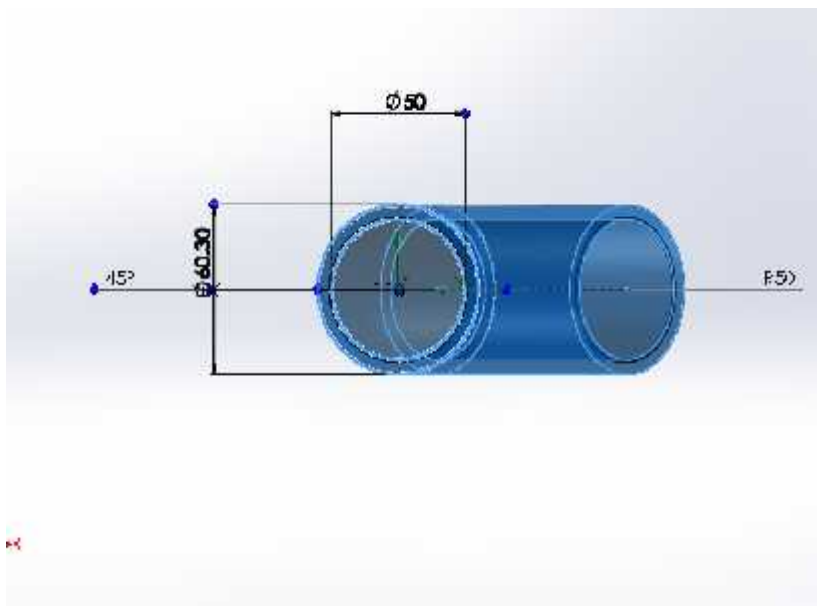
Gambar 3.12 Desain Pipa sudut 90° setelah di Revolved Boss/Base (tampak Atas).



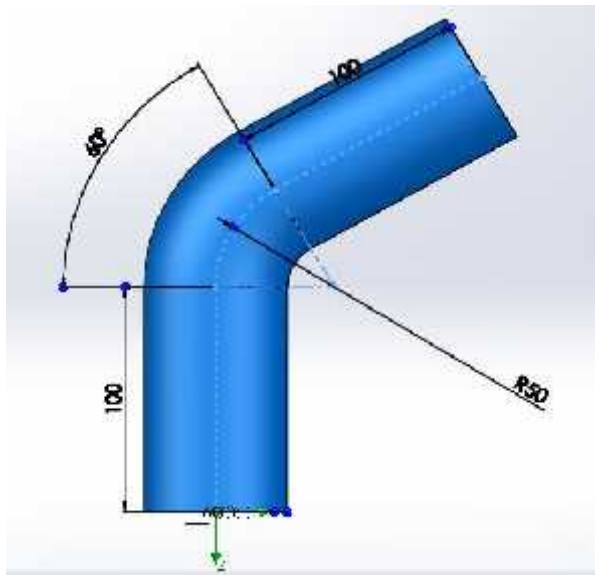
Gambar 3.13 Desain Pipa sudut 90° setelah di Revolved Boss/Base (Tampak Depan).



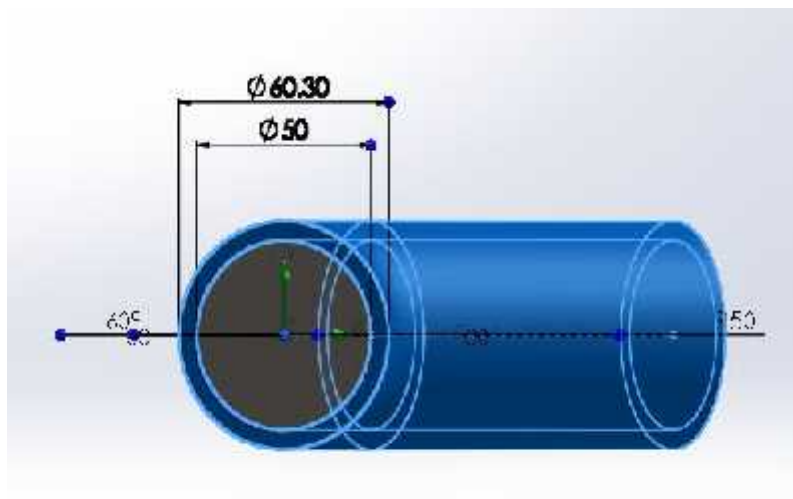
Gambar 3.14 Desain Pipa sudut 45° setelah di Revolved Boss/Base (Tampak Atas)



Gambar 3.15 Desain Pipa sudut 45° setelah di Revolved Boss/Base (Tampak depan).



Gambar 3.16 Desain Pipa sudut 60° setelah di Revolved Boss/Base  
(Tampak Atas)



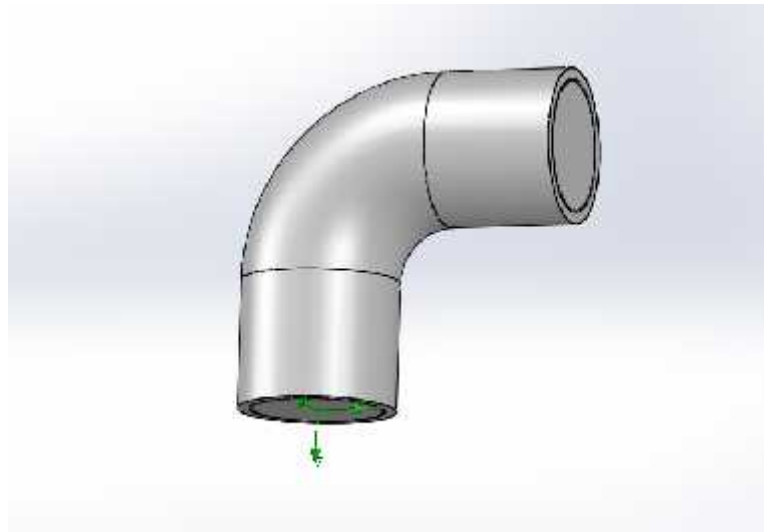
Gambar 3.17 Desain Pipa sudut 60° setelah di Revolved Boss/Base  
(Tampak depan).

### 3.5 Proses *Flow Simulation* pada Pipa.

Proses *flow Simulation analysis* adalah Model analisis yang digunakan untuk mengetahui laju aliran fluida dalam Pipa. *flow simulation analysis* dapat juga digunakan untuk mengetahui *pressure, velocity, density, force* dari aliran fluida dengan kecepatan tertentu dan temperatur tertentu di dalam pipa.

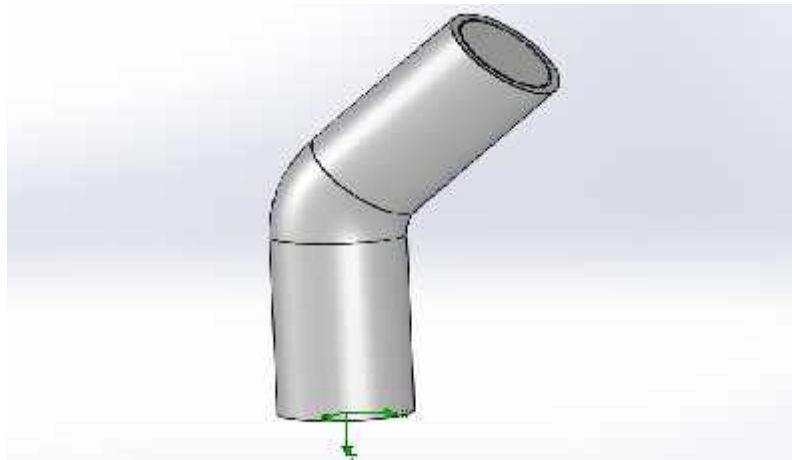
Berikut ini adalah model desain Pipa yang akan dilakukan Proses *flow Simulation analysis* :

- a. Model desain Pipa dengan sudut belokan 90°.

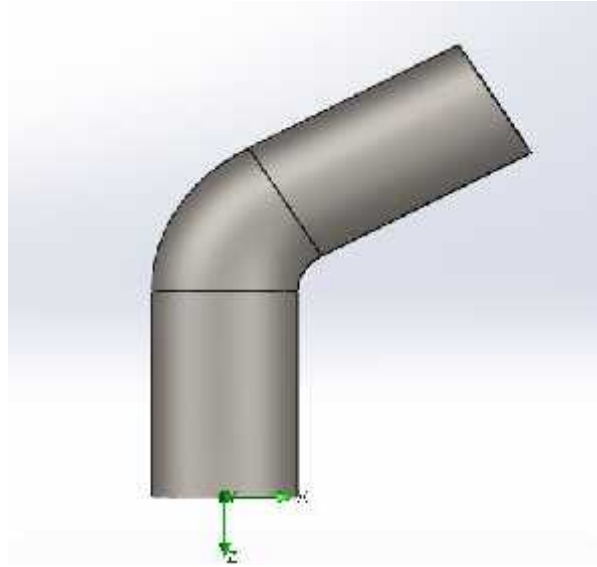


Gambar 3.18 Model desain Pipa 90° Yang akan dilakukan Proses Proses *flow Simulation analysis*.

- b. Model desain Pipa Dengan sudut belokan 45°.



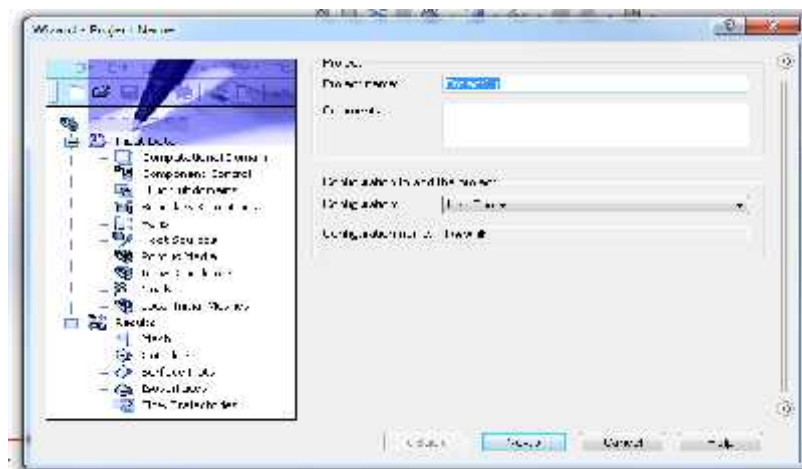
Gambar 3.19 Model desain Pipa 45° Yang akan dilakukan Proses Proses *flow Simulation analysis*.



Gambar 3.20 Model desain Pipa 60° Yang akan dilakukan Proses Proses *flow Simulation analysis*.

Adapun Langkah – langkah dalam melakukan simulasi ini adalah sebagai berikut :

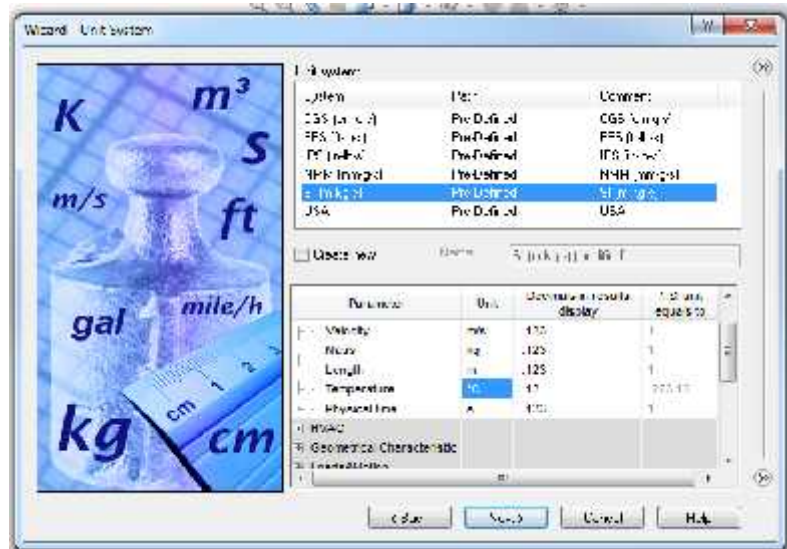
1. Buka File Gambar yang telah dibuat pada *software solidworks 2014*.
2. Setelah file gambar terbuka, selanjutnya pilih tab **Flow simulation**. Dan klik menu “Wizard”
3. Menentukan **Project Configuration** yang mana pada proses ini digunakan untuk menentukan nama dari *project* yang akan dibuat. **Pilih create New** lalu pilih nama file gambar yang akan dilakukan pengujian, kemudian klik “Next”.



Gambar 3.21 Menentukan *Project Configuration*.

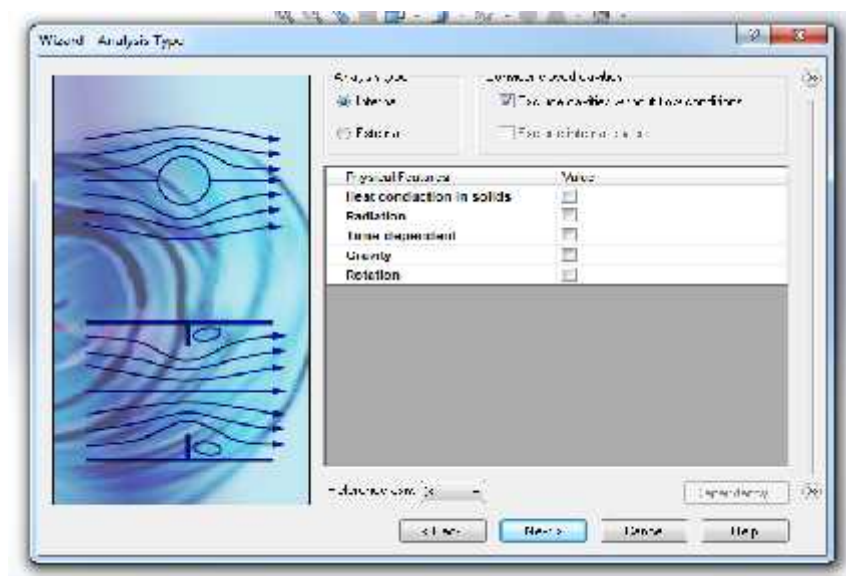


- Menentukan *Unit system*, yaitu langkah pemilihan satuan yang akan digunakan, Pilih **SI** pada baris ke 5 kolom *Unit system*, lalu ganti Temperatur menjadi derajat °C, Lalu klik “Next”.



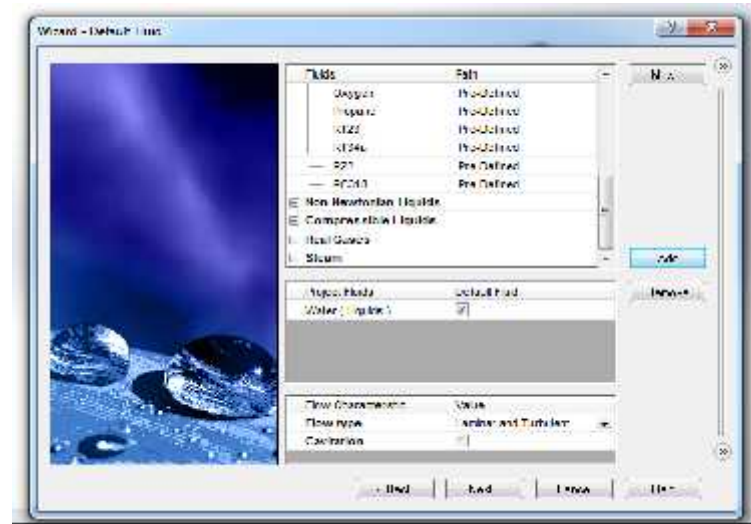
Gambar 3.22 Menentukan *Unit system*.

- Langkah selanjutnya adalah *Analysis Type* yaitu langkah yang digunakan untuk menentukan laju aliran yang akan di analisis. Pilih **Internal** kemudian ceklis didalam kotak *exclude capacities without flow condition*. Lalu klik “Next”.



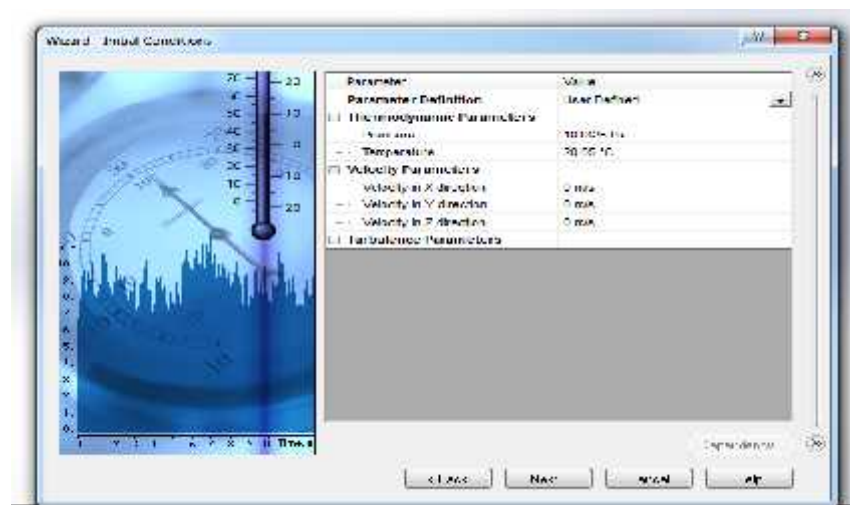
Gambar 3.23 Menentukan *Analysis Type*.

6. Menentukan **Default Fluid** yaitu, menentukan fluida apa yang akan digunakan dalam simulasi ini dan juga untuk menentukan jenis aliran pada fluida



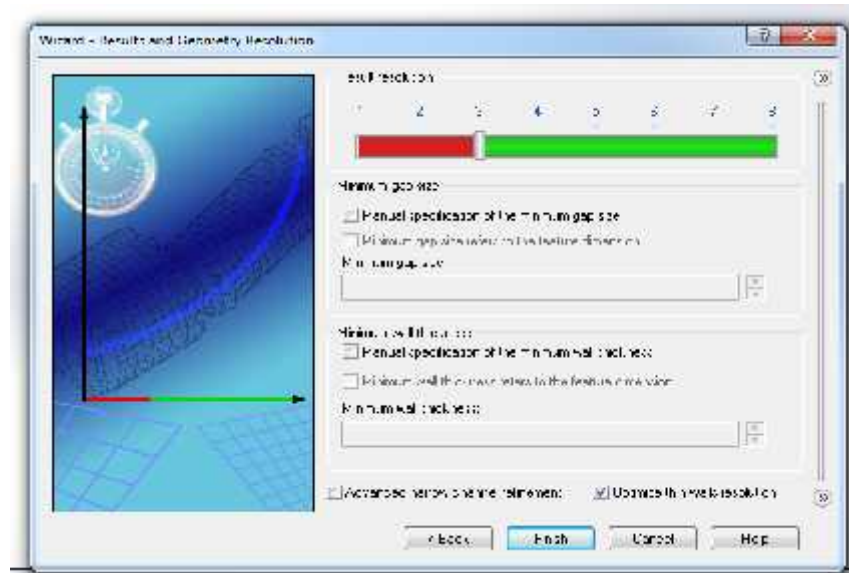
Gambar 3.24 Menentukan . *Default Fluid*

7. Menentukan **Wall condition** dimana ini digunakan untuk menentukan keadaan sekitar. Pada langkah ini Klik “Next” saja karena menggunakan setingan default.
8. Langkah berikutnya menentukan **Initial condition** dimana ini adalah langkah menentukan kondisi yang dibutuhkan dalam proses *flow simulation*. Lalu Klik ”Next”.



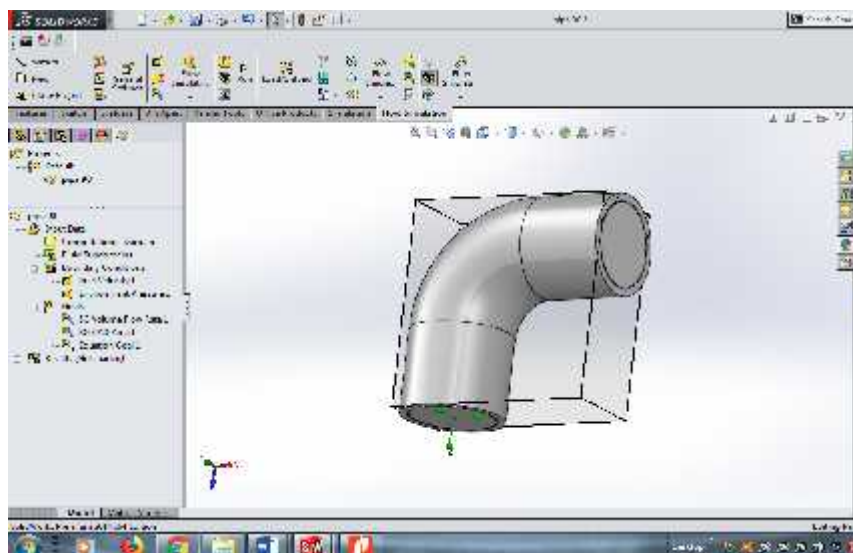
Gambar 3.25 Menentukan . *Initial condition*

9. Langkah berikutnya menentukan **Result and Geometry Resolution** dimana ini adalah langkah untuk menentukan seberapa detail hasil yang ingin kita peroleh. Lalu lakukan **Finish**.

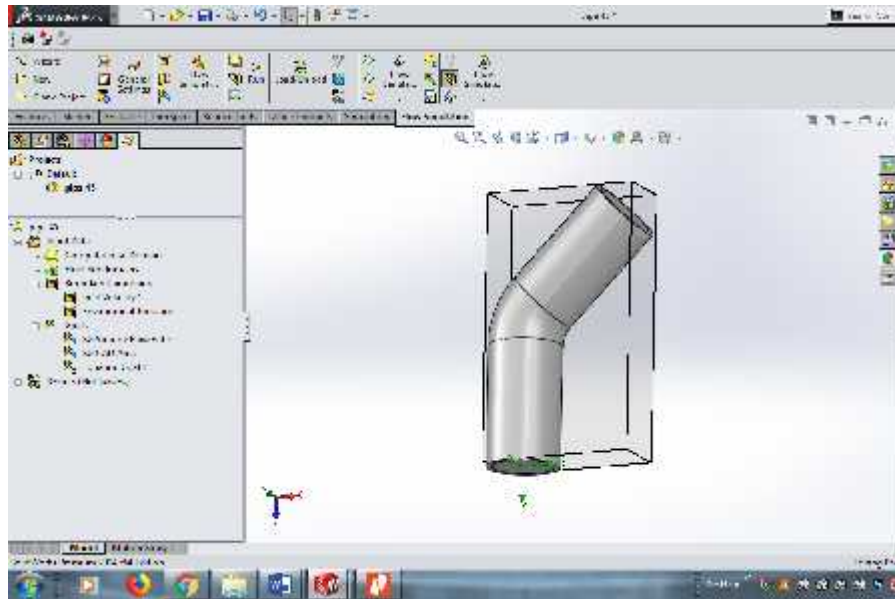


Gambar 3.26 Menentukan . *Result and Geometry Resolution*

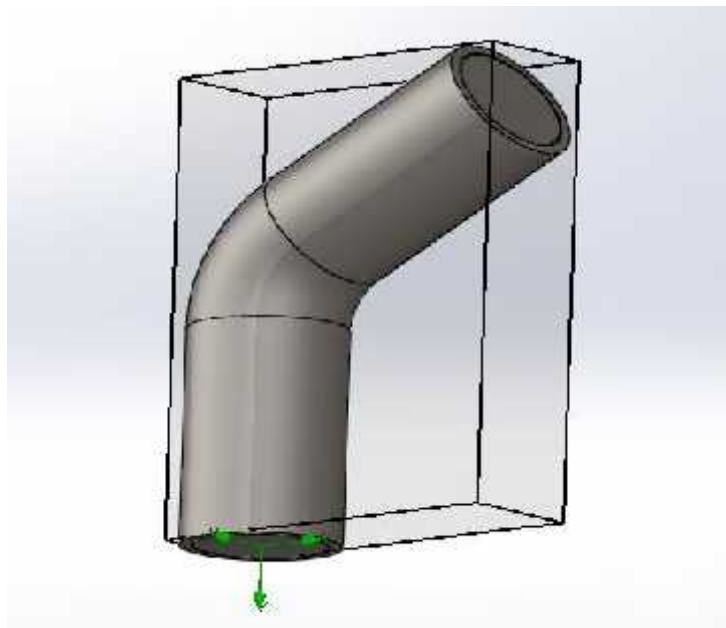
10. Selanjutnya Klik "**Flow simulation analysis tree**"



Gambar 3.27 Menentukan . *Flow simulation analysis tree* pada pipa sudut 90°

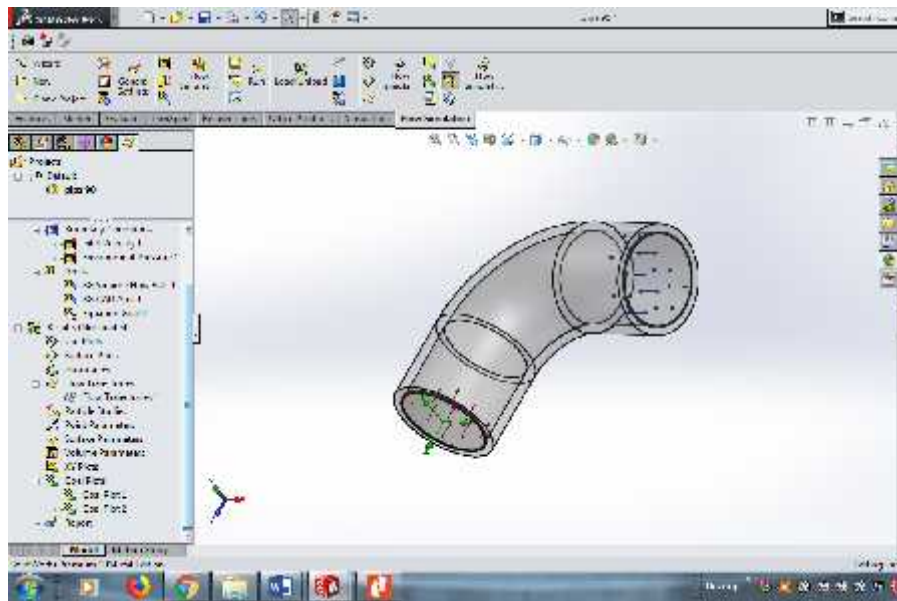


Gambar 3.28 Menentukan *Flow simulation analysis tree* pada pipa sudut 45°

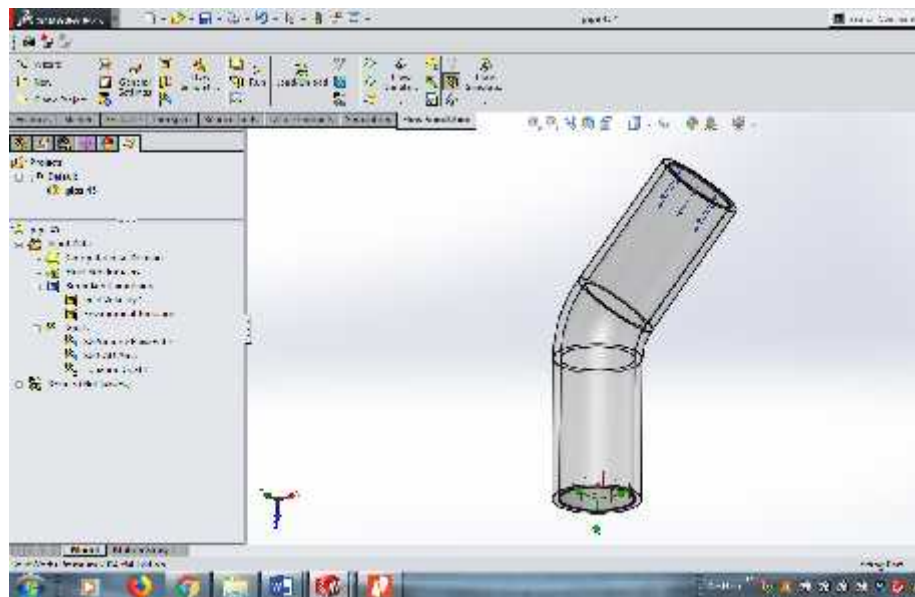


Gambar 3.29 Menentukan *Flow simulation analysis tree* pada pipa sudut 60°

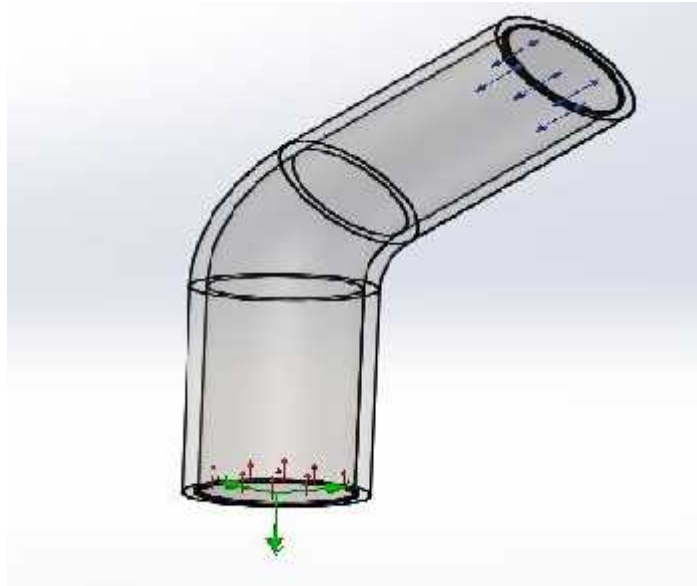
11. Klik kanan pada ***Fluid Subdomain***, Lalu Klik ***Insert Fluid Subdomain*** dan pada kotak *selection* pilih *face* bagian dalam pipa sudut 90° dan 45°. Lalu Klik “**OK**”.



Gambar 3.30 Menentukan *Fluid Subdomain* pada pipa sudut  $90^\circ$

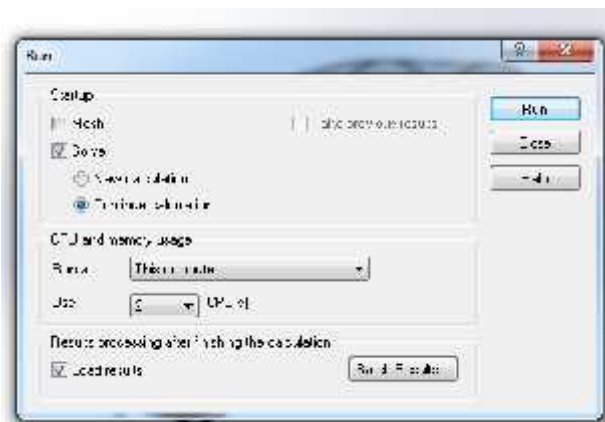


Gambar 3.31 Menentukan *Fluid Subdomain* pada pipa sudut  $45^\circ$

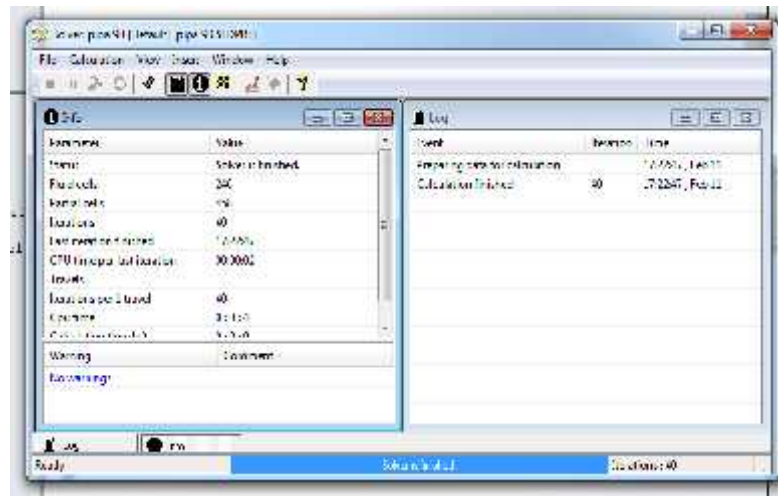


Gambar 3.32 Menentukan *Fluid Subdomain* pada pipa sudut 60°.

12. Klik kanan **Boundary Condition**, Lalu klik **Insert Boundary Condition**.
13. Kemudian tentukan **Inlet** atau aliran masuk. Pada kotak **selection** pilih **face** bagian dalam hingga muncul Face<1>. Kemudian pada **Type** pilih **Inlet Velocity** dan **Flow Parameter** pada kotak V (**Velocity**). Kemudian Klik “OK”.
14. Setelah semua pengaturan awal **Flow simulation analysis** dilakukan, langkah selanjutnya jalankan program. Klik **Run** lalu tunggu hingga proses selesai.

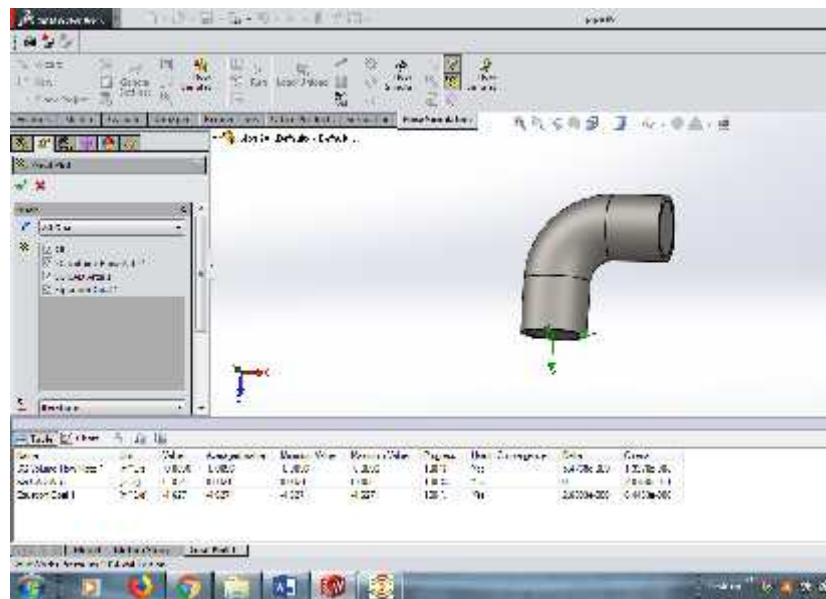


Gambar 3.33 Proses Run



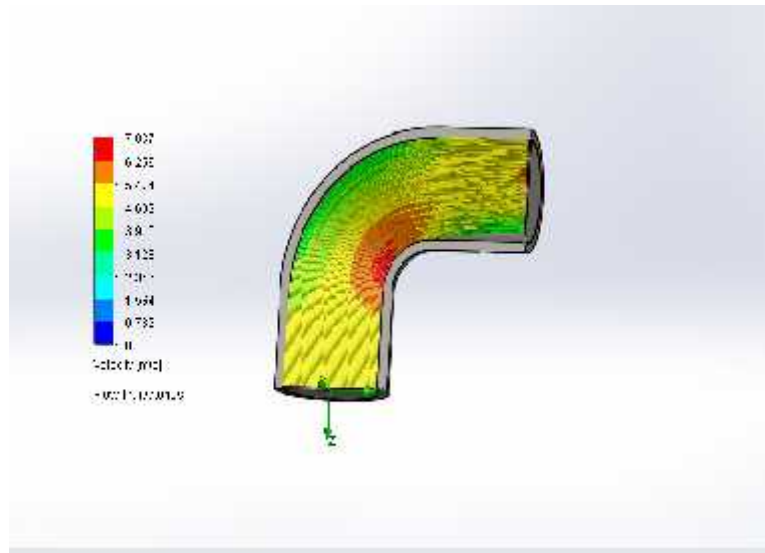
Gambar 3.34 Hasil data Run

15. Setelah hasil data **Run** berhasil dilakukan selanjutnya Klik "**Result**" Pada Bar menejer kemudian pilih **Goal Plots** untuk menampilkan hasil **goal simulation**.

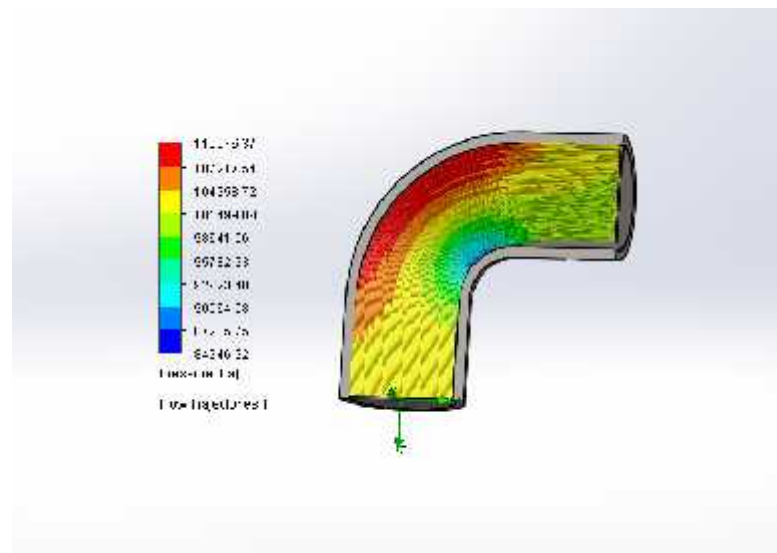


Gambar 3.35 menentukan **Goal Plots**

16. Menentukan *flow Trajectories* yaitu sebagai langkah terakhir yang digunakan untuk menampilkan hasil simulasi aliran pada desain Pipa. Klik kanan pada *flow Trajectories*, Lalu Klik *flow Trajectories* dan pada kotak *selection* pilih *face* bagian dalam pipa sudut 90° dan 45°. Lalu Klik “OK”
17. Menampilkan hasil proses Simulasi *Flow Simulation*.

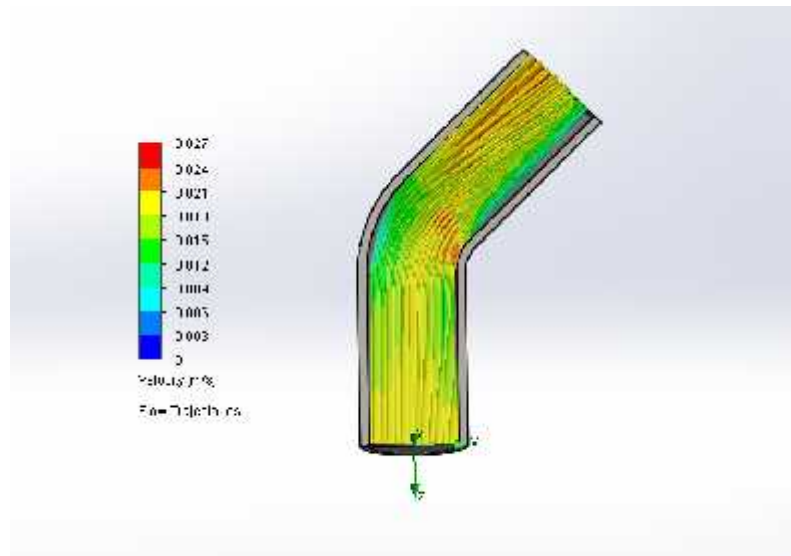


Gambar 3.36 hasil *Flow simulation Velocity* Pipa sudut 90°

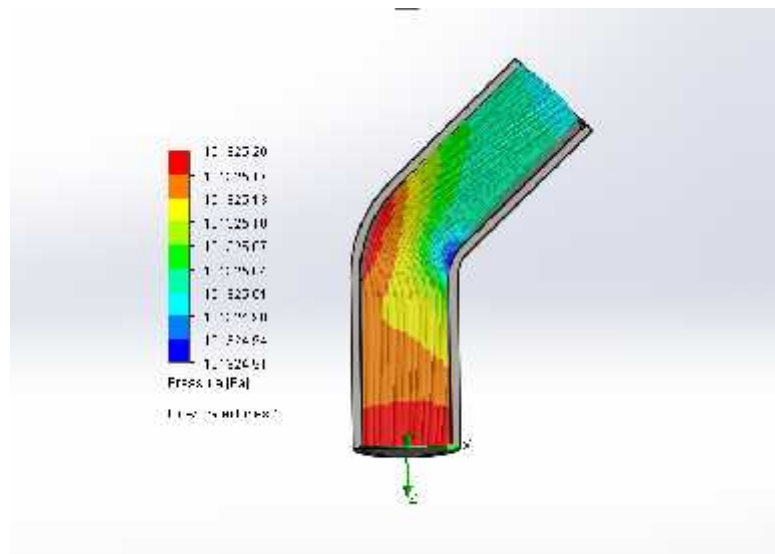


Gambar 3.37 hasil *Flow simulation Pressure* Pipa sudut 90°

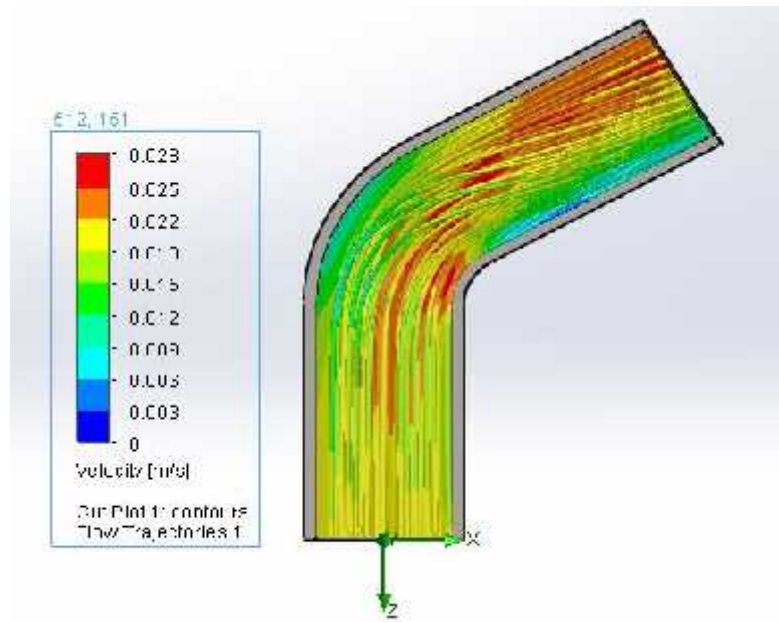




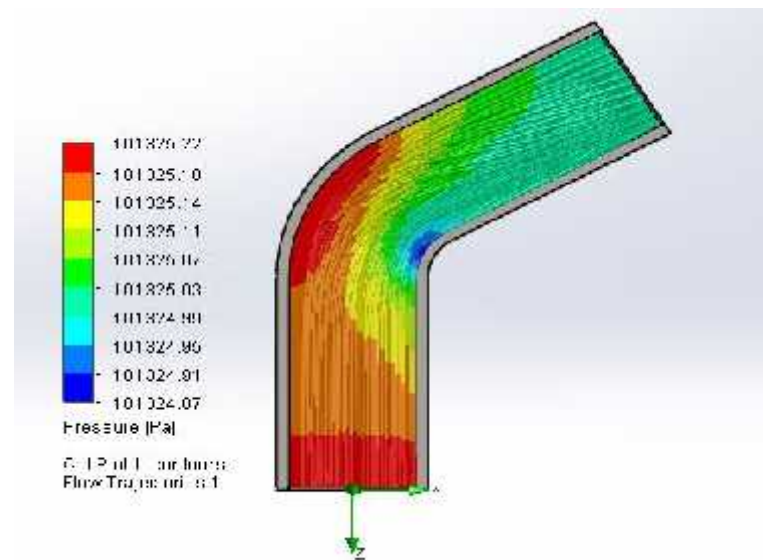
Gambar 3.38 hasil *Flow simulation Velocity* Pipa sudut 45°



Gambar 3.39 hasil *Flow simulation Pressure* Pipa sudut 45°



Gambar 3.40 hasil *Flow simulation Velocity* Pipa sudut 60°



Gambar 3.41 hasil *Flow simulation Pressure* Pipa sudut 60°

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Simulasi

Dalam penelitian ini, simulasi Numerik Profil aliran dan penurunan tekanan aliran terhadap sudut belokan pipa dilakukan menggunakan 2 jenis variasi belokan yaitu pipa dengan belokan 90° dan pipa dengan belokan 45° dengan masing – masing 10 (sepuluh) simulasi pada setiap variasi belokan. Kesepuluh simulasi tersebut berupa aliran dengan nilai Re 1000 – Re 10000. Simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak *software solidworks* 2014.

##### 4.1.1. Simulasi Pada Aliran Dengan Belokan Pipa 90°.

Simulasi dilakukan sebanyak 10 (sepuluh) kali percobaan, Yaitu dimulai dari Re 1000 – Re 10000. Nantinya, nilai yang divariasikan kedalam simulasi yaitu nilai kecepatan masuk fluida mulai dari Re 1000 – Re 10000 dengan hitungan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

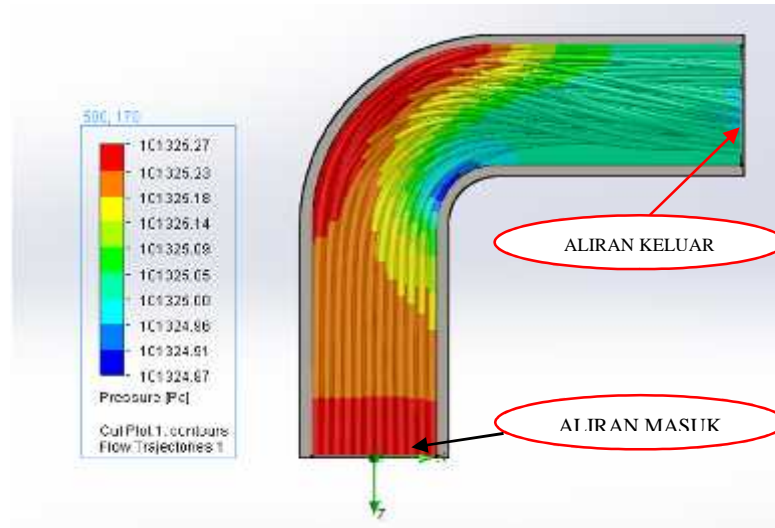
$$\text{Re} = \frac{vd}{\nu}$$
$$v = \frac{\text{Re} \cdot \hat{\nu}}{d} \tag{4.1}$$

##### 4.1.1.1. Simulasi Pada Nilai Re 1000

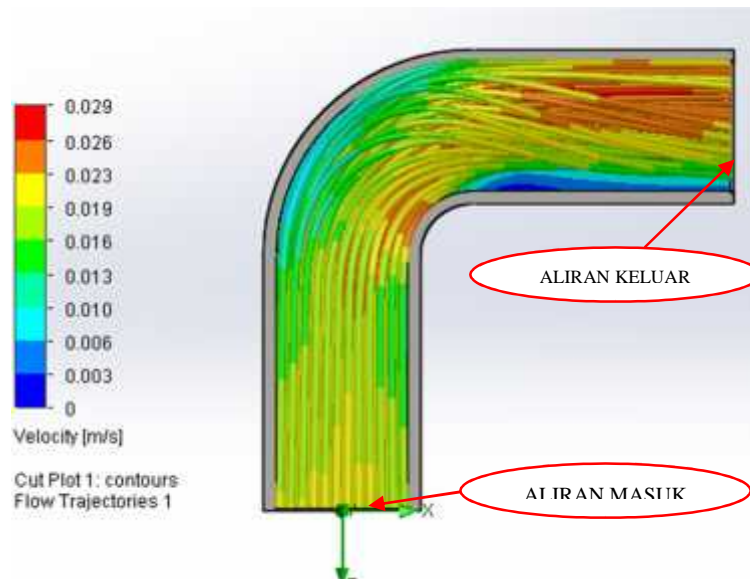
Pada perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan kecepatan aliran fluida pada Re 1000 digunakan rumus yang ada pada persamaan (4.1). Diperoleh hasil kecepatan ( $v$ ) yaitu sebesar 0.02004 m/s dengan perhitungan sebagai berikut :

$$v = \frac{\text{Re} \cdot \hat{\nu}}{d}$$
$$v = \frac{1000 \cdot (1.002 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s})}{0,05 \text{ m}}$$
$$v = 0.02004 \text{ m/s}$$

Nilai dari hasil perhitungan tersebut nantinya akan dimasukkan kedalam simulasi yaitu pada bagian “*inlet velocity*” atau kecepatan masuk. Berikut ini adalah hasil visualisasi aliran yang dilakukan dalam simulasi.



Gambar 4.1 Visualisasi profil aliran hasil simulasi berupa Tekanan (*pressure*).



Gambar 4.2 Visualisasi profil aliran hasil simulasi berupa Kecepatan (*Velocity*).

Dari simulasi yang telah dilakukan, tercatat tekanan tertinggi yang terjadi sebesar 101325,27 Pa. Diperoleh hasil bahwa profil aliran kecepatan fluida terus berangsur naik dan menurun dratis sesaat setelah melewati belokan pipa dan kemudian kecepatannya pun berangsur turun kembali setelah melewati sudut belokan pipa. Beda tekanan, terus menurun dari mulai aliran hingga keluar.

Tabel 4.1 hasil simulasi pada sudut belokan pipa 90°.

Simulasi	Re	P Maks (Pa)	P Min (Pa)	v Awal (m/s)	v Akhir (m/s)
1	1000	101325,27	101324,87	0,02004	0,019
2	2000	101325,84	101324,22	0,04008	0,035
3	3000	101326,74	101323,13	0,06012	0,052
4	4000	101328,00	101321,52	0,08016	0,070
5	5000	101329,63	101319,47	0,1002	0,088
6	6000	101331,52	101316,82	0,12024	0,106
7	7000	101333,65	101313,66	0,14028	0,127
8	8000	101336,07	101309,89	0,16032	0,146
9	9000	101338,83	101305,70	0,18036	0,165
10	10.000	101342,05	101301,00	0,2004	0,185

#### 4.1.2. Simulasi Pada Aliran Dengan Belokan Pipa 60°.

Simulasi dilakukan sebanyak 10 (sepuluh) kali percobaan, Yaitu dimulai dari Re 1000 – Re 10000. Nantinya, nilai yang divariasikan kedalam simulasi yaitu nilai kecepatan masuk fluida mulai dari Re 1000 – Re 10000 dengan hitungan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$\text{Re} = \frac{vd}{\hat{\nu}}$$

$$v = \frac{\text{Re} \cdot \hat{\nu}}{d} \tag{4.1}$$

##### 4.1.2.1. Re 1000

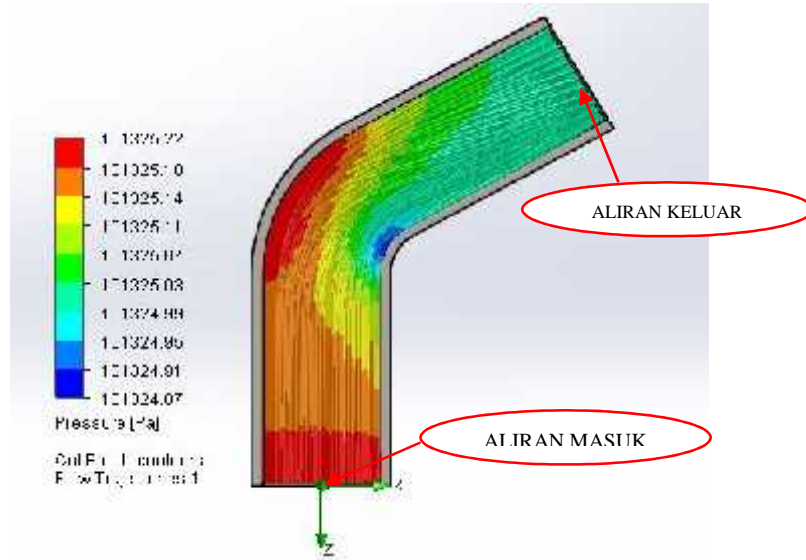
Pada perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan kecepatan aliran fluida pada Re 1000 digunakan rumus yang ada pada persamaan (4.1). Diperoleh hasil kecepatan ( $v$ ) yaitu sebesar 0.02004 m/s dengan perhitungan sebagai berikut :

$$v = \frac{\text{Re} \cdot \hat{\nu}}{d}$$

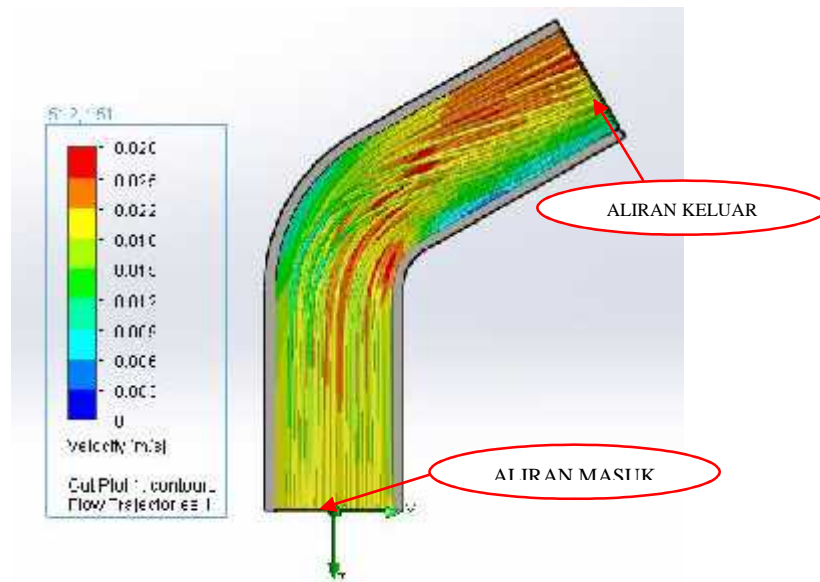
$$v = \frac{1000 \cdot (1.002 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s})}{0,05 \text{ m}}$$

$$v = 0.02004 \text{ m} / \text{s}$$

Nilai dari hasil perhitungan tersebut nantinya akan dimasukkan kedalam simulasi yaitu pada bagian “inlet velocity” atau kecepatan masuk. Berikut ini adalah hasil visualisasi aliran yang dilakukan dalam simulasi.



Gambar 4.3 Visualisasi profil aliran hasil simulasi berupa Tekanan (*pressure*).



Gambar 4.4 Visualisasi profil aliran hasil simulasi berupa Kecepatan (*Velocity*).

Tabel 4.2 hasil simulasi pada sudut belokan pipa 60°.

Simulasi	Re	P Maks (Pa)	P Min (Pa)	v Awal (m/s)	v Akhir (m/s)
1	1000	101325,22	101324,87	0,02004	0,020
2	2000	101325,66	101324,29	0,04008	0,039
3	3000	101326,35	101323,24	0,06012	0,059
4	4000	101327,28	101321,74	0,08016	0,079
5	5000	101328,48	101319,78	0,1002	0,100
6	6000	101329,90	101317,36	0,12024	0,122
7	7000	101331,57	101314,47	0,14028	0,143
8	8000	101333,66	101311,26	0,16032	0,165
9	9000	101335,90	101307,53	0,18036	0,186
10	10.000	101338,42	101303,20	0,2004	0,208

#### 4.1.3. Simulasi Pada Aliran Dengan Belokan Pipa 45°.

Simulasi dilakukan sebanyak 10 (sepuluh) kali percobaan, Yaitu dimulai dari Re 1000 – Re 10000. Nantinya, nilai yang divariasikan kedalam simulasi yaitu nilai kecepatan masuk fluida mulai dari Re 1000 – Re 10000 dengan hitungan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$\text{Re} = \frac{vd}{\hat{\nu}}$$

$$v = \frac{\text{Re} \cdot \hat{\nu}}{d} \quad (4.1)$$

##### 4.1.3.1. Simulasi Pada Nilai Re 1000

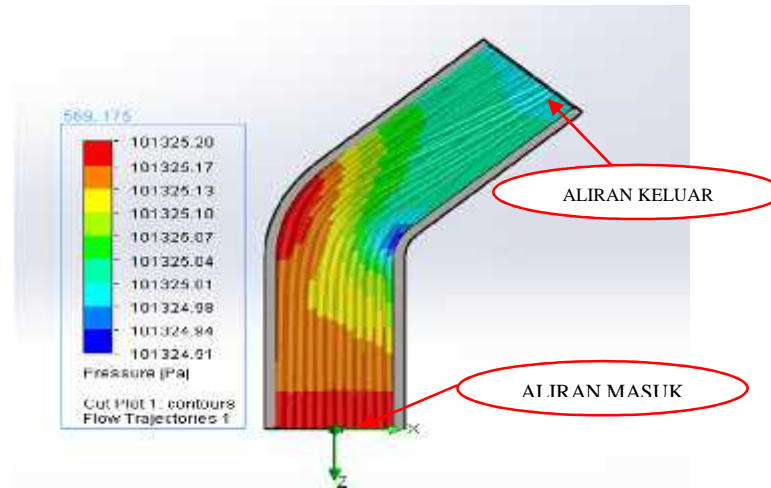
Pada perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan kecepatan aliran fluida pada Re 1000 digunakan rumus yang ada pada persamaan (4.1). Diperoleh hasil kecepatan ( $v$ ) yaitu sebesar 0.02004 m/s dengan perhitungan sebagai berikut :

$$v = \frac{\text{Re} \cdot \hat{\nu}}{d}$$

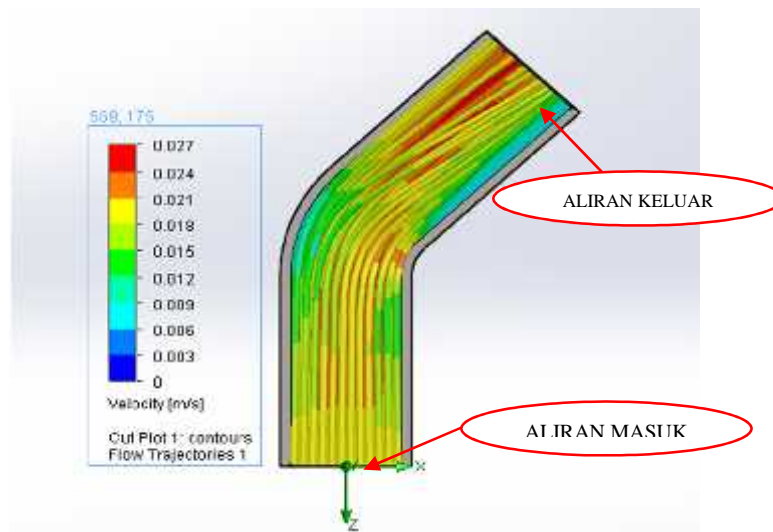
$$v = \frac{1000 \cdot (1.002 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s})}{0,05 \text{ m}}$$

$$v = 0.02004 \text{ m/s}$$

Nilai dari hasil perhitungan tersebut nantinya akan dimasukkan kedalam simulasi yaitu pada bagian “*inlet velocity*” atau kecepatan masuk. Berikut ini adalah hasil visulisasi aliran yang dilakukan dalam simulasi.



Gambar 4.5 Visualisasi profil aliran hasil simulasi berupa Tekanan (*pressure*).



Gambar 4.6 Visualisasi profil aliran hasil simulasi berupa Kecepatan (*Velocity*).

Dari simulasi yang telah dilakukan, tercatat tekanan tertinggi yang terjadi sebesar 101325,20 Pa. Diperoleh hasil bahwa profil aliran kecepatan fluida terus berangsur naik dan menurun dratis sesaat setelah melewati belokan pipa dan kemudian kecepatannya pun berangsur turun kembali setelah melewati sudut belokan pipa. Beda tekanan, terus menurun dari mulai aliran masuk hingga keluar.



Tabel 4.3 hasil simulasi pada sudut belokan pipa 45°.

Simulasi	Re	P Maks (Pa)	P Min (Pa)	v Awal (m/s)	v Akhir (m/s)
1	1000	101325,20	101324,91	0,02004	0,022
2	2000	101325,58	101324,48	0,04008	0,043
3	3000	101326,18	101323,69	0,06012	0,065
4	4000	101327,00	101322,52	0,08016	0,087
5	5000	101328,07	101321,07	0,1002	0,109
6	6000	101329,26	101319,19	0,12024	0,131
7	7000	101330,73	101316,95	0,14028	0,153
8	8000	101332,41	101314,35	0,16032	0,175
9	9000	101334,43	101311,53	0,18036	0,197
10	10.000	101336,52	101308,35	0,2004	0,220

#### 4.2. Pembahasan

Dalam Pembahasan ini, nilai yang dicari adalah nilai koefisien kerugian (k) akibat penurunan tekanan ( P ) pada aliran belokan pipa 90° dan 45°. terdapat 10 (Sepuluh) Variasi kecepatan aliran yang dimulai dari nilai Re 1000 – 10.000.

##### 4.2.1. Koefisien Kerugian Pada Sudut Belokan Pipa 90°.

Simulasi terdiri dari 10 (Sepuluh) Variasi kecepatan aliran yang dimulai dari nilai Re 1000 – 10.000 . Nilai *Pin* dan *Pout* diperoleh dari menu “*Point Parameters*” dengan memilih dimana titik masuk dan titik keluarnya aliran fluida pada simulasi. Maka nilainya pun akan didapat secara otomatis muncul dengan menjalankan perintah “*Show*”.

##### 4.2.1.1. Re 1000

$$\begin{aligned}\Delta P &= P_{in} - P_{out} \\ &= 101325,27 Pa - 101324,87 Pa \\ &= 0,400 Pa\end{aligned}$$

$$\frac{P_1}{\rho_2} + \frac{v^2}{2g} = \frac{P_1}{\rho_2} + \frac{v^2}{2g} + HL$$

$$\begin{aligned}
 HL &= \frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \\
 &= \frac{0,0400 \text{ Pa}}{9790.4} + \frac{0,003^2 \text{ m/s} - 0,029^2 \text{ m/s}}{19,62 \text{ m/s}^2} \\
 &= 0,0000408 \text{ m}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{2gH}{v^2} \\
 &= \frac{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,0000408 \text{ m}}{0,02004^2 \text{ m/s}} \\
 &= 1,996
 \end{aligned}$$

Tabel 4.4 Hasil Nilai Perhitungan koefisien Kerugian Tekanan Aliran (k) pada susut belokan 90°.

Bilangan Reynold	Koefisien Kerugian (k)
1000	1.996
2000	2.021
3000	2.001
4000	2.021
5000	2.027
6000	2.037
7000	2.035
8000	2.041
9000	2.041
10000	2.048

Tabel 4.5 Hasil Nilai Perhitungan P Pada sudut Belokan Pipa 90°.

Bilangan Reynold	P (Pa)
1000	0.400
2000	1.620
3000	3.610
4000	6.480
5000	10.160
6000	14.700
7000	19.990
8000	26.180
9000	33.130
10000	41.050

#### 4.2.2. Koefisien Kerugian Pada Sudut Belokan Pipa 60°.

Simulasi terdiri dari 10 (Sepuluh) Variasi kecepatan aliran yang dimulai dari nilai Re 1000 – 10.000 . Nilai *Pin* dan *Pout* diperoleh dari menu “*Point Parameters*” dengan memilih dimana titik masuk dan titik keluarnya aliran fluida pada simulasi. Maka nilainya pun akan didapat secara otomatis muncul dengan menjalankan perintah “*Show*”.

##### 4.2.1.1. Re 1000

$$\begin{aligned}\Delta P &= P_{in} - P_{out} \\ &= 101325,22 Pa - 101324,87 Pa \\ &= 0,350 Pa\end{aligned}$$

$$\frac{P_1}{\rho_2} + \frac{v^2}{2g} = \frac{P_1}{\rho_2} + \frac{v^2}{2g} + HL$$

$$\begin{aligned}HL &= \frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \\ &= \frac{0,350 Pa}{9790.4} + \frac{0,02004^2 m/s - 0,020^2 m/s}{19,62 m/s^2} \\ &= 0,0000358 m\end{aligned}$$

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

$$k = \frac{2gH}{v^2}$$

$$= \frac{2.9.81m/s^2 \cdot 0,0000358m}{0,02004^2 m/s}$$

$$= 1,747$$

Tabel 4.6 Hasil Nilai Perhitungan koefisien Kerugian Tekanan Aliran (k) pada susut belokan 60°.

<b>Bilangan Reynold</b>	<b>Koefisien Kerugian (k)</b>
1000	1,747
2000	1,710
3000	1,725
4000	1,728
5000	1,737
6000	1,739
7000	1,742
8000	1,747
9000	1,748
10000	1,758

Tabel 4.7 Hasil Nilai Perhitungan P Pada sudut Belokan Pipa 60°.

<b>Bilangan Reynold</b>	<b>P (Pa)</b>
1000	0.350
2000	1.370
3000	3.110
4000	5.540
5000	8.700

6000	12.540
7000	17.100
8000	22.400
9000	28.370
10000	35.220

---

#### 4.2.3. Koefisien Kerugian Pada Sudut Belokan Pipa 45°.

Simulasi terdiri dari 10 (Sepuluh) Variasi kecepatan aliran yang dimulai dari nilai Re 1000 – 10.000 . Nilai  $P_{in}$  dan  $P_{out}$  diperoleh dari menu “*Point Parameters*” dengan memilih dimana titik masuk dan titik keluarnya aliran fluida pada simulasi. Maka nilainya pun akan didapat secara otomatis muncul dengan menjalankan perintah “*Show*”.

##### 4.2.3.1. Re 1000

$$\begin{aligned}\Delta P &= P_{in} - P_{out} \\ &= 101325,20 Pa - 101324,91 Pa \\ &= 0,290 Pa\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{P_1}{\rho_2} + \frac{v^2}{2g} &= \frac{P_1}{\rho_2} + \frac{v^2}{2g} + HL \\ &= \frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \\ &= \frac{0,290 Pa}{9790,4} + \frac{0,020^2 m/s - 0,022^2 m/s}{19,62 m/s^2} \\ &= 0,0000296 m\end{aligned}$$

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

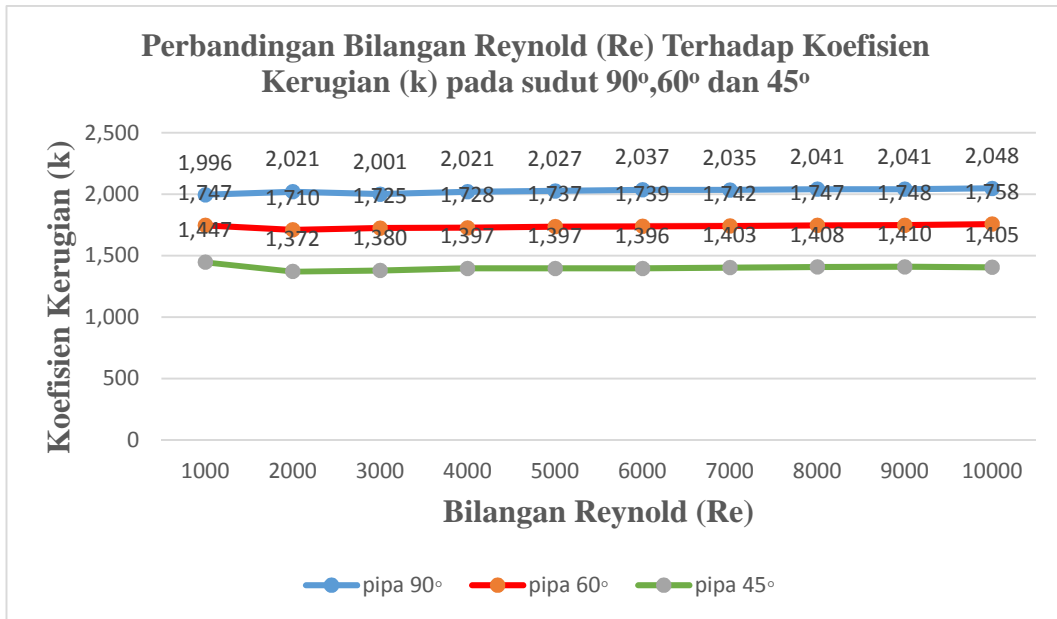
$$\begin{aligned}k &= \frac{2gH}{v^2} \\ &= \frac{2 \cdot 9,81 m/s^2 \cdot 0,0000296 m}{0,020^2 m/s} \\ &= 1,447\end{aligned}$$

Tabel 4.8 Hasil Nilai Perhitungan koefisien Kerugian Tekanan Aliran (k) pada susut belokan 45°.

<b>Bilangan Reynold</b>	<b>Koefisien Kerugian (k)</b>
1000	1.447
2000	1.372
3000	1.380
4000	1.397
5000	1.397
6000	1.396
7000	1.403
8000	1.408
9000	1.410
10000	1.405

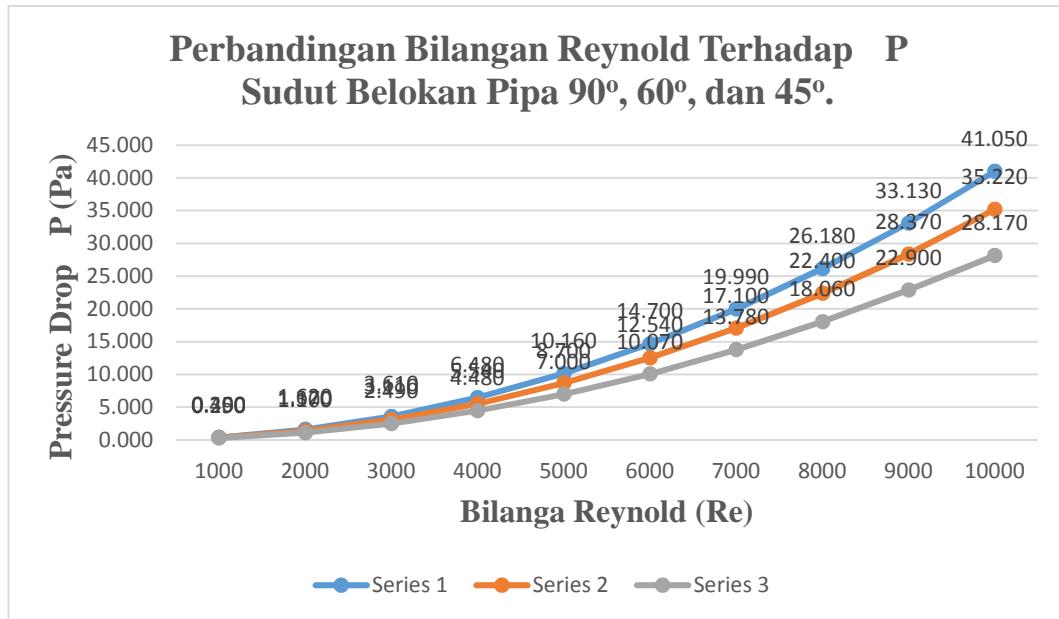
Tabel 4.9 Hasil Nilai Perhitungan P Pada sudut Belokan Pipa 45°.

<b>Bilangan Reynold</b>	<b>P (Pa)</b>
1000	0.290
2000	1.100
3000	2.490
4000	4.480
5000	7.000
6000	10.070
7000	13.780
8000	18.060
9000	22.900
10000	28.170



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Bilangan Reynold (Re) Terhadap Koefisien Kerugian (k) sudut 90°, 60° dan 45°.

Pada grafik Perbandingan Bilangan Reynold (Re) Terhadap Koefisien Kerugian (k) pada sudut belokan pipa 90°, 60°, dan 45°. Dapat dilihat bahwa nilai bilangan reynold berbanding terbalik terhadap nilai (k). Semakin Besar Bilangan Reynoldnya maka semakin kecil koefisien kerugiannya. Hal ini terjadi karena bilangan Reynold (Re) berbanding lurus terhadap kecepatan Aliran (v). Sehingga pada saat kecepatan aliran tinggi hambatan yang terjadi pada aliran akan menjadi semakin kecil. Hal ini membuat nilai koefisien koefisien kerugiannya semakin kecil.



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Nilai Bilangan Reynold Terhadap *Pressure Drop* ( $P$ ).

Pada Grafik Perbandingan Nilai Bilangan Reynold Terhadap *Pressure Drop* ( $P$ ) diatas, dapat dilihat bahwa bilangan Reynold ( $Re$ ) berbanding lurus terhadap *pressure drop*. Semakin besar bilangan Reynoldnya maka semakin besar pula nilai *pressure drop* nya. Aliran dengan jumlah nilai *pressure drop* tertinggi yaitu terjadi pada aliran sudut belokan  $90^\circ$ . Hal dikarenakan aliran dengan belokan radius  $90^\circ$ , belokan alirannya membentuk sudut siku, sehingga terjadi penurunan tekanan yang cukup besar pada belokan tersebut yang disebabkan gesekan antara dinding pipa, sehingga selisih tekanan yang terjadi antara aliran masuk dan aliran keluar fluida menjadi lebih besar dan menyebabkan nilai *pressure drop* menjadi lebih besar. Sementara aliran pada Sudut belokan  $60^\circ$  dan  $45^\circ$  *pressure drop* yang terjadi tidak terlalu besar dibandingka dengan sudut belokan  $90^\circ$ . Hal ini dikarenakan sudut  $60^\circ$  dan  $45^\circ$  memiliki sudut belokan yang sederhana dan sudut belokan cenderung landai sehingga tidak terjadi penurunan tekanan yang cukup besar dibandingkan kan dengan sudut  $90^\circ$ .



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil simulasi numerik yang telah dilakukan pada desain pipa sudut belokan  $90^\circ$ ,  $60^\circ$  dan  $45^\circ$  dengan menggunakan 10 (Sepuluh) variasi kecepatan aliran fluida yang didapat dari hasil perhitungan nilai  $Re$  1000 – 10.000 Pada tiap masing – masing desain pipa, maka diperoleh kesimpulan bahwa Sudut belokan pada pipa sangat berpengaruh terhadap penurunan tekanan aliran. Terbukti setelah dilakukan simulasi dengan nilai kecepatan awal yang sama antara sudut  $90^\circ$ ,  $60^\circ$  dan  $45^\circ$ , didapat sebuah perbandingan hasil bahwa semakin besar sudut belokan pipa, maka semakin besar nilai penurunan tekanan yang terjadi. Dan dari Hasil analisis didapat nilai penurunan tekanan (*pressure drop*) maksimum tertinggi ada pada sudut belokan pipa  $90^\circ$  yaitu pada  $Re$  10.000 sebesar 41,050 Pa, untuk tekanan maksimum paling rendah ada pada sudut belokan pipa  $45^\circ$  yaitu sebesar 28,170 Pa. Sedangkan pada Sudut  $60^\circ$  Yaitu sebesar 35,220 Pa, Tepat Berada diantara Sudut  $90^\circ$  dan  $45^\circ$ .

#### 5.2 Saran

1. Masukan data- data yang menjadi acuan dalam simulasi dengan teliti, karena jika terjadi kesalahan sedikit, maka keakuratan data hasil simulasi tidak akan maksimal.
2. Lakukanlah simulasi minimal sebanyak 2 (dua) kali disetiap percobaan simulasi, demi keakuratan data hasil yang diinginkan.

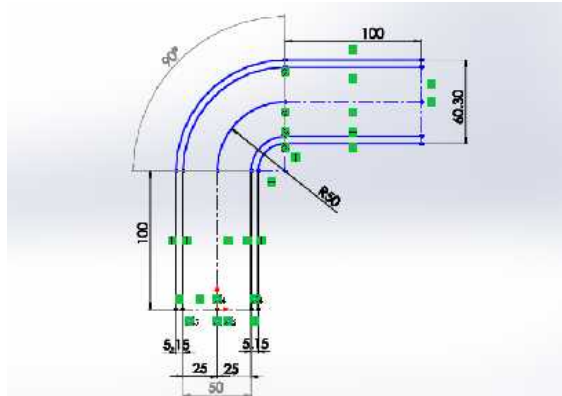


## DAFTAR PUSTAKA

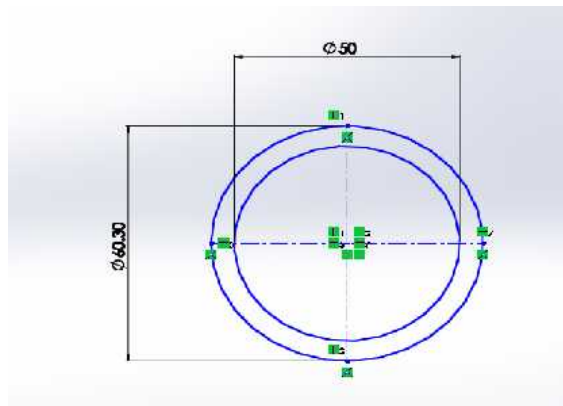
- Negara, W.P. (2007). Perbandingan Analisis Pressure Drop Pada Pipa Lengkung  $90^{\circ}$  standar Ansi B36.10 Dengan Cosmosfloworks 2007. Fakultas Industri, Jurusan Teknik Mesin. Universitas Gunadharma: Jakarta.
- Zainudin, I Made Adi Sayoga dan I Made Nuarsa. (2012). Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap *Head Losses* Aliran Pipa. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram: Nusa Tenggara Barat.
- Nugraha, Arif Yunizar. Rudy Soenoko, Slamet Wahyudi (2014) Pemodelan dan Verifikasi Aliran Dua Fase (Air-Udara) di Belokan 90 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya: Malang.
- Surendro, Bambang. Muhammad Amin. (2010). Pengaruh Sudut Belokan Terhadap Tinggi Tekanan Air Pada Saluran Pipa. Fakultas Teknik, Universitas Tidar Magelang: Jawa Tengah
- Sularso dan Haruo Tahara (2000). Pompa dan Kompresor, Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan. PT Pradnya Paramita : Jalan Bunga 8 -8A Jakarta Pusat.
- Waspodo, (2008). Analisa Head Loss Sistem Jaringan Pipa Padasambungan Pipa Kombinasi Diameter Berbeda. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak: Kalimantan Barat.
- Pratikto dan Wahyudi, S. (2010). Penurunan Kerugian *Head* pada Belokan Pipa dengan Peletakan *Tube Bundle* Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijay: Malang.
- Wiriyanta, I.K.E.H. (2015). *Void Fraction* Dan Pemetaan Pola Aliran Dua Fase (Air-Udara) Melewati *Elbow 75^{\circ}* Dari Pipa Vertikal Menuju Pipa Miring  $15^{\circ}$ . Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali Bukit Jimbaran, P.O Box 1064 Tuban, Badung: Bali.
- Sepfitrah dan Rizal, Y. (2013). Analisa *Pressure Drop* Pada Instalasi Pipa Alat Uji Rugi-Rugi Aliran Menggunakan *Cfd Fluent 6.0*. Program Studi Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian: Riau.
- Maesaroh, Latifah. Yudha Arman dan Yoga Satria Putra (2014) Simulasi Profil Aliran Fluida Pada Media Berpori Menggunakan Metode Lattice Boltzman Model BGK D2Q9. Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Tanjungpura: Pontianak.
- Zainudin, I Made Adi Sayoga dan I Made Nuarsa. (2012). Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap *Head Losses* Aliran Pipa. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram: Nusa Tenggara Barat

Sulthoni, Muhammad Iqbal. (2016). Perbandingan Analisis Pressure Drop Pada Pipa Lengkung  $90^0$  Dan  $135^0$  Melalui Modifikasi Bagan Moody Untuk Laju Aliran. Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember: Jawa Timur.

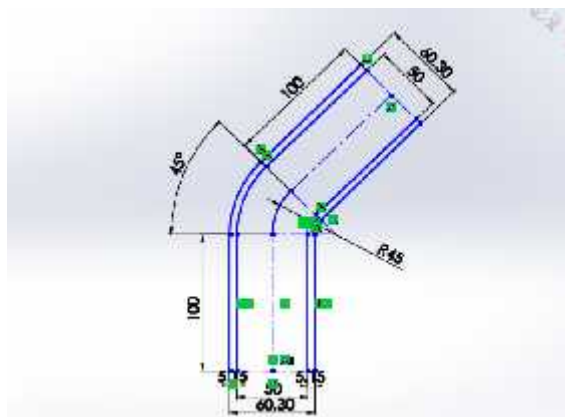
## LAMPIRAN



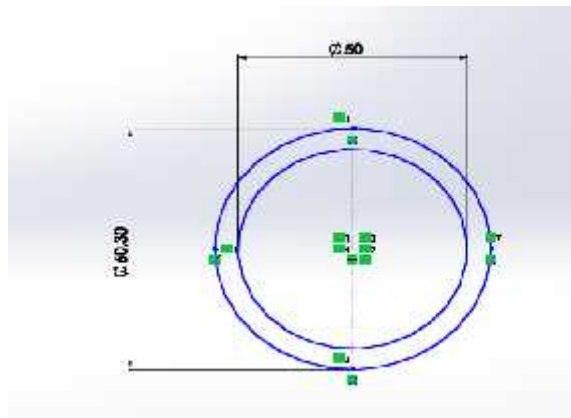
Gambar Pipa Sudut 90° (Tampak Atas)



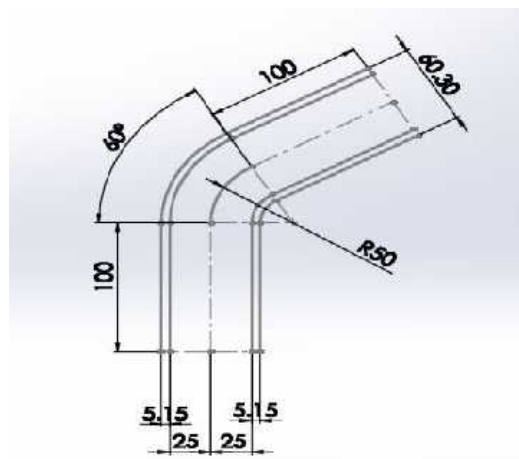
Gambar Pipa Sudut 90° (Tampak Depan)



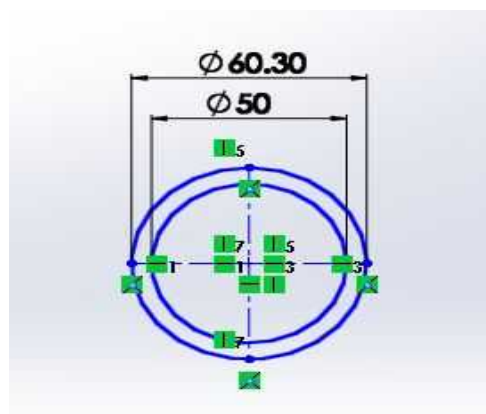
Gambar Pipa Sudut 45° (Tampak Atas)



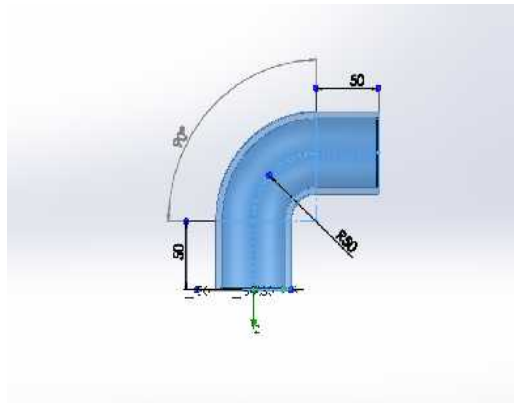
Gambar Pipa Sudut  $45^\circ$  (Tampak Depan)



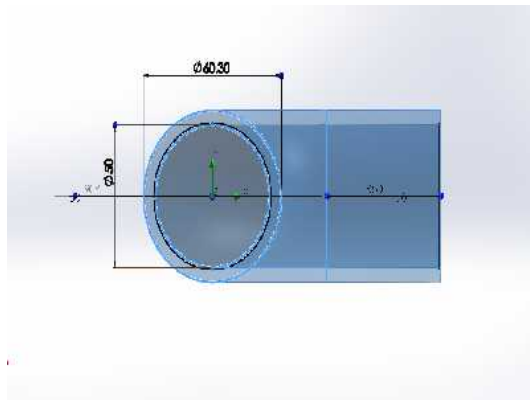
Gambar Pipa Sudut  $60^\circ$  (Tampak Atas)



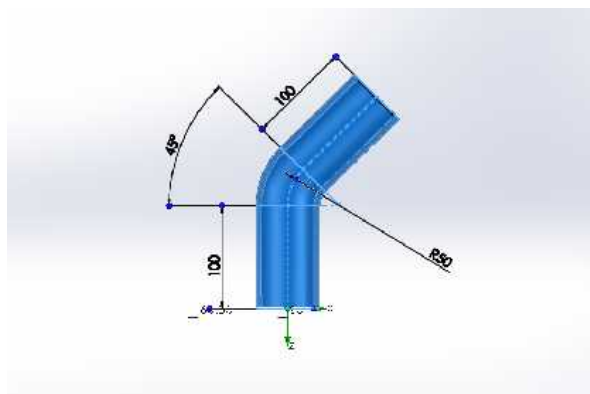
Gambar Pipa Sudut  $60^\circ$  (Tampak Depan)



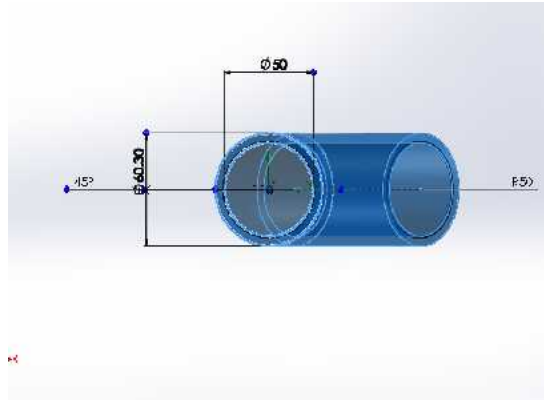
Gambar Desain Pipa sudut  $90^\circ$  setelah di Revolved Boss/Base  
(tampak Atas).



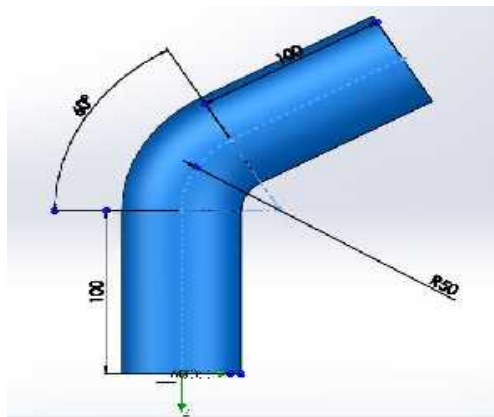
Gambar Desain Pipa sudut  $90^\circ$  setelah di Revolved Boss/Base  
(Tampak Depan).



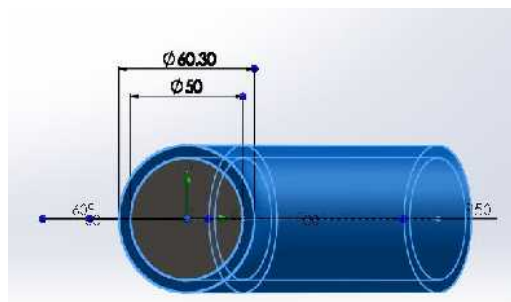
Gambar Desain Pipa sudut  $45^\circ$  setelah di Revolved Boss/Base  
(Tampak Atas)



Gambar Desain Pipa sudut 45° setelah di Revolved Boss/Base (Tampak depan).

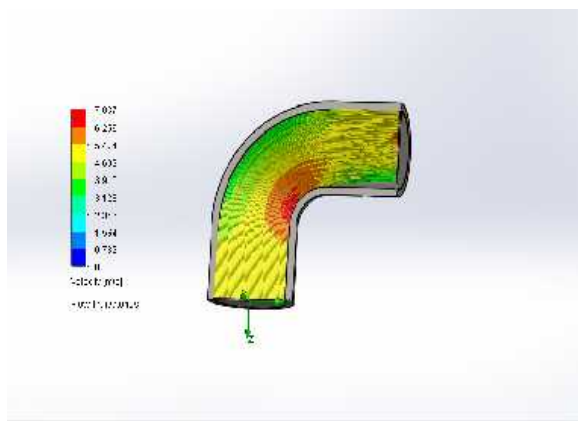


Gambar Desain Pipa sudut 60° setelah di Revolved Boss/Base (Tampak Atas)

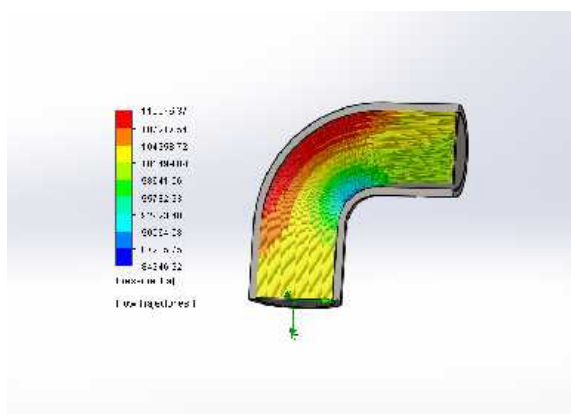


Gambar Desain Pipa sudut 60° setelah di Revolved Boss/Base (Tampak depan).

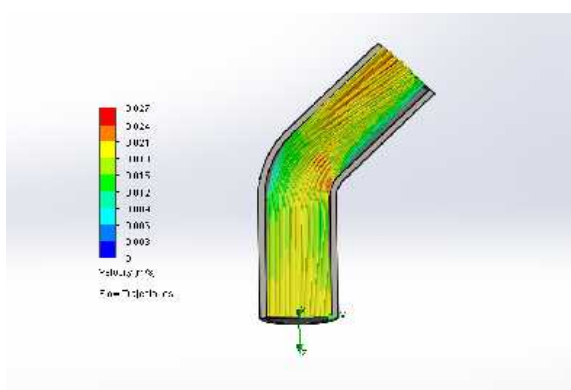




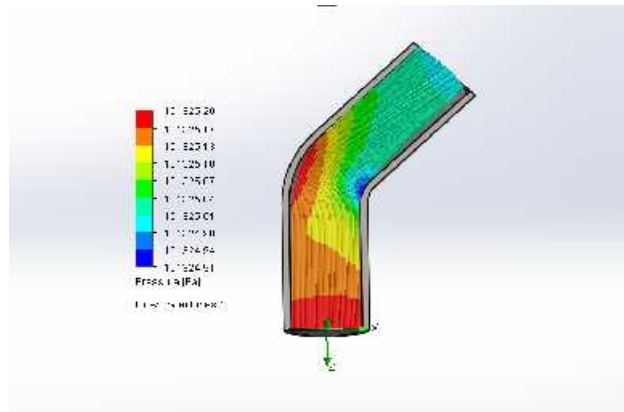
Gambar hasil *Flow simulation Velocity* Pipa sudut 90°



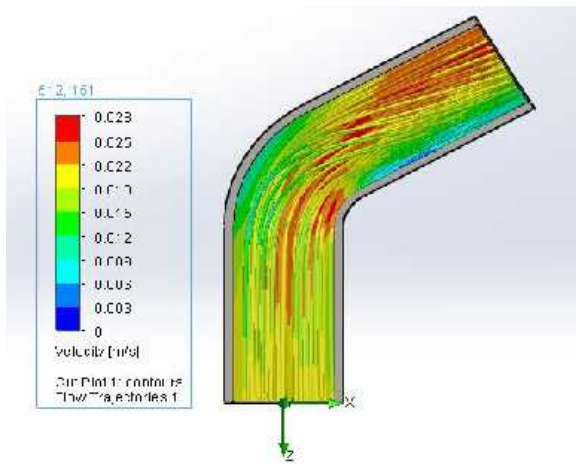
Gambar hasil *Flow simulation Pressure* Pipa sudut 90°



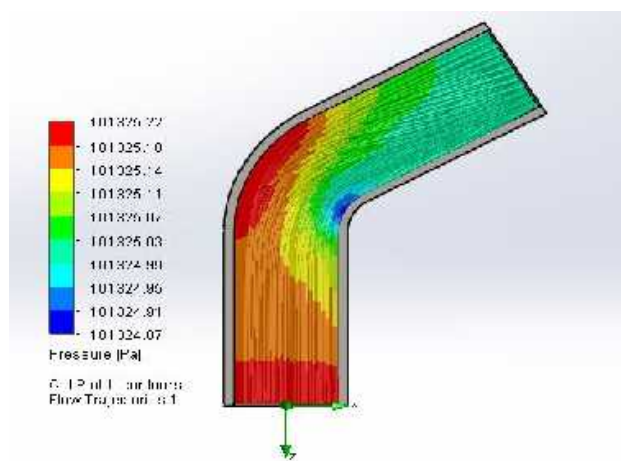
Gambar hasil *Flow simulation Velocity* Pipa sudut 45°



Gambar hasil *Flow simulation Pressure* Pipa sudut 45°



Gambar hasil *Flow simulation Velocity* Pipa sudut 60°



Gambar hasil *Flow simulation Pressure* Pipa sudut 60°

E A-9  
Properties of saturated water

Saturation Pressure $P_{sat}$ , kPa	Density $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>		Enthalpy of Vaporization $h_{fg}$ , kJ/kg	Specific Heat $c_p$ , J/kg·K		Thermal Conductivity $k$ , W/m·K		Dynamic Viscosity $\mu$ , kg/m·s		Prandtl Number $Pr$		Volume Expansion Coefficient $\beta$ , 1/K
	Liquid	Vapor		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	
0.6113	999.8	0.0048	2501	4217	1854	0.561	0.0171	$1.792 \times 10^{-4}$	$0.922 \times 10^{-6}$	13.5	1.00	$-0.068 \times 10^{-4}$
0.8721	999.9	0.0068	2490	4205	1857	0.571	0.0173	$1.519 \times 10^{-4}$	$0.934 \times 10^{-6}$	11.2	1.00	$0.015 \times 10^{-4}$
1.2276	999.7	0.0094	2478	4194	1862	0.580	0.0176	$1.307 \times 10^{-4}$	$0.946 \times 10^{-6}$	9.45	1.00	$0.733 \times 10^{-5}$
1.7051	999.1	0.0128	2466	4185	1863	0.589	0.0179	$1.138 \times 10^{-4}$	$0.959 \times 10^{-6}$	8.09	1.00	$0.138 \times 10^{-4}$
2.339	998.0	0.0173	2454	4182	1867	0.598	0.0182	$1.002 \times 10^{-4}$	$0.973 \times 10^{-6}$	7.01	1.00	$0.195 \times 10^{-4}$
3.169	997.0	0.0231	2442	4180	1870	0.607	0.0186	$8.891 \times 10^{-5}$	$0.987 \times 10^{-6}$	6.14	1.00	$0.247 \times 10^{-4}$
4.246	996.0	0.0304	2431	4178	1875	0.615	0.0189	$7.998 \times 10^{-5}$	$1.001 \times 10^{-6}$	5.42	1.00	$0.294 \times 10^{-4}$
5.628	994.0	0.0397	2419	4178	1880	0.623	0.0192	$7.200 \times 10^{-5}$	$1.016 \times 10^{-6}$	4.83	1.00	$0.337 \times 10^{-4}$
7.384	992.1	0.0512	2407	4179	1885	0.631	0.0196	$6.553 \times 10^{-5}$	$1.031 \times 10^{-6}$	4.32	1.00	$0.377 \times 10^{-4}$
9.593	990.1	0.0655	2395	4180	1892	0.637	0.0200	$5.96 \times 10^{-5}$	$1.046 \times 10^{-6}$	3.91	1.00	$0.415 \times 10^{-4}$
12.35	988.1	0.0831	2383	4181	1900	0.644	0.0204	$5.47 \times 10^{-5}$	$1.062 \times 10^{-6}$	3.55	1.00	$0.451 \times 10^{-4}$
15.76	985.2	0.1045	2371	4183	1908	0.649	0.0208	$5.04 \times 10^{-5}$	$1.077 \times 10^{-6}$	3.25	1.00	$0.484 \times 10^{-4}$
19.94	983.3	0.1304	2359	4185	1916	0.654	0.0212	$4.67 \times 10^{-5}$	$1.093 \times 10^{-6}$	2.99	1.00	$0.517 \times 10^{-4}$
25.03	980.4	0.1614	2346	4187	1926	0.659	0.0216	$4.33 \times 10^{-5}$	$1.110 \times 10^{-6}$	2.75	1.00	$0.548 \times 10^{-4}$
31.19	977.5	0.1983	2334	4190	1936	0.663	0.0221	$4.04 \times 10^{-5}$	$1.126 \times 10^{-6}$	2.55	1.00	$0.578 \times 10^{-4}$
38.58	974.7	0.2421	2321	4193	1948	0.667	0.0225	$3.78 \times 10^{-5}$	$1.142 \times 10^{-6}$	2.38	1.00	$0.607 \times 10^{-4}$
47.39	971.8	0.2935	2309	4197	1962	0.670	0.0230	$3.55 \times 10^{-5}$	$1.159 \times 10^{-6}$	2.22	1.00	$0.653 \times 10^{-4}$
57.83	968.1	0.3536	2296	4201	1977	0.673	0.0235	$3.33 \times 10^{-5}$	$1.176 \times 10^{-6}$	2.08	1.00	$0.670 \times 10^{-4}$
70.14	965.3	0.4235	2283	4206	1993	0.675	0.0240	$3.15 \times 10^{-5}$	$1.193 \times 10^{-6}$	1.96	1.00	$0.702 \times 10^{-4}$
84.55	961.5	0.5045	2270	4212	2010	0.677	0.0246	$2.97 \times 10^{-5}$	$1.210 \times 10^{-6}$	1.85	1.00	$0.716 \times 10^{-4}$
101.33	957.9	0.5978	2257	4217	2029	0.679	0.0251	$2.82 \times 10^{-5}$	$1.227 \times 10^{-6}$	1.75	1.00	$0.750 \times 10^{-4}$
143.27	950.6	0.8263	2230	4229	2071	0.682	0.0262	$2.55 \times 10^{-5}$	$1.261 \times 10^{-6}$	1.58	1.00	$0.798 \times 10^{-4}$
198.53	943.4	1.121	2203	4244	2120	0.683	0.0275	$2.32 \times 10^{-5}$	$1.296 \times 10^{-6}$	1.44	1.00	$0.858 \times 10^{-4}$
270.1	934.6	1.496	2174	4263	2177	0.684	0.0288	$2.13 \times 10^{-5}$	$1.330 \times 10^{-6}$	1.33	1.01	$0.913 \times 10^{-4}$
361.3	921.7	1.965	2145	4286	2244	0.683	0.0301	$1.97 \times 10^{-5}$	$1.365 \times 10^{-6}$	1.24	1.02	$0.970 \times 10^{-4}$
475.8	916.6	2.546	2114	4311	2314	0.682	0.0316	$1.83 \times 10^{-5}$	$1.399 \times 10^{-6}$	1.16	1.02	$1.025 \times 10^{-4}$
617.8	907.4	3.256	2083	4340	2420	0.680	0.0331	$1.70 \times 10^{-5}$	$1.434 \times 10^{-6}$	1.09	1.05	$1.145 \times 10^{-4}$
791.7	897.7	4.119	2050	4370	2490	0.677	0.0347	$1.60 \times 10^{-5}$	$1.468 \times 10^{-6}$	1.03	1.05	$1.178 \times 10^{-4}$
1,002.1	887.3	5.153	2015	4410	2590	0.673	0.0364	$1.50 \times 10^{-5}$	$1.502 \times 10^{-6}$	0.983	1.07	$1.210 \times 10^{-4}$
1,254.4	876.4	6.388	1979	4460	2710	0.669	0.0382	$1.42 \times 10^{-5}$	$1.537 \times 10^{-6}$	0.947	1.09	$1.280 \times 10^{-4}$
1,553.8	864.3	7.852	1941	4500	2840	0.663	0.0401	$1.34 \times 10^{-5}$	$1.571 \times 10^{-6}$	0.910	1.11	$1.350 \times 10^{-4}$
2,318	840.3	11.60	1859	4610	3110	0.650	0.0442	$1.22 \times 10^{-5}$	$1.641 \times 10^{-6}$	0.865	1.15	$1.520 \times 10^{-4}$
3,344	813.7	16.73	1767	4760	3520	0.632	0.0487	$1.11 \times 10^{-5}$	$1.712 \times 10^{-6}$	0.836	1.24	$1.720 \times 10^{-4}$
4,688	783.7	23.69	1663	4970	4070	0.609	0.0540	$1.02 \times 10^{-5}$	$1.788 \times 10^{-6}$	0.832	1.35	$2.000 \times 10^{-4}$
6,412	750.8	33.15	1544	5280	4835	0.581	0.0605	$0.94 \times 10^{-5}$	$1.870 \times 10^{-6}$	0.854	1.49	$2.380 \times 10^{-4}$
8,581	713.8	46.15	1405	5750	5980	0.548	0.0695	$0.86 \times 10^{-5}$	$1.965 \times 10^{-6}$	0.902	1.69	$2.950 \times 10^{-4}$
11,274	667.1	64.57	1239	6540	7900	0.509	0.0836	$0.78 \times 10^{-5}$	$2.084 \times 10^{-6}$	1.00	1.97	
14,586	610.5	92.62	1028	8240	11,870	0.469	0.110	$0.70 \times 10^{-5}$	$2.255 \times 10^{-6}$	1.23	2.43	
18,651	528.3	144.0	720	14,690	25,800	0.427	0.178	$0.60 \times 10^{-5}$	$2.571 \times 10^{-6}$	2.06	3.73	
22,090	317.0	317.0	0	—	—	—	—	$0.043 \times 10^{-5}$	$4.313 \times 10^{-6}$			

kinematic viscosity  $\nu$  and thermal diffusivity  $\alpha$  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°C are the triple-, boiling-, and critical-point temperatures of water, respectively. The properties listed above (except the vapor density) can be used with negligible error except at temperatures near the critical-point value.  
 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.  
 Viscosity and thermal conductivity data are from J. V. Sengers and J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), 1-1322. Other data are obtained from various sources or calculated.

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Simulasi Numerik Profil Aliran Dan Penurunan Tekanan Aliran Terhadap Sudut Belokan Pipa.

Nama : Bayu Septian  
NPM : 1407230270

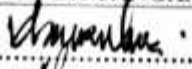
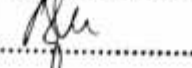
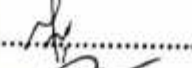
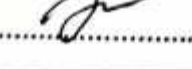
Dosen Pembimbing 1 : Khairul Umurani, S.T., M.T  
Dosen Pembimbing 2 : Sudirman Lubis, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
----	--------------	----------	-------











- |  |  |                               |    |
|--|--|-------------------------------|----|
|  |  | - Pemberian spesifikasi tugas | 6  |
|  |  | - Perbaiki pendahuluan        | 6  |
|  |  | - Perbaiki tujuan masalah     | 6  |
|  |  | - Perbaiki Metode             | 6  |
|  |  | - Perbaiki hasil pembahasan   | 6  |
|  |  | - lanjut lampiran 2           | 6  |
|  |  | - cek kembali spasi           | AG |
|  |  | - tambahkan data persamaan    | AG |
|  |  | - Perbaiki halaman            | AG |
|  |  | - Arc scanner                 | AG |

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

Peserta Seminar  
 Nama : Bayu Septian  
 NPM : 1407230270  
 Judul Tugas Akhir : Simulasi Numerik Profil Aliran dan Penurunan Tekanan Aliran Terhadap Sudut belokan 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	:	Bekti Suroso.S.T.M.Eng	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1407230055	DIMAS PRAYOGI	
2	1207230052	Akwariudin	
3	1507230200	DICKY BENUNIZAR KIASUTION	
4	1507230277	Tariz Abdillah	
5	1407210198	Asrul ARIAN HRP	
6	1407230231	M Amin	
7	1407230201	RIZKI AKIYAH S.T.M.T	
8	1407230262	Bekti Maulana Permana	
9	1407230100	Azhur Werdityasmoro	
10	1407230035	Sandi Irawan	

Medan 28 Jum.Akhir 1440 H  
 05 Maret 2019 M



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

NAMA : Bayu Septian  
NPM : 1407230270  
Judul T.Akhir : Simulasi Numerik Profil Aliran Dan Penurunan Tekanan Aliran Terhadap Sudut Belokan 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 : Bekti Suroso.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 28 Jum.Akhir 1440H  
05 Maret 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 : Bayu Septian  
NPM : 1407230270  
Judul T.Akhir : Simulasi Numerik Profil Aliran Dan Penurunan Tekanan Aliran Terhadap Sudut Belokan Pipa.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc  
Dosen Pemanding - II : Bekti Suroso.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

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

*lihat pada masalah tugas Akhir.*

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 28 Jum.Akhir 1440H  
05 Maret 2019 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pemanding- II

  
Bekti Suroso.S.T.M.T

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

1. Nama : BAYU SEPTIAN
2. Jenis Kelamin : Laki – Laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Parbutaran, 20 September 1995
4. Kewarganegaraan : Indonesia
5. Status : Belum Kawin
6. Agama : Islam
7. Alamat : Huta II Lorong Bakti, Desa. Parbutaran  
Kec. Bosar Maligas, Kab. Simalungun
8. No. Hp : 085297410866
9. Email : [bayuseptian020@gmail.com](mailto:bayuseptian020@gmail.com)

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

NO	PENDIDIKAN FORMAL	TAHUN
1	SD NEGERI 095217 BOSAR MALIGAS	2002 - 2008
2	SMP NEGERI 2 BOSAR MALIGAS	2008 - 2011
3	SMK YAPIM TARUNA BANDAR	2011– 2014
4	TEKNIK MESIN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA	2014 - 2019