

## SIMULASI KERJA ALIRAN ALIRAN FLUIDA PADA HIDROLIK DENGAN KEKUATAN 1 MPa PADA SAAT DILAKUKAN UJI BENDING DENGAN SIMULASI CFD

A. Riswan<sup>1</sup>, Ansor Salim Siregar<sup>2</sup>, Sunny Ineza Putri<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail: [achmad.riswan17@gmail.com](mailto:achmad.riswan17@gmail.com)<sup>1</sup>, [dosen10016@unpam.ac.id](mailto:dosen10016@unpam.ac.id)<sup>2</sup>, [dosen02783@unpam.ac.id](mailto:dosen02783@unpam.ac.id)<sup>3</sup>

Masuk : 5 Oktober 2021    Direvisi : 12 November 2021    Disetujui : 20 November 2021

**Abstrak:** Bidang mekanika fluida merupakan salah satu contoh yang memerlukan perhatian khusus karena cakupan aplikasi dan aplikasinya yang luas, baik pada industri kecil, menengah maupun besar. Karena peningkatan kapasitas dan aliran turbulen pada pipa lengkung dapat menurunkan tekanan, sehingga dapat digunakan aliran tereduksi. Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah metode komputasi yang mengontrol ukuran, luas, dan volume dengan menggunakan perhitungan komputer untuk menghitung setiap elemen pembagiannya. Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah menggunakan software CFD bertujuan untuk mengetahui pembuatan design, geometri dan simulasi pada aliran fluida didalam pipa. Nilai Velocity dan Pressure antara pipa dengan sudut 45° dan 90° memiliki nilai Head Loss (hL) yang berbeda, dari hasil simulasi didapatkan untuk sudut 45° memiliki nilai Head Loss sebesar 0.02622 m dan sudut 90° memiliki nilai head loss sebesar 0.42118 m. Sebagai saran dari semua percobaan yang sudah dilakukan, sebaiknya dipilih design pipa dengan sudut bending 45°, dikarenakan aliran fluida dengan sudut 45° memiliki nilai *Head Loss* yang lebih kecil.

Kata kunci: Fluida, Pipa 45° dan 90°, CFD

**Abstract:** *The field of fluid mechanics is one example that requires special attention because of the wide range of applications and applications, both in small, medium and large industries. Due to the increased capacity and turbulent flow in the curved pipe can reduce the pressure, so reduced flow can be used. Computational Fluid Dynamics (CFD) is a computational method that controls size, area, and volume by using computer calculations to calculate each divisor element. The method used in this research is to use CFD software to determine the design, geometry and simulation of fluid flow in the pipe. Velocity and Pressure values between pipes with 45° and 90° angles have different Head Loss (hL) values, from the simulation results for 45° angles, the Head Loss value is 0.02622 m and the 90° angle has a head loss value of 0.42118 m. As a suggestion from all the experiments that have been carried out, it is better to choose a pipe design with a bending angle of 45°, because fluid flow with an angle of 45° has a smaller Head Loss value.*

Keywords: Fluid, Pipes 45° and 90°, CFD

### PENDAHULUAN

Ada banyak perkembangan saat ini teknologi, termasuk alat penemuan dapat menggantikan tenaga kerja seperti menggunakan pompa dalam hidup Anda sehari-hari. pompa adalah memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat lain Melalui media pipa sebagai saluran. prinsip bekerja pompa, yang mentransfer energi mekanik ke energi kinetik. Saat pompa mulai bekerja, kapasitas pompa tidak mencukupi untuk kapasitas yang dibutuhkan. Karena peningkatan kapasitas dan aliran turbulen pada pipa lengkung dapat menurunkan tekanan, sehingga dapat digunakan aliran tereduksi. pertanyaan yang diajukan bagaimana kinerjanya dalam penelitian ini Aliran fluida dalam tester lentur penelitian ini untuk memahami perbedaan sifat aliran fluida pada tekanan tertentu 1 MPa.<sup>[1]</sup>

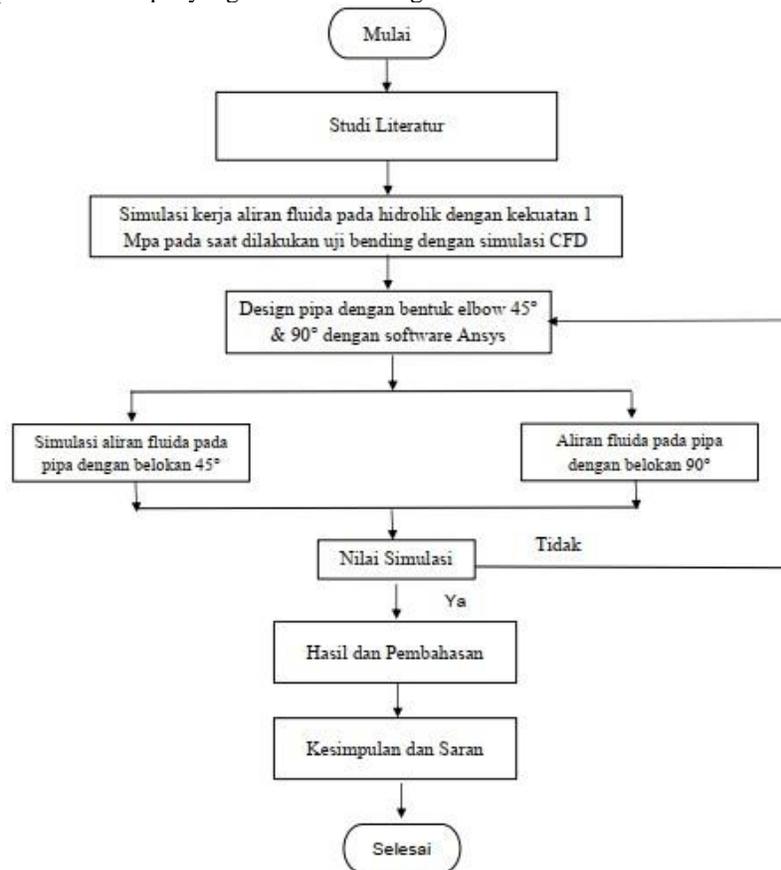
Dengan dilakukannya simulasi pada aliran fluida didalam pipa maka dapat mengetahui pengaruh aliran fluida didalam pipa ketika mengalir melewati sudut pipa 45° dan 90° saat diberikan kukeuatan sebesar 1 MPa. Serta untuk mencari nilai *head loss* pada aliran fluida ketika melewati dsudut pipa 45° dan 90° saat dilakukan simulasi.<sup>[2]</sup>

Dalam bidang teknik, bidang mekanika fluida merupakan salah satu contoh yang memerlukan perhatian khusus karena cakupan aplikasi dan aplikasinya yang luas, baik pada industri kecil, menengah maupun besar. Dalam dunia industri selalu diperlukan peningkatan kinerja guna meningkatkan produk yang dihasilkan industri, sehingga hasil yang diperoleh tidak lepas dari mesin atau alat yang mengolah produk yang dihasilkan dengan menggunakan sistem perpipaan. Dalam instalasi perpipaan digunakan beberapa sambungan yang salah satunya digunakan untuk membelokkan arah distribusi aliran fluida, percabangan aliran sesuai kebutuhan.<sup>[3]</sup>

Untuk mengetahui kekuatan bending suatu material dapat dilakukan dengan pengujian bending terhadap material komposit tersebut. Kekuatan bending atau kekuatan lengkung adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan bending tergantung pada jenis material dan pembebanan. Akibat Pengujian bending, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah, hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada pengujian komposit. Kekuatan bending pada sisi bawah<sup>[4]</sup>

## METODOLOGI

Dalam penelitian ini diperlukan kerangka / tahapan pengerjaan dari tahapan memulai sampai selesai agar mempermudah dalam penulis, dan pembaca dapat memahami tahapan pengerjaan penelitian ini. Berikut ini adalah diagram alir proses penelitian Skripsi yang antara lain sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir

## Langkah-Langkah Simulasi

Perisapan alat-alat sebelum dilakukan pengujian atau pada saat waktu pengujian dilakukan.

### 1. Laptop

Laptop yang digunakan untuk simulasikan Ansys adalah laptop Lenovo

### 2. Software ANSYS STUDENT R1



Gambar 3.5 Software ANSYS STUDENT 2022 R1

Pada penelitian CFD ini dengan menggunakan *Software ANSYS STUDENT R1*. Dengan *software* ini dapat digunakan untuk mensimulasikan profil aliran fluida didalam pipa pada mesin uji bending. *Software ANSYS STUDENT R1* mempunyai peranan yang penting dalam simulasi CFD.

### Langkah – Langkah Desain

Sebelum melakukan desain geometri, ada beberapa langkah yang harus diketahui untuk membuat part pada *Software ANSYS 2022 R1* sebagai berikut:

#### 1. Design Part

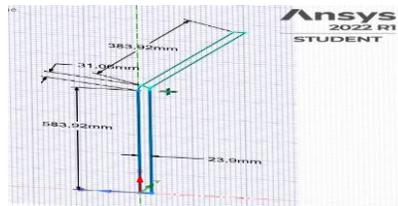
Model desain geometri pipa yang akan dirancang adalah pipa dengan memberikan besar sudut belokan  $45^\circ$  dan  $90^\circ$ . Berikut ini adalah langkah-langkah perancangan model dengan menggunakan *Software ANSYS Workbench 2022 R1*.

- Nyalakan computer yang akan digunakan untuk merancang desain pipa yang akan dibuat.
- Buka *Software ANSYS Workbench 2022 R1* pada computer
- Pilih “*Fluid Flow (Fluent)*” pada tampilan *Software ANSYS Workbench 2022 R1*, kemudian pilih “*Geometry*”.
- Pilih “*Sketch*” pada menu bar kemudian pilih “*Top Plane*”
- Membuat desain pipa dengan besar sudut pipa  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  dan  $90^\circ$

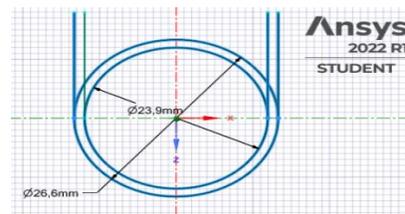
Pipa yang direncanakan memiliki ukuran sebagai berikut.

#### 1. Pipa dengan sudut $45^\circ$

- Nominal *Pipa Size* =  $\frac{3}{4}$
- Diameter Dalam (DN) = 23,9 mm
- Diameter Luar (OD) = 26,6 mm
- Panjang pipa = 400 mm dan 600 mm
- Sudut Belokan Pipa =  $45^\circ$



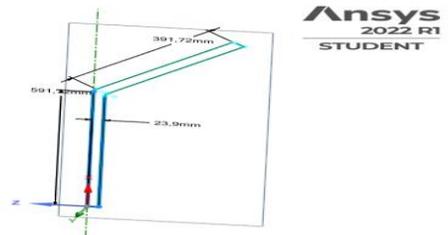
Gambar 3.6 pipa sudut  $45^\circ$  (Tampak Atas)



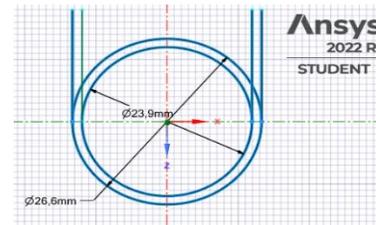
Gambar 3.7 pipa sudut  $45^\circ$  (Tampak Depan)

II. Pipa dengan sudut 60°

1. Nominal *Pipa Size* = ¾
2. Diameter Dalam (DN) = 23,9 mm
3. Diameter Luar (OD) = 26,6 mm
4. Panjang Pipa = 400 mm dan 600 mm
5. Sudut Belokan Pipa = 60°



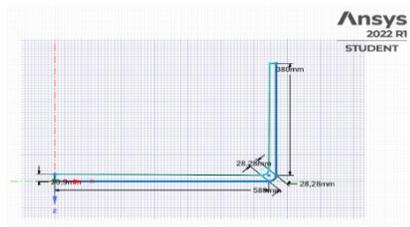
Gambar 3.8 pipa sudut 60° (Tampak Atas)



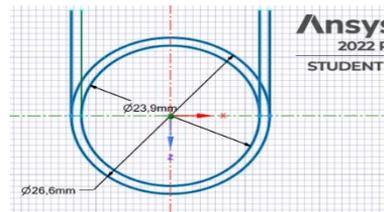
Gambar 3.9 pipa sudut 60° (Tampak Depan)

III. Pipa dengan sudut 90°

1. Nominal *Pipa Size* = ¾
2. Diameter Dalam (DN) = 23,9 mm
3. Diameter Luar (OD) = 26,6 mm
4. Panjang Pipa = 400 mm dan 600 mm
5. Sudut Belokan Pipa = 90°



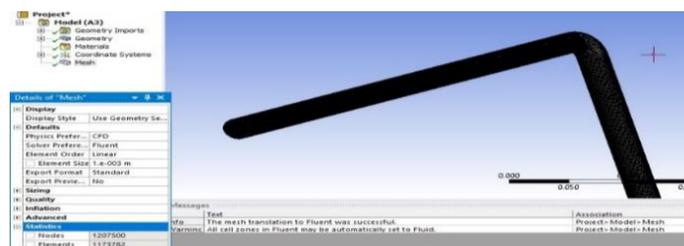
Gambar 3.10 pipa sudut 90° (Tampak Samping)



Gambar 3.11 pipa sudut 90° (Tampak Depan)

2. Meshing

*Meshing* adalah membagi objek menjadi bagian-bagian yang lebih kecil. Semakin kecil grid, semakin akurat hasil perhitungan, tetapi membutuhkan lebih banyak daya komputer. Fungsi meshing digunakan untuk membentuk geometri, meshing dan mendefinisikan jenis batas dalam geometri sesuai dengan kecepatan aliran fluida yang melewatinya. Ada banyak perubahan pada software Workbench. Dengan menyesuaikan jumlah titik grid pada setiap baris, perubahan dari grid kasar ke grid halus dapat dicapai. Kepadatan mesh di area dinding juga bervariasi untuk memprediksi timbulnya superheating.



Gambar 3.12 Simulasi Mesh

Solver: Type pilih "Pressure Based", Velocity Formulation pilih "Absolute"

1. Time pilih "Steady"

2. Gravity (contreng)

A. Models

1. Energi : on

2. Viscous : K-epsilon klik "Edit" pilih "K-epsilon" lalu "OK"

B. Material

1. Fluid : Fuel-oil-Liquid pilih "Air" lalu pilih "Fluent Database" lalu kemudian pilih "Fuel-oil Liquid" kemudian klik "Copy - Close"

2. Solid : Steel

C. Cell Zone Conditions

Fuid : Material name pilih "fuel oil liquid" lalu klik "Apply" selanjutnya di "Close"

D. Boundary Conditions

1. Inlet pilih "Velocity Inlet" klik "edit" memberikan kecepatan awal lalu klik "Apply" selanjutnya di "Close"

2. Outlet : Pressure Outlet pilih "Apply" lalu klik "Close"

3. Operation condition (Pressure) memberikan nilai tekanan mijalnya 5 bar.

4. Gravity (Contreng) , Sumbu y -9,81

5. Reference Values : Compute From "Inlet"

1. Solutions

1. Monitor

1) Redual : 1e-05, 1e-06 dan seterusnya.

2) Initiazation pilih "Standard Initiazition", Compute From pilih "Inlet", Reverence frame pilih "Relative to cell zone"

2. Run calculation : parameters bagian number of iteration (1000)

2. Results

1. Graphich pilih "contour" lalu block "inlet, outlet, wall" lalu klik compute kemudian save

2. Reports pilih "surface integral"

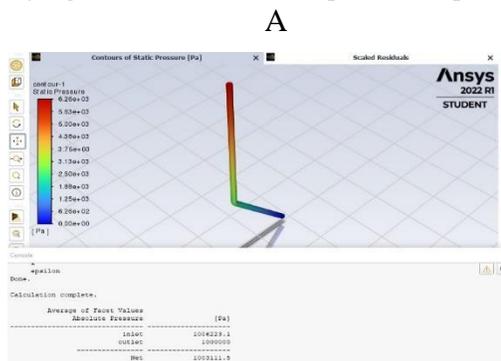
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, profil aliran numerik dan penurunan tekanan aliran dengan sudut tikungan disimulasikan menggunakan 3 jenis variasi tikungan, 45° tikungan dan 90° tikungan. Kekuatan tekanan untuk kedua simulasi adalah 1.000.000 Pa (1 MPa).

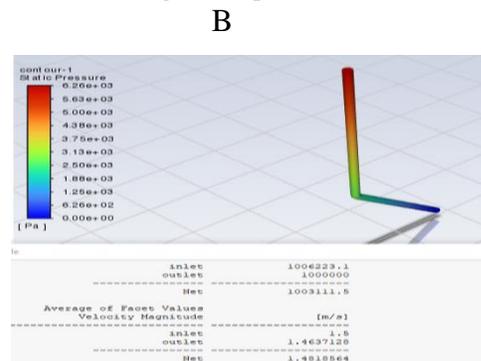
### 1. Simulasi Aliran Dengan Belokan Pipa 45°

Simulasi percobaan, yaitu dimulai dengan memberikan beban tekanan masuk (Pressure Inlet) 1.000.000 Pa (1 Mpa)

a. Simulasi pada tekanan masuk (pressure inlet) 1.000.000 Pa (1 Mpa) dan dengan Velocity awal 1,5 m/s. Pada perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan kecepatan aliran fluida dengan kecepatan awal 1,5 m/s.



Gambar 4.1 hasil Pressure Pipa sudut 45°



Gambar 4.2 hasil Velocity Pipa sudut 45°

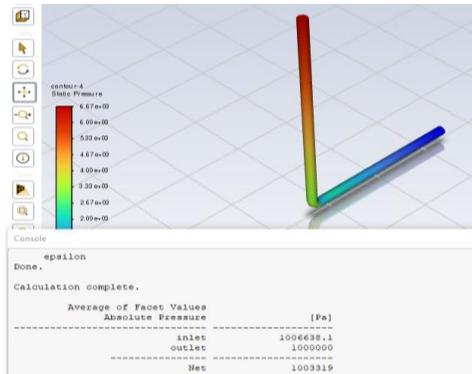
### 2. Simulasi Aliran Dengan Belokan Pipa 90°

Simulasi percobaan, yaitu dimulai dengan memberikan beban tekanan masuk (Pressure Inlet) 1.000.000 Pa (1 Mpa)

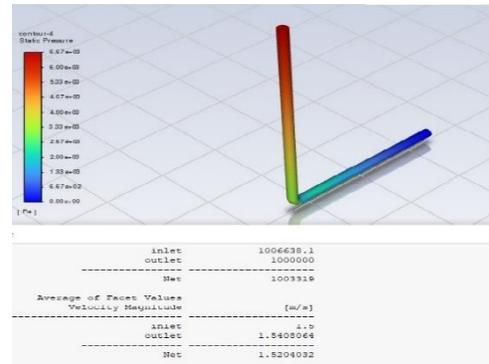
1) Simulasi pada tekanan masuk (*pressure inlet*) 1.000.000 Pa (1 Mpa) dan dengan *Velocity* awal 1,5 m/s. Pada perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan kecepatan aliran fluida dengan kecepatan awal 1,5 m/s.

C

D

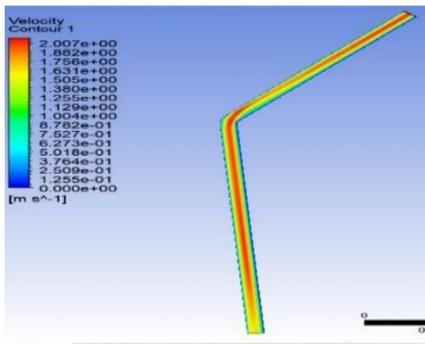


Gambar 4.3 hasil *Pressure* Pipa sudut 45°

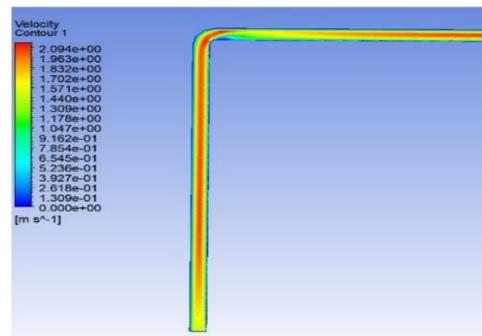


Gambar 4.4 hasil *Velocity* Pipa sudut 45°

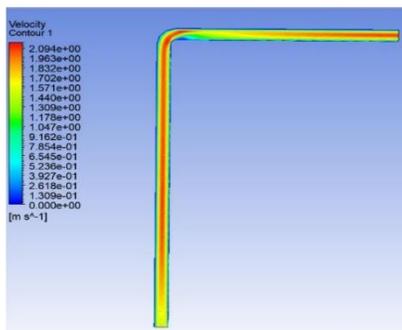
- Gambar hasil *Pressure* pipa sudut 45° dengan tekanan yang diberikan 1000000 Pa
- Gambar hasil *Velocity* pipa sudut 45° dengan tekanan yang diberikan 1000000 Pa
- Gambar hasil *Pressure* pipa sudut 90° dengan tekanan yang diberikan 1000000 Pa
- Gambar hasil *Velocity* pipa sudut 90° dengan tekanan yang diberikan 1000000 Pa



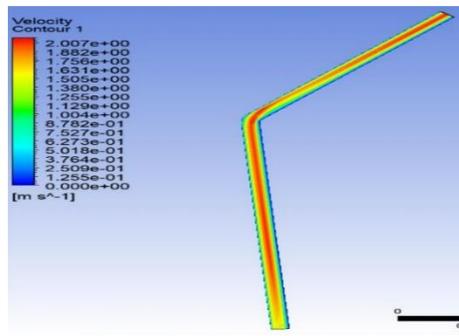
Gambar 4.5 hasil simulasi *Velocity* pipa sudut 45°



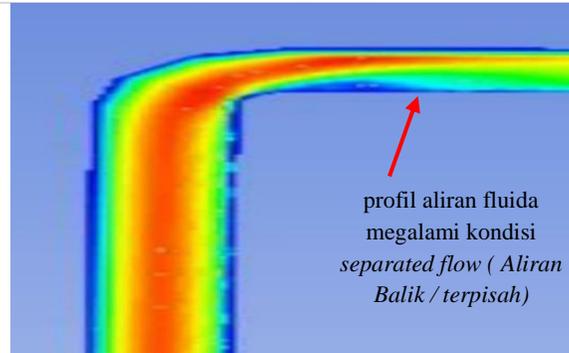
Gambar hasil 4.6 simulasi *Velocity* pipa sudut 90°



Gambar 4.7 hasil simulasi *Pressure* pipa sudut 45°



Gambar 4.8 hasil simulasi *Pressure* pipa sudut 90°



profil aliran fluida mengalami kondisi *separated flow* ( Aliran Balik / terpisah)

Gambar 4.5 hasil simulasi *separated flow*

Tabel 4.1 Hasil simulasi

Bending	Pressure	Pressure		Velocity		Selisih
		Inlet (Pa)	Outlet (Pa)	Inlet (m/s)	Outlet (m/s)	ΔP (Pa)
45°	1 Mpa	1006223,1	1000000	1,5	1,4637	6223,1
90°	1 Mpa	1006638,1	1000000	1,5	1,5408	6638,1

Sumber: A.Riswan (Dokumen Skripsi)

## 2. Pembahasan

Dalam pembahasan ini, nilai yang dicari adalah nilai kerugian gesekan yang diakibatkan dari bendingan pipa pada saat fluida mengalir melewati area bendingan pipa. Tekanan yang diberikan pada aliran pipa dengan sudut 45° dan sudut 90° sebesar 1000000 Pa (1 MPa)

### 1. Koefisien nilai kerugian gesekan pada sudut belokan pipa 45°

Simulasi tekanan yang diberikan yaitu 1000000 Pa (1 MPa). Nilai P in dan P out , diperoleh dari menu “Point Parameters” dengan memilih dimana titik masuk dan titik keluarnya aliran fluida pada simulasi.

a. 1.000.000 Pa (1 MPa)

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{\rho u D}{\mu} & (1) \\
 &= \frac{960 \times 1,5 \times 0,0239}{0,048} \\
 &= \frac{34,416}{0,048} \\
 &= 717 \rightarrow \text{Laminer flow} \\
 f &= \frac{64}{Re} \\
 &= \frac{64}{717} \\
 &= 0,0892608089
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta P \text{ Hitungan} &= \frac{1}{2} f \rho u^2 \frac{\pi R b}{D} \frac{\theta}{180^\circ} + \frac{1}{2} k_b \rho u^2 + \rho g z_2 & (2) \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,0892608089 \times 960 \times (1,5)^2 \text{m/s} \times \frac{3,14 \times 0,02 \text{ m}}{0,0239 \text{ m}} \times \frac{45^\circ}{180^\circ} \\
 &\quad + \frac{1}{2} \times 0,17 \times 960 \times (1,5)^2 + 960 \times 9,81 \times 0,6
 \end{aligned}$$

$$= 5897,5 \text{ Pa}$$

$$\Delta P \text{ Simulas} = P_{\text{in}} - P_{\text{out}} \quad (3)$$

$$= 1006223,05 \text{ Pa} - 1000000 \text{ Pa}$$

$$= 6223,05 \text{ Pa}$$

$$\gamma = \rho g \quad (4)$$

$$= 960 \times 9,81$$

$$= 9417,6$$

$$hL = \frac{1}{2g} fV^2 \frac{\pi Rb}{D} \frac{\theta}{180^\circ} + \frac{1}{2g} kb \quad (5)$$

$$= \frac{1}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \times 0,0892608089 \times (1,5 \text{ m/s})^2 \frac{3,14 \times 0,02}{0,0239} \times$$

$$= \frac{45^\circ}{180^\circ} + \frac{1}{2 \times 9,81} \times 0,17 \times (1,5 \text{ m/s})^2$$

$$= 0,02622$$

## 2. Koefisien nilai kerugian gesekan pada sudut belokan pipa 90°

Simulasi tekanan yang diberikan yaitu 1000000 Pa (1 MPa). Nilai P in dan P out, diperoleh dari menu "Point Parameters" dengan memilih dimana titik masuk dan titik keluarnya aliran fluida pada simulasi.

a. 1.000.000 Pa (1 Mpa)

$$Re = \frac{\rho u D}{\mu} \quad (1)$$

$$= \frac{960 \times 1,5 \times 0,0239}{0,048}$$

$$= \frac{34,416}{0,048}$$

$$= 717 \rightarrow \text{Laminer flow}$$

$$f = \frac{64}{Re}$$

$$= \frac{64}{717}$$

$$= 0,0892608089$$

$$\Delta P \text{ Hitungan} = \frac{1}{2} f \rho u^2 \frac{\pi Rb}{D} \frac{\theta}{180^\circ} + \frac{1}{2} kb \rho u^2 + \rho g z_2 \quad (2)$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,0892608089 \times 960 \times (1,5)^2 \text{ m/s}^2 \times \frac{3,14 \times 0,02 \text{ m}}{0,0239 \text{ m}} \times \frac{90^\circ}{180^\circ}$$

$$+ \frac{1}{2} \times 0,25 \times 960 \times (1,5)^2 + 960 \times 9,81 \times 0,6$$

$$= 6047,2 \text{ Pa}$$

$$\Delta P \text{ Simulasi} = P_{\text{in}} - P_{\text{out}} \quad (3)$$

$$= 506638,08 \text{ Pa} - 500000 \text{ Pa}$$

$$= 6638,08 \text{ Pa}$$

$$\gamma = \rho g \quad (4)$$

$$= 960 \times 9,81$$

$$= 9417,6$$

$$hL = \frac{1}{2g} fV^2 \frac{\pi Rb}{D} \frac{\theta}{180^\circ} + \frac{1}{2g} kb \quad (5)$$

$$= \frac{1}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \times 0,0892608089 \times (1,5 \text{ m/s})^2 \frac{3,14 \times 0,02}{0,0239} \times$$

$$= \frac{90^\circ}{180^\circ} + \frac{1}{2 \times 9,81} \times 0,25 \times (1,5 \text{ m/s})^2$$

$$= 0,042118$$

Hasil perbandingan *Pressure Drop* antara hasil simulasi dan hasil perhitungan

**TABEL 4.1 DATA PRESSURE**

Bending	Pressure	$\Delta P$ simulasi (Pa)	$\Delta P$ Hasil hitungan (Pa)	Selisih (Pa)
45°	1 Mpa	6223,1	5897,5	325.6
90°	1 Mpa	6638.1	6047,2	590.9

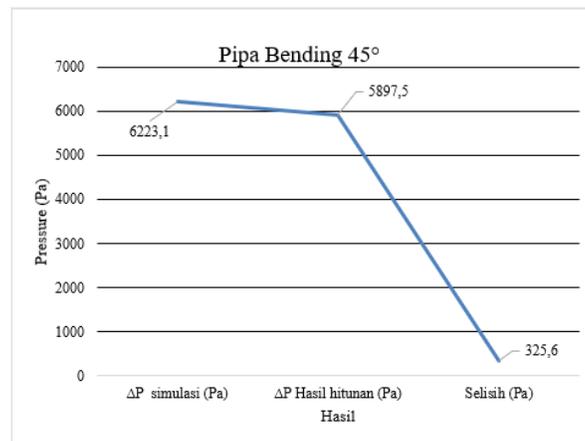
**TABEL 4.2 DATA VELOCITY**

Bending	Pressure	Hasil simulasi Velocity Inlet (m/s)	Hasil simulasi Velocity Outlet (m/s)
45°	1 Mpa	1.5	1,4637128
90°	1 Mpa	1.5	1,5408064

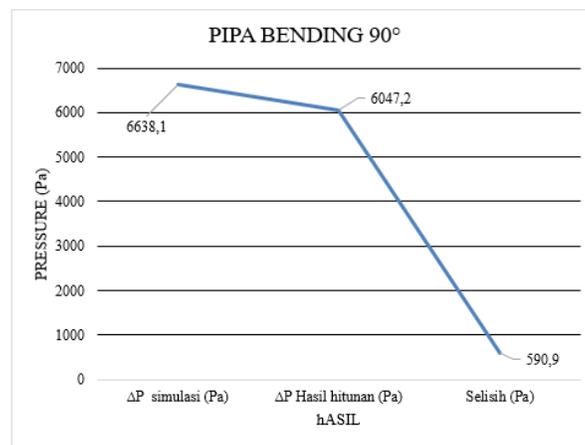
**TABEL 4.3 DATA HEAD LOSS**

Bending	Pressure	Head Loss (hL) (m)
45°	1 Mpa	0.02622
90°	1 Mpa	0.42118

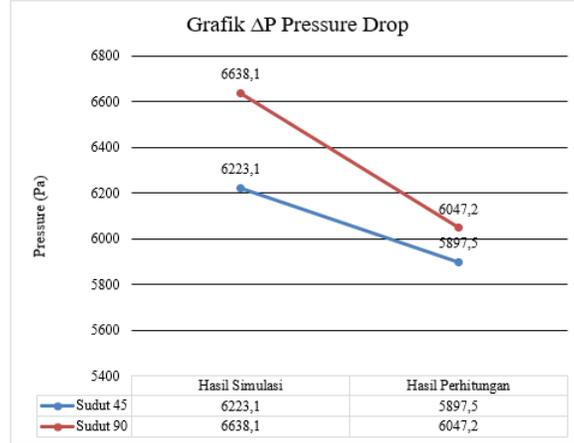
### KESIMPULAN



Gambar 4.6 Pipa Bending 45°



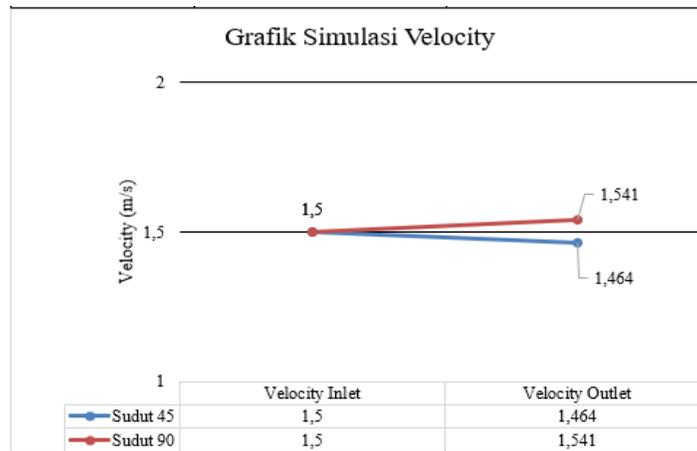
Gambar 4.7 pipa bending 90°



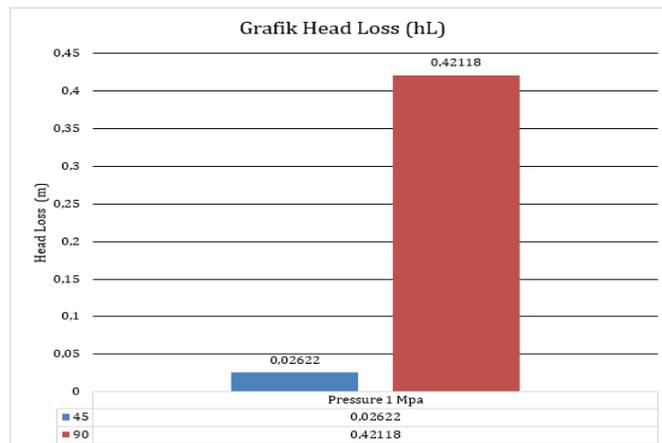
Gambar 4.8 perbandingan pressure drop

Tabel 4.1 Perbandingan bending dan pressure

Bending	Pressure	Head Loss (hL) (m)
45°	1 Mpa	0.02622
90°	1 Mpa	0.42118



Gambar 4.9 Hasil Simulasi Velocity



Gambar 4.1 Perbandingan Head Loss (hL)

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari hasil pengambilan data simulasi CFD dan perhitungan yang telah dilakukan pada desain pipa dengan sudut bending elbow 45° dan 90° dengan memberikan tekanan pada aliran fluida sebesar 1 MPa. Dengan demikian setiap design pipa dengan bentuk bending elbow dapat mempengaruhi tekanan aliran dan nilai gesekan dalam pipa. Terbukti dari hasil simulasi CFD dan perhitungan nilai *Velocity* dan *Pressure* anatara pipa dengan sudut bending elbow 45° dan 90° terdapat perbandingan data hasil simulasi dan perhitungan, semakin besar sudut bending pipa maka semakin besar juga nilai gesekan dalam pipa.

1. Dapat disimpulkan design pipa dengan *elbow* 45° dan 90° memiliki nilai *Head Loss* (hL) yang berbeda. Dari hasil simulasi didapati sudut *bending* 45° memiliki nilai *Head Loss* sebesar 0.02622 m dan sudut *bending* 90° memiliki nilai *Head Loss* sebesar 0.42118 m.
2. Maka untuk nilai kecepatan aliran fluida didalam pipa setiap bentuk sudut memiliki nilai yang berbeda, untuk sudut 45° nilai aliran kecepatan fluid inlet 1,5 m/s dan outlet 1,464 m/s dalam hal ini sudut 45° menyebabkan penurunan aliran kecepatan fluida, dan untuk sudut 90° aliran fluida pada inlet 1,5 m/s pada outlet naik menjadi 1,541 m/s. kesimpulanya semakin kecil bentuk sudut belokan suatu pipa maka nilai kecepatannya akan menurun pada saat melewati belokan.

## **SARAN**

1. Lakukan pengambilan data simulasi dan perhitungan minimal 3 kali dengan tujuan mendapatkan nilai dan hasil yang diinginkan.
2. Sebagai saran dari semua percobaan yang sudah dilakukan, sebaiknya menggunakan design pipa dengan sudut bending 45°, dikarenakan aliran fluida dengan sudut 45° memiliki nilai gesekan dalam pipa yang lebih kecil.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Raden Suhardi Putra (2015). Analisa Perhitungan Beban Cooling Tower Pada Fluida Di Mesin Injeksi Plastik. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta.
- [2] Eswanto, Dian Syahputra<sup>2</sup>(2017). Analisa Distribusi Kapasitas Aliran Fluida Di Daerah Percabangan Pada Sistem Perpipaan. *Jurnal Teknologi Terapan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Medan*.
- [3] Awal syahrani, alimuddin sam, C. (2013). Variasi Arus Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Pada Hasil Pengelasan SM490. *Jurnal Mekanika, Jurusan Teknik Mesin, Univ. Tadulako*, 4(2), 393402.
- [4] Ciptiyani, E. (2010). Simulasi Mekanika Fluida Dinamis Pada Pelajaran Fisika Berbasis Multimedia Interaktif. *Simulasi Mekanika Fluida Dinamis Pada Pelajaran Fisika Berbasis Multimedia Interaktif*, 6–17.
- [5] Dharma, U. S., & Yuono, L. D. (2017). Analisa Pengepresan Dengan Sistem Hidrolik Pada Alat Pembuat Paving Block Untuk Perkerasan Lahan Parkir. *Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Univ. Muhammadiyah Metro Lampung*, 5(1). <https://doi.org/10.24127/trb.v5i1.121>.
- [6] Sepfitrah, Yose Rizal (2014). Analisa Pressure Drop Pada Instalasi Pipa Alat Uji Rugi-Rugi Aliran Menggunakan CFD Fluent 6.0 Program Studi Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian, Riau 2014.
- [7] Singgih Priyanto E, (2014). Analisa Aliran Fluida Pada Pipa Acrylic Diameter 12,7 mm (0,5 inci) dan 38,1 mm (1,5 inci). Fakultas Teknologi Industri, Teknik Mesin Universitas Gunadarma-Depok 2014.
- [8] Sahabuddin, Hamzah Baharuddin, Ikhsan (2014). Pengaliran Udara Untuk Kenyamanan Termal Ruang Kelas Dengan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamics. Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- [9] Madadina Dwi Andini dkk. (2019). Rancang Bangun Alat Praktikum Hukum Bernoulli Pada Fluida Ideal. *Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Indonesia*, 2(1), 379–382.
- [10] Eswanto, E., & Syahputra, D. (2017). Analisa Distribusi Kapasitas Aliran Fluida Di Daerah Percabangan Pada Sistem Perpipaan. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 3(1), 7–11. <https://doi.org/10.31884/jtt.v3i1.7>