

SKRIPSI
ANALISIS DAN SIMULASI HIDRODINAMIKA PADA POMPA
SENTRIFUGAL KS-SE3

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Study Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi Dan Perawatan*



Disusun oleh:

DOAN
2204211330

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNIK MESIN PRODUKSI DAN PERAWATAN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
BENGKALIS
2025

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

*“ Aku memulai dengan Nama Tuhan Yesus dan dengan penuh keyakinan
mengakhiri dengan kata amin ”*

“ Jangan takut, percaya saja ”

(Markus 5 : 36)

PERSEMBAHAN

Tiada lembar yang paling inti dalam laporan skripsi ini kecuali lembar persembahan, laporan skripsi ini saya persembahkan sebagai tanda bukti kepada orang tua, pasangan, sahabat, serta teman-teman yang selalu memberikan support untuk menyelesaikan skripsi ini. Terlambat lulus atau lulus tidak tepat waktu bukanlah sebuah kejahatan, bukan pula sebuah aib. Bukankah sebaik-baiknya skripsi adalah skripsi yang selesai? Karena kemungkinan ada satu hal dibalik itu semua, dan percayalah alasan saya disini merupakan alasan yang sepenuhnya baik.

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS DAN SIMULASI *HIDRODINAMIKA* PADA POMPA SENTRIFUGAL KS-SE3

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Sarjana Terapan
Jurusan Teknik Mesin*

**Oleh:
DOAN
2204211330**

Disetujui oleh Tim Penguji Skripsi :

Tanggal Ujian : 10 Oktober 2025

ERWEN MARTIANIS, S.T., M.T.
NIP 197303172021211003

(Pembimbing I)

IRWAN KURNIAWAN, S.T., M.T.
NIP 198510132025211035

(Pembimbing II)

AKMAL INDRA, S.Pd., M.T.
NIP 197509122021211002

(Penguji I)

BAMBANG DWI HARIPRIADI, S.T., M.T.
NIP 197801302021211004

(Penguji II)

FIRMAN ALHAFFIS, S.T., M.T.
NIP 198401302019031005

(Penguji III)

**Bengkalis, 15 Desember 2025
Ketua Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bengkalis**

**IBNU HAJAR, S.T., M.T.
NIP 197108102021211001**

HALAMAN PENGESAHAN

Kami dengan sebenarnya menyatakan bahwa, kami telah membaca keseluruhan dari Skripsi ini, dan kami berpendapat bahwa Skripsi ini layak dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana.

Tanda Tangan :

Penguji 1 : AKMAL INDRA, S.Pd., M.T.

Tanggal Pengujian : 10 Oktober 2025

Tanda Tangan :

Penguji 2 : BAMBANG DWI HARIPRIADI, S.T., M.T.

Tanggal Pengujian : 10 Oktober 2025

Tanda Tangan :

Penguji 3 : FIRMAN ALHAFFIS, S.T., M.T.

Tanggal Pengujian : 10 Oktober 2025

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Penulis menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah asli hasil karya penulis dan tidak pernah terdapat karya yang pernah dilakukan untuk memperoleh gelar kesarjana diperguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan penulis juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau di publikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Bengkalis, 11 Desember 2025

DOAN
NIM 2204211330

ANALISIS DAN SIMULASI HIDRODINAMIKA PADA SISTEM POMPA SENTRIFUGAL KS – SE3

Nama : Doan

Nim : 2204211330

Dosen pembimbing I : Erwen Martianis, S.T., M.T.

Dosen pembimbing II : Irwan Kurniawan, S.T., M.T.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik aliran fluida dalam sistem pompa sentrifugal menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Analisis ini berfokus pada distribusi kecepatan, tekanan, dan kerugian energi (kerugian kepala) pada tekanan operasi 10 bar, 15 bar, dan 20 bar. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak CFD berdasarkan parameter desain pompa Kewpump KS-SE3. Hasil menunjukkan hubungan langsung antara peningkatan tekanan operasi dan kecepatan aliran, debit, serta kerugian kepala yang lebih tinggi. Pada 10 bar, kerugian kepala mencapai 96,34 m dengan debit 0,0604 m³/s, sedangkan pada 20 bar, kerugian kepala meningkat menjadi 192,69 m dengan debit 0,0869 m³/s. Distribusi kecepatan dominan di pusat pipa, sedangkan penurunan tekanan yang signifikan terjadi di outlet akibat gesekan dinding. Studi ini menyimpulkan bahwa CFD merupakan metode efektif untuk mengevaluasi kinerja pompa sentrifugal dan memberikan wawasan detail tentang fenomena hidrodinamika dalam sistem, yang dapat dijadikan acuan untuk desain pompa dan optimasi operasional.

Kata Kunci : Pompa sentrifugal, *Hidrodinamika*, CFD, *Head Loss*.

HIDRODYNAMIC ANALYSIS AND SIMULASION OF CENTRIFUGAL PUMP KS - SE3

Nama : Doan

Nim : 2204211330

Dosen Pembimbing I : Erwen Martianis,S.T., M.T.

Dosen Pembimbing II : Irwan Kurniawan,S.T., M.T.

ABSTRACT

This study aims to analyze the characteristics of fluid flow in a centrifugal pump system using Computational Fluid Dynamics (CFD). The analysis focuses on the distribution of velocity, pressure, and energy loss (head loss) at operating pressures of 10 bar, 15 bar, and 20 bar. The simulation was performed using CFD software based on the design parameters of the Kewpump KS-SE3 pump. The results show a direct relationship between increased operating pressure and flow velocity, discharge, and higher head loss. At 10 bar, the head loss reached 96.34 m with a discharge of 0.0604 m³/s, while at 20 bar, the head loss increased to 192.69 m with a discharge of 0.0869 m³/s. The dominant velocity distribution is at the center of the pipe, while a significant pressure drop occurs at the outlet due to wall friction. This study concludes that CFD is an effective method for evaluating centrifugal pump performance and provides detailed insights into hydrodynamic phenomena in the system, which can be used as a reference for pump design and operational optimization.

Kata Kunci : Centrifugal Pump, Hidrodynamic, CFD, Head loss

KATA PENGANTAR

Segala puji Syukur bagi TUHAN YANG MAHA ESA, yang telah memberikan berkatnya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini yang berjudul “ANALISIS DAN SIMULASI *HIDRODINAMIKA* PADA SISTEM POMPA SENTRIFUGAL KS – SE3”. Disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan ini dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi untuk memperbaiki sehingga menjadi lebih baik.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak memberikan saran, bimbingan serta bantuannya selama menyelesaikan Proposal ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Jhony Custer, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Bengkalis.
2. Bapak Ibnu Hajar, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak Bambang Dwi Haripriadi, ST., M.T. selaku Ketua Prodi Sarjana Terapan Teknik Mesin.
4. Bapak Erwen Martianis, S.T., M.T. selaku Pembimbing I Skripsi Tahun 2025.
5. Bapak Irwan Kurniawan, S.T., M.T. selaku Pembimbing II Skripsi Tahun 2025.
6. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin serta Bapak/Ibu bagian Laboran yang telah membantu dalam penyusunan laporan skripsi ini.
7. Kedua orang tua tercinta yang memberikan dorongan dan bantuan secara moral dan materi, serta doa yang tiada hentinya kepada penulis.

8. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin yang selalu menyertai penulis dalam membantu menyelesaikan skripsi ini.

Penulis mohon maaf atas segala kesalahan dalam penulisan proposal ini. Penulis berharap semoga proposal ini bermanfaat khususnya bagi mahasiswa Teknik Mesin.

Bengkalis, 28 Februari 2025

Penulis

Doan

NIM 2204211330

DAFTAR ISI

SKRIPSI	i
ANALISIS DAN SIMULASI <i>HIDRODINAMIKA</i> PADA POMPA SENTRIFUGAL KS-SE3.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Pompa.....	7
2.2.1 Pompa Kerja Positif (<i>positive displacement pump</i>)	8
2.2.2 Pompa Kerja Dinamis (<i>Non Positive Displacement Pump</i>).....	9
2.3 Pompa Sentrifugal	10
2.3.1 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal.....	10
2.3.2 Komponen Utama Pompa Sentrifugal	11
2.4.1 Head	13
2.4.2 Debit.....	14
2.4.3 Daya <i>Hidrolis</i>	15
2.4.4 Daya Elektrik	15
2.4.5 Efisiensi.....	15
2.5 <i>Hydrodinamika</i>	16
2.5.2. Jenis Aliran dalam <i>Hydrodinamika</i>	17
2.5.3. Bilangan Tak Berdimensi Penting	17
2.5.4. Aplikasi <i>Hydrodinamika</i>	18
2.5.5. Pendekatan Pemodelan	18

2.7	Simulasi CFD (<i>Computational Fluid Dynamics</i>).....	18
BAB III.....		21
METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	Alat.....	21
3.1.1	Komputer	21
3.1.2	<i>Software Solidwork</i>	22
3.2	Bahan.....	23
3.3	Tahapan Penelitian	23
3.3.1	Studi Literatur	23
3.3.2	Perancangan Desain	23
3.4	Simulasi.....	24
3.5	Diagram Alir	28
3.6	Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data	29
3.6.1	Studi Literatur.....	29
3.6.2	Studi Dokumen	29
3.7	Tempat dan Waktu Pelaksanaan	29
3.7.1	Tempat Pelaksanaan	29
3.7.2	Waktu Pelaksanaan.....	29
BAB IV		31
HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Data perancangan	31
4.2	Perhitungan Manual	31
4.2.1	Menghitung tekanan fluida	31
4.3	Simulasi CFD Tekanan 10 Bar.....	34
4.3.1	Menghitung <i>head loss, volume flow rate inlet, & outlet</i>	34
4.3.2	<i>flow trajectories velocity inlet 10 bar</i>	36
4.3.3	<i>flow trajectories velocity outlet 10 bar</i>	37
4.3.4	<i>flow trajectories pressure 10 bar</i>	37
4.4	Simulasi CFD Tekanan 15 Bar.....	38
4.4.2	<i>flow trajectories velocity inlet 15 bar</i>	40
4.4.3	<i>Flow trajectories velocity outlet 15 bar</i>	41
4.4.4	<i>Flow trajectories velocity pressure 15 bar</i>	42
4.5	Simulasi CFD Tekanan 20 Bar.....	42
4.5.1	Menghitung <i>Head loss, volume flow rate inlet, & outlet</i>	43
4.5.3	<i>Flow trajectories velocity outlet 20 bar</i>	45
4.5.4	<i>Flow trajectories velocity pressure 20 bar</i>	46

4.6.	Grafik <i>Averaged Value Pressure</i>	47
4.7	Grafik <i>Averaged Value Velocity Inlet</i>	48
4.8	Grafik <i>Averaged Value Velocity Outlet</i>	49
BAB V		51
PENUTUP		51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA		xiii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pompa.....	8
Gambar 2. 2 Karakteristik Pompa Kerja Positive	9
Gambar 2. 3 Karakteristik Pompa Kerja Dinamis	9
Gambar 2. 4 Pompa sentrifugal.....	10
Gambar 2. 5 Komponen Utama Pompa Sentrifugal	11
Gambar 3. 1 Laptop.....	21
Gambar 3. 2 Software <i>Solidwork</i>	22
Gambar 3. 3 Software <i>Ansys</i>	22
Gambar 3. 4 Pompa Kewpump KS-SE3	23
Gambar 3. 5 Desain pompa.....	24
Gambar 3. 6 Tahap <i>Assembly Geometry Casing Dan Impeller</i> Pompa	25
Gambar 3. 7 <i>Creat lids</i> pada <i>geometry</i>	25
Gambar 3. 8 <i>Click Wizard</i> pada <i>Solidwork</i>	26
Gambar 3. 9 setting unit system	26
Gambar 3. 10 <i>Analysis Type</i>	27
Gambar 3. 11 <i>Setting default fluid</i>	27
Gambar 3. 12 <i>Boundary Condition</i>	28
Gambar 3. 13 <i>Rotating Regions</i>	28
Gambar 3. 14 <i>Insert Surface Goals</i>	29
Gambar 3. 15 <i>Global Mesh Setting</i>	29
Gambar 3. 16 <i>Calculation Control Options</i>	30
Gambar 4. 1 <i>Flow trajectories velocity 10 bar</i>	36
Gambar 4. 2 <i>Flow trajectories velocity outlet 10 bar</i>	37
Gambar 4. 3 <i>Flow trajectories presure</i>	38
Gambar 4. 4 <i>Flow trajectories velocity 15 bar</i>	41
Gambar 4. 5 <i>Flow trajectories velocity outlet 15 bar</i>	41
Gambar 4. 6 <i>Flow trajectories presure</i>	42
Gambar 4. 7 <i>Flow trajectories velocity 20 bar</i>	45
Gambar 4. 8 <i>Flow trajectories velocity</i>	45
Gambar 4. 9 <i>Flow trajectories presure</i>	46
Gambar 4. 10 <i>Averaged presure</i>	47
Gambar 4. 11 <i>Averaged velocity inlet</i>	48
Gambar 4. 12 <i>Averaged velocity outlet</i>	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Pompa Kewpump KS-SE3	23
Tabel 3. 2 Spesifikasi parameter	24
Tabel 3. 3 Waktu Pelaksanaan	30
Tabel 4. 1 Data Perancangan.....	31
Tabel 4.2 Hasil dari simulasi CFD 10 bar.....	34
Tabel 4.3 Hasil dari simulasi CFD 15 bar	39
Tabel 4.4 Hasil dari simulasi CFD 20 bar.....	43
Tabel 4.5 Hasil simulasi CFD <i>pressure</i> terhadap variasi jumlah bar.....	47
Tabel 4.6 Hasil simulasi CFD <i>velocit inlet</i> terhadap jumlah bar	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hidrodinamika adalah cabang dari mekanika fluida yang mempelajari gerak fluida, termasuk tekanan, kecepatan, turbulensi, dan distribusi energi. Dalam sistem pompa, faktor-faktor seperti kecepatan aliran, kavitasi, dan pola aliran sangat mempengaruhi performa sistem secara keseluruhan. Ketidaksesuaian antara karakteristik aliran dan desain pompa dapat menimbulkan kerugian energi, getaran, serta kerusakan pada komponen pompa.

Sistem *Hidrodinamika* merupakan suatu kesatuan sistem dimana di dalamnya terdapat air yang mengalir dari suatu tempat ke tempat yang lain dimana tempat tersebut bisa berupa tangki, bak, atau tempat penampungan lain. Sistem ini banyak diterapkan di bendungan, saluran – saluran irigasi, industri air minum dan bahkan industri – industri pengolahan pangan dan hasil pertanian. Para ilmuwan dan insinyur mempelajari sistem ini untuk menganalisa perubahan energi yang terjadi di sepanjang pipa akibat friksi di sepanjang pipa, katub, belokan, keran, dan perubahan diameter pipa (syahrul 2016).

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari tempat ke tempat yang lain dengan cara menaikkan tekanan cair tersebut. Kenaikan tekanan cairan tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan – hambatan aliran. Hambatan – hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek, pada prinsipnya pompa merubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida, energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan – tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui (Irfan Akbar, Erwen Martianis 2019)

Selain itu, dengan semakin berkembangnya perangkat lunak simulasi berbasis *Computation Fluid Dynamic* (CFD), memudahkan penelitian untuk menganalisa karakteristik aliran fluida secara mendalam didalam sistem pompa kini menjadilebih mudah dilakukan.

Dengan simulasi yang akurat, berbagai skenario operasional dapat diuji untuk mengevaluasi performa sistem dan mengidentifikasi potensi perbaikan. *Hidrodinamika* sebagai cabang mekanika fluida, berfokus pada analisis perilaku fluida bergerak dan interaksinya dengan lingkungan sekitarnya. Prinsip ini sangat relevan dalam desain pompa, terutama dalam memahami fenomena seperti turbulensi, kecepatan aliran, tekanan fluida, dan efisiensi transfer energi.

Pemahaman mendalam mengenai *Hidrodinamika* memungkinkan perancangan komponen pompa yang optimal, seperti *Impeller* dan *diffuser*, yang memiliki peran kunci dalam meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan analisis dan simulasi mendalam untuk memahami karakteristik *Hidrodinamika* yang terjadi dalam sistem ini.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat beberapa permasalahan utama yang akan dikaji dalam penelitian ini:

1. Bagaimana karakteristik aliran fluida didalam sistem pompa berdasarkan analisis *Hidrodinamika* ?
2. Bagaimana hasil simulasi hidrodinamika dapat digunakan digunakan untuk mengevaluasi kinerja pompa ?
3. Apa faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dan kestabilan aliran dalam sistem pompa ?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini fokus dan terarah, beberapa batasan penelitian ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya mencakup analisis dan simulasi *Hidrodinamika* pada sistem pompa.
2. Parameter – parameter yang di analisis dibatasi pada karakteristik aliran fluida, efisiensi pompa, dan desain komponen utama.
3. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan asumsi kondisi ideal.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis karakteristik aliran fluida pada sistem pompa dengan pendekatan hidrodinamika.
2. Melakukan simulasi numerik untuk memodelkan aliran fluida menggunakan perangkat lunak CFD.
3. Menyusun rekomendasi desain atau operasional untuk meningkatkan efisiensi sistem pompa.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan wawasan ilmiah terkait fenomena hidrodinamika dalam sistem pompa.
2. Memberikan data dan visualisasi simulasi sebagai acuan dalam perancangan sistem pompa yang efisien.
3. Meningkatkan efektivitas dan umur operasional pompa melalui pemahaman distribusi tekanan dan kecepatan aliran .

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam menyusun penelitian ini, dicantumkan penelitian relevan supaya nantinya hasil dari penelitian ini tidak tumpang tindih dengan penelitian yang lain. Penelitian yang jadi pedoman adalah sebagai berikut:

1. Jalaludin (2019)

Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui hasil analisa aliran fluida yang terdapat dalam pipa L, Mengetahui jenis pola aliran yang terbentuk di dalam pipa L, dan Mengetahui berapa besar *Pressure drop* yang terjadi. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan laju alir dan jenis fluida.. Pada penelitian ini dengan laju aliran 14 ton/jam menggunakan fluida air diperoleh bilangan *reynold* sebesar 35.252,5 Bar, penurunan tekanan sebesar 2,78801 Bar. Pada fluida amonia diperoleh bilangan *reynold* sebesar 160.720, penurunan tekanan sebesar 0,28127 Bar.

Pada fluida solar diperoleh bilangan *reynold* sebesar 16.999,2, penurunan tekanan sebesar 3,16401 Bar. Pada fluida bensin diperoleh bilangan *reynold* sebesar 90.199,7 Bar, penurunan tekanan sebesar 1,84231 Bar. Pada fluida etilen glikol diperoleh bilangan *reynold* sebesar 1.652,26 Bar, penurunan tekanan sebesar 4,49503 Bar Dari hasil tersebut dimana semakin besar viskositas dari jenis fluida maka semakin tinggi penurunan tekanan (*pressure drop*) dan semakin kecil nilai *reynold* numbernya.

2. Edwina Jerusalem Rumaherang (2023)

Instalasi perpipaan dalam *industry* merupakan sistem keteknikan memegang perananan penting yang berfungsi untuk mengalirkan air, minyak dan gas dari satu titik ke titik lain melalui semua komponen yang tercakup didalamnya. Sistem perpipaan terdiri dari pipa lurus, sambungan, belokan katup-katup dan peralatan-peralatan instrumentasi yang harus bekerja secara optimal. Regim aliran

fluida di dalam berbagai komponen perpipaan memberikan pengaruh terhadap aliran teristimewa pada dua parameter penting yaitu koefisien gesek dan kehilangan *head*.

Tujuan penelitian ini adalah memantau sifat pergerakan fluida dalam rezim laminar dan *turbulen* dan menentukan nilai *head loss* sebagai fungsi debit dalam rezim laminar dan *turbulen*. Penelitian dilakukan pada pipa lurus berdiameter 4 inci dengan panjang total 10 meter, diameter 4 inci dengan satu belokan 90^0 . Penentuan hubungan kerugian head terhadap debit dilakukan melalui simulasi *hidrodinamika*, dimana kecepatan aliran divariasi dari 0,02 - 0,1 m/s, sesuai dengan debit $Q = 10\text{--}52$ liter/menit.

Variasi kecepatan ini melewati regim aliran laminar dan *turbulen* yang diukur pada 4 penampang pada pipa lurus dan elbow. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa profil aliran pada setiap penampang berbeda-bada untuk nilai debit Q yang sama. Pada setiap penampang dengan variasi nilai debit Q , karakter nilai kerugian head meningkat dengan meningkatnya debit aliran Q dengan nilai berbeda pada setiap penampang, namun trend perubahannya mirip. Kondisi laminar terjadi pada $Q < 34$ lit/menit dengan kerugian *head* $h_{dl} < 0,74 \times 10^{-3}$ m, transisi terjadi pada $Q = 34\text{--}36$ lit/menit, dengan $h_{dl} = (0,74 - 0,68) \times 10^{-3}$ m dan *turbulen* sepenuhnya pada $Q > 36$ lit/menit dengan $h_{dl} > 0,74 \times 10^{-3}$ m. Hal ini menunjukan bahwa pada elbow atau belokan, aliran akan menjadi *turbulen* walaupun pada kecepatan yang rendah.

3. Manahan Hutagalung (2023)

Objek Penelitian yang diamati adalah besarnya *head loss* yang terjadi pada *boiler feed water pump* ketika memompakan air umpan untuk boiler, *head loss* adalah kerugian aliran yang terdiri atas head kerugian gesek di dalam pipa-pipa, dan *head* kerugian di dalam belokan-belokan, *reducer*, katup - katup, dan sebagainya. *Head loss* dibagi menjadi dua yaitu *head loss mayor* dan *head loss minor*. Rugi aliran akibat gesekan disebut juga kehilangan energi *major loss*. *Head loss mayor* terjadi karena adanya kekentalan zat cair dan turbulensi karena adanya kekerasan dinding batas pipa yang akan menimbulkan gaya gesek yang akan

menyebabkan rugi aliran di sepanjang pipa. Kerugian minor adalah kehilangan tekanan akibat gesekan yang terjadi pada katup-katup, T *Junction*, sambungan dan penampang yang tidak konstan. Penelitian ini bertujuan mengetahui besarnya *head loss mayor* dan *head loss minor* yang terjadi pada *boiler feed water pump* dan mengetahui kapasitas *boiler feed water pump* setelah terjadinya *head loss*. Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa besar *head loss mayor* sebesar 1,63 m dan besar *head loss minor* sebesar 0,74 m dan Kapasitas pompa setelah terjadinya *head loss* adalah sebesar 53,81 m³/jam.

4. Syahrul (2016)

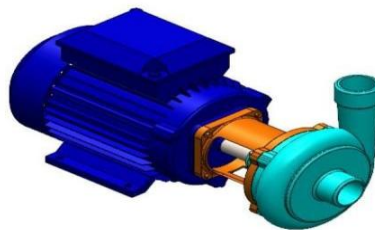
Sistem *hidrodinamika* merupakan suatu kesatuan sistem dimana di dalamnya terdapat air yang mengalir dari suatu tempat ke tempat lain dimana tempat tersebut bisa berupa tangki, bak atau tempat penampungan lain. Sistem ini banyak diterapkan di bendungan, saluran-saluran irigasi, industri air minum dan bahkan industri industri pengolahan pangan dan hasil pertanian. Para ilmuwan dan insinyur mempelajari sistem ini untuk menganalisa perubahan energi yang terjadi di sepanjang pipa akibat friksi di sepanjang pipa, katup, belokan, keran, dan perubahan diameter pipa. Tujuan utama dari studi ini adalah untuk membangun sistem model simulasi dalam program *visual basic* yang dapat digunakan untuk menganalisa karakteristik fluida dan menghitung kebutuhan daya pompa yang optimum pada sistem. Hasil studi menunjukkan bahwa sistem yang dibangun dapat menganalisa sistem hidrodinamika dengan cepat dan akurasi simulasi mencapai 0.99, 1 dan 0.99 untuk analisa bilangan *reynold*, *head loss*, dan daya pompa yang diperlukan sistem.

5. Yusuf (2021)

Fenomena aliran dalam pipa merupakan salah satu percobaan yang dilakukan dalam Praktikum Fenomena Mekanik di jurusan Teknik Mesin. Pompa yang digunakan cukup besar yaitu 1.0 HP, diharapkan tekanan yang dihasilkan cukup tinggi dan menimbulkan aliran yang *turbulen*. Alat ukur yang dipasang adalah *Pressure Gauge*, *Stopwatch*, dan *mater meter*. Air dipompa dari sumber (bak

penampungan) berupa bak penampungan menuju jaringan pipa dengan diameter $\frac{3}{4}$ " , $\frac{1}{2}$ " dan $\frac{5}{8}$ " dengan memasang sensor tekanan pada output pompa dan masing-masing pipa. Meteran air berguna untuk mengukur laju air, sehingga kerugian aliran semakin besar. Pada kecepatan aliran yang semakin besar, menghasilkan Bilangan *reynolds* yang besar, sedangkan kecepatannya, pada kali ini yaitu dengan mengukur kapasitas output sebesar 5 ml yang kemudian diukur waktu yang dibutuhkan dengan menggunakan stopwatch.

Variasi debit aliran air dilakukan dengan membedakan bukaan katup, yaitu bukaan total $\frac{4}{4}$ kemudian $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ dan $\frac{1}{4}$. Hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin kecil bukaan katup maka semakin kecil pula kerugian gesekan aliran yang terjadi karena aliran dalam kondisi *turbulen*. Rancangan alat eksperimen ini sudah sesuai dengan teori gesekan aliran fluida dalam pipa, aliran tertutup, untuk tahap selanjutnya perlu dilakukan pengembangan alat dengan memasukkan faktor panjang per diameter (parameter) pipa sirkulasi, lebih lanjut untuk aliran laminar dimana sensitivitas bilangan *reynolds* lebih berpengaruh terhadap kerugian gesekan sehingga perlu alat ukur yang presisi.



Gambar 2.1 Pompa

2.2 Pompa

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari tempat ke tempat yang lain dengan cara menaikkan tekanan cair tersebut. Kenaikan tekanan cairan tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan aliran. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek, pada prinsipnya pompa merubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida, energi yang diterima oleh fluida akan

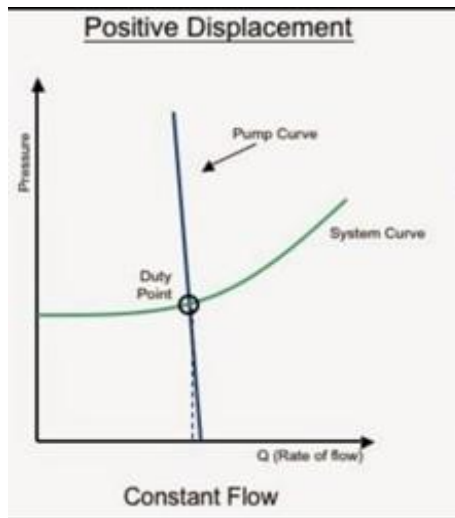
digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui (Irfan Akbar, Erwen Martianis 2019).

Pompa memiliki dua kegunaan utama yaitu rumah pompa dan motor pompa. Rumah pompa adalah bagian yang berfungsi menghisap dan kemudian mendistribusikan fluida melalui lubang *discharge*, sedangkan motor pompa berfungsi untuk memutar poros pompa yang kemudian tersambung pada *impeller* pompa.

Pompa juga dapat digunakan pada proses-proses yang membutuhkan tekanan hidrolik yang besar. Hal ini bisa dijumpai antara lain pada peralatan peralatan berat. Dalam operasi, mesin-mesin peralatan berat membutuhkan tekanan *discharge* yang besar dan tekanan isap yang rendah. Akibat tekanan yang rendah pada sisi isap pompa maka fluida akan naik dari kedalaman tertentu, sedangkan akibat tekanan yang tinggi pada sisi *discharge* akan memaksa fluida untuk naik sampai pada ketinggian yang diinginkan. Pompa secara umum dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu pompa kerja positif (*positive displacement pump*) dan pompa kerja dinamis (*non positive displacement pump*).

2.2.1 Pompa Kerja Positif (*positive displacement pump*)

Disebut juga dengan pompa aktif positif. Energi mekanik dari putaran poros pompa dirubah menjadi energi tekanan untuk memompakan fluida. pada pompa jenis ini di hasilkan *head* yang tinggi tetapi kapasitas yang dihasilkan rendah (pompa putar/*Rotary* dan pompa torak/*Reciprocating*) Pompa *positive displacement* bekerja dengan cara memberikan gaya tertentu, berupa energi kinetik, pada volume fluida yang tetap dari sisi *inlet* menuju titik *outlet* pompa. Prinsip kerja tersebut sangat berbeda dengan pompa dinamik, yang secara teori pompa *positive displacement* akan menghasilkan debit aliran yang tepat pada rpm tertentu meskipun tekanan keluaran pompa berubah – ubah. Namun teori ini tidak akan berlaku jika didalam pompa terjadi kebocoran.

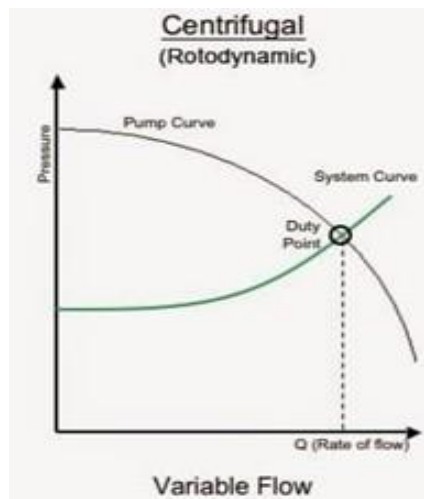


Gambar 2. 1 Karakteristik Pompa Kerja Positive

(sumber : www.hkdivedi.com)

2.2.2 Pompa Kerja Dinamis (*Non Positive Displacement Pump*)

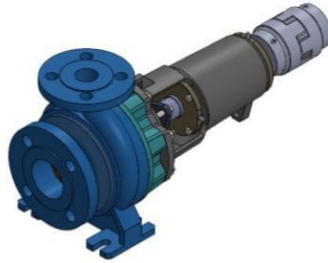
Pompa ini sering disebut juga pompa dinamik (*Dynamik Pump*). Cara transfer energinya adalah dengan adanya gaya sentrifugal maka zat cair akan terlempar keluar sehingga energi kinetik fluida naik. Ada beberapa tipe pompa yang diklasifikasikan kedalam jenis ini, tetapi yang paling umum adalah pompa sentrifugal.



Gambar 2. 2 Karakteristik Pompa Kerja Dinamis

(sumber : www.hkdivedi.com)

2.3 Pompa Sentrifugal



Gambar 2. 3 Pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah salah satu jenis pompa yang paling banyak digunakan dalam industri. Pompa ini bekerja dengan prinsip sentrifugal, dimana *Impeler* berputar untuk menciptakan aliran dan tekanan yang mendorong cairan keluar. Ketika cairan masuk kedalam pompa melalui saluran masuk (*suction*), *Impeler* yang berputar cepat akan memberikan gaya sentrifugal yang mengarahkan cairan ke tepi luar *Impeler*, menciptakan tekanan yang mendorong cairan keluar melalui saluran keluar (*discharge*).

2.3.1 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Prinsip kerja pompa sentrifugal didasarkan pada prinsip gaya sentrifugal, yang digunakan untuk mengalirkan cairan dengan meningkatkan tekanan dan kecepatan. Berikut adalah penjelasan langkah-langkah dalam prinsip kerja pompa sentrifugal.

1. Masukkan Cairan Kedalam Pompa

Cairan masuk kedalam pompa melalui *Inlet*, yang terletak di pusat *Impeler* (disebut “mata” *Impeler*). *Inlet* ini dirancang sedemikian rupa untuk meminimalkan gesekan dan turbulensi saat cairan masuk.

2. Rotasi *Impeller*

Impeller yang dipasang pada poros yang terhubung ke motor, berputar pada kecepatan tinggi. Bilah-bilah *Impeller* berfungsi untuk menangkap cairan yang masuk dan memberikan gaya sentrifugal.

3. Peningkatan Kecepatan dan Energi Kinetik

Saat *Impeller* berputar, cairan didorong keluar dari pusat *Impeller* ke tepi luar oleh gaya sentrifugal. Gerakan ini meningkatkan kecepatan cairan, yang pada gilirannya meningkatkan energi kinetik cairan tersebut.

4. Konversi Energi Kinetik Menjadi Energi Tekanan

Cairan yang bergerak cepat diarahkan ke difuser atau volute casing di sekitar *Impeller*. Struktur difuser atau *Casinge* dirancang untuk memperlambat kecepatan cairan secara bertahap, mengubah sebagian energi kinetik menjadi energi tekanan. Proses ini meningkatkan energi tekanan.

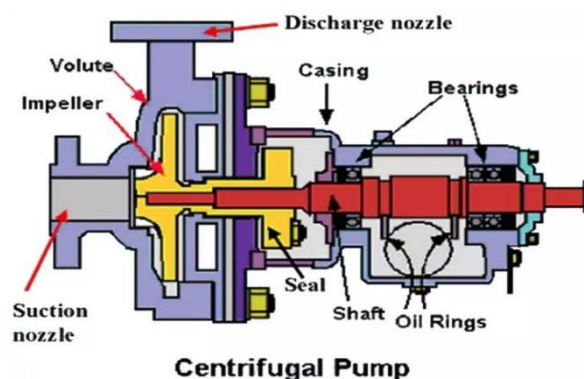
5. Kebutuhan Cairan

Cairan bertekanan tinggi kemudian keluar dari pompa melalui *Outlet* (*discharge*). Tekanan yang meningkat memungkinkan cairan untuk mengalir melalui sistem perpipaan ketujuan akhirnya, seperti tangki penyimpanan, sistem distribusi, atau aplikasi lainnya.

6. Pengulangan Proses

Proses ini berulang selama pompa beroperasi, dengan *Impeller* terus-menerus berputar dan memindahkan cairan.

2.3.2 Komponen Utama Pompa Sentrifugal



Gambar 2. 4 Komponen Utama Pompa Sentrifugal

(sumber : teknikece.com)

Pompa sentrifugal memiliki komponen-komponen utama yaitu :

1. *Casing dan Volute*

Casing adalah bagian utama pompa yang digunakan untuk melindungi komponen yang berada di dalam pompa seperti poros dan *Impeller* pompa. Casing pompa sentrifugal didesain berbentuk sebuah difusser yang mengelilingi *Impeller* pompa. Volut casing berfungsi untuk menurunkan kecepatan aliran (flow) fluida yang masuk ke dalam pompa. Pada sisi outlet pompa, volut casing di desain membentuk corong yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik menjadi tekanan dengan cara menurunkan kecepatan dan menaikkan tekanan.

2. *Impeller*

Impeller adalah komponen sentrifugal yang berfungsi untuk mengubah energi dari putaran motor menjadi energi kecepatan fluida yang di pompa dengan jalan mengakselerasinya dari tengah *Impeller* ke sisi luar *Impeller*. *Impeller* dapat di desain berdasarkan kebutuhan tekanan, kecepatan aliran, dan kesesuaian pada sistemnya.

3. *Shaft* (Poros)

Poros pompa adalah bagian pompa sebagai sumber penggerak pompa putaran pompa yang meneruskan putaran dari motor penggerak.

4. *Bearing* (Bantalan)

Bantalan pada pompa berfungsi untuk pemisah antara poros pompa (bagian yang bergerak) dengan rumah pompa (bagian yang tidak bergerak) sehingga tidak terjadi keausan karena tidak terjadi gesekan secara langsung.

5. *Kopling*

Kopling berfungsi untuk menghubungkan antara poros penggerak dengan poros yang digerakkan. Macam-macam kopling yang digunakan pada pompa antara lain kopling rigit, kopling fleksibel, *grid coupling*, *gear coupling*, *elastrometic coupling*, dan *disc coupling*.

6. *Sistem Packing dan Mechanical Seal*

Sistem *packing* pada pompa berfungsi untuk menghalangi terjadinya kebocoran fluida yang mungkin terjadi pada bagian rumah pompa yang

terhubung pada poros pompa dengan bagian perbatasan rumah pompa. Sistem sealing yang banyak digunakan pada pompa sentrifugal adalah *mechanical seal* dan *gland packing*.

7. *Suction Nozzel*

Suction nozzel adalah bagian dari sistem pompa yang berfungsi sebagai saluran masuk fluida (biasanya cairan) menuju *impeller* pompa. Dia lebih dari sekedar sebuah pipa, desainnya dirancang untuk memaksimalkan efisiensi dan mengurangi masalah-masalah yang dapat mengganggu kinerja pompa.

8. *Discharge Nozzel*

Discharge nozzel adalah komponen pada pompa yang berfungsi sebagai saluran keluar fluida setelah fluida tersebut melewati *impeller* dan ditingkatkan tekanannya. Lebih dari sekedar pipa keluaran, desain discharge nozzel dirancang untuk meningkatkan aliran fluida keluar dari pompa dan meminimalkan kerugian energi.

2.4 Peformasi Pompa Sentrifugal

Peformasi pompa termasuk salah satu spesifikasi pompa yang sangat penting. Parameter kinerja pompa sentrifugal antara lain, head, debit dan daya.

2.4.1 Head

Tekanan dapat diekspresikan dalam bentuk *head* (H) dan dinyatakan dalam satuan meter (m) atau feet (ft). *Head* pada suatu tekanan tertentu bergantung pada berat fluida menurut persamaan berikut :

$$p = \rho g H \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

- p : Tekanan (Pa)
- ρ : massa jenis (kg / m³)
- g : percepatan gravitasi (m / s²)
- H : *Head* (m)

Sebuah pompa sentrifugal menciptakan kecepatan fluida. Energi kecepatan

ini kemudian ditransformasikan ke energi tekanan saat fluida lepas dari pompa. Oleh karenanya, head yang tercipta bisa dikatakan sebanding dengan energi yang di isap dan ditekan. Hubungan ini dinyatakan pada persamaan beriku :

$$H = H_s + H_d \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- H : *head* total (m)
- H_s : *head suction* (m)
- H_d : *head discharge* (m)

2.4.2 Debit

Kapasitas atau debit (Q) dalam SI dinyatakan dalam m³/s dan dalam satuan *British* adalah GPM atau CFM. Karena air adalah fluida yang tidak dapat dimanfaatkan, ada hubungan langsung antara debit pompa dan kecepatan aliran. Perdamaan dituliskan :

$$Q = A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

- Q : Kapasitas debit aliran (m³/s)
- A_1 : luas penampang pipa 1 (m²)
- V_1 : luas penampang pipa 2 (m²)
- A_2 : Kecepatan aliran 1 (m/s)
- V_2 : Kecepatan aliran 2 (m/s)

Kapasitas juga dapat ditentukan dengan pembacaan water meter yang kemudian dibagi waktu tertentu sesuai dengan persamaan berikut:

$$Q = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- v_2 : Volume akhir (m³)
- v_1 : Volume awal (m³)
- Δt : Selisih waktu (s)

2.4.3 Daya Hidrolis

Daya *hidrolis* adalah daya keluaran pada pompa, yang dituliskan dengan persamaan :

$$Ph = \rho g H Q \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

- Ph : daya hidrolis (w)
- ρ : masa jenis fluida (kg / m³)
- g : Percepatan gravitasi (m / s²)
- H : *Head* pompa (m)
- Q : kapasitas pompa (m / s²)

2.4.4 Daya Elektrik

Daya elektrik adalah besaran energi listrik yang masuk ke motor listrik, yang dapat dituliskan dengan :

$$PE - V.I \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

- PE : Daya input motor listrik (W)
- V : Besaran tegangan pada motor listrik (*Volt*)
- I : Besaran arus pada motor listrik (*Ampere*)

2.4.5 Efisiensi

Dengan demikian dapat diketahui persamaan efisiensi pompa :

$$\eta = \frac{Ph}{pE} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

- η : Efisiensi (%)
- Ph : Daya hidrolis (W)
- pE : Daya input motor listrik (W)

2.5 Hidrodinamika

Hidrodinamika merupakan ilmu yang mempelajari tentang fenomena yang terjadi pada fluida, dimana fluida diasumsikan inkompresibel dan tidak memiliki viskositas atau dapat diabaikan. Pada umumnya fluida akan mengalami deformasi, elastis, plastis, dan mengalir akibat adanya suatu gaya. Fluida terbagi menjadi fluida gas (*kompresibel*) dan fluida cair (*inkompresibel*). Fluida *kompresibel* merupakan fluida yang dapat mengalami perubahan tekanan sedangkan fluida *inkompresibel* merupakan fluida yang tidak mengalami perubahan tekanan. Di dalam analisa *hidrodinamika* maka secara keseluruhan fluida dianggap *inkompresibel*. Untuk mempermudah pengertian ilmu mekanika dan mempermudah asumsi maka fluida disebut juga fluida ideal. Fluida ideal adalah fluida yang tidak mengalami perubahan *viskositas*, viskositasnya kontinyu dan gesekan antar partikelnya relatif kecil.

Ilmu fluida mekanis didasari oleh massa dasar atau partikel dari fluida, partikel ini sulit dijelaskan keberadaannya. Ilmu *Hidrodinamika* ini mempelajari fluida dalam skala makroskopi. Disebut “*Corpus Alienum*”, sekumpulan badan asing, partikel diasumsikan sangat kecil sehingga setiap partikel dianggap sama dan konstan. Fluida memiliki kecepatan yang sama v dan massa jenis yang sama ρ .

2.5.1. Prinsip Dasar Hydrodinamika

Hydrodinamika berlandaskan pada hukum-hukum mekanika fluida, yang terdiri dari:

a. Hukum Kekekalan Massa (Persamaan *Kontinuitas*)

Menyatakan bahwa massa fluida yang melewati suatu volume kontrol harus tetap konstan:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \nabla \cdot (\rho v) = 0 \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

ρ : Densitas fluida

v : Kecepatan aliran

b. Hukum Kekekalan Momentum (Persamaan *Navier-Stokes*)

Persamaan ini menggambarkan hubungan antara gaya yang bekerja pada fluida dengan perubahan momentum:

$$\rho \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial \tau} + \vec{v} \cdot \nabla \vec{v} \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 \vec{v} + \vec{F} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

P : tekanan fluida

μ : viskositas fluida

f : gaya eksternal (seperti gravitasi)

2.5.2. Jenis Aliran dalam *Hydrodinamika*

1. Aliran *Laminar*: Fluida bergerak dengan pola yang teratur, misalnya aliran dalam pipa kecil
2. Aliran *Turbulen*: Fluida bergerak dengan pola acak, sering ditemukan di aliran sungai atau angin.
3. Aliran *Steady* dan *Unsteady*: Aliran *steady* tidak berubah terhadap waktu, sementara aliran *unsteady* bergantung pada waktu.

2.5.3. Bilangan Tak Berdimensi Penting

1. Bilangan *reynolds* (Re): Menunjukkan apakah aliran bersifat *laminar* ($Re < 2000$) atau *turbulen* ($Re > 4000$)

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \dots \dots \dots (2.3)$$

2. Bilangan *Froude* (Fr): Membandingkan gaya inersia dengan gaya gravitasi.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}} \dots \dots \dots (2.4)$$

3. Bilangan *Mach* (Ma): Rasio kecepatan fluida terhadap kecepatan suara.

2.5.4. Aplikasi Hydrodinamika

1. Teknik Sipil: Analisis aliran sungai, bendungan, dan kanal.
2. Industri: Desain pompa, turbin, dan pipa.

2.5.5. Pendekatan Pemodelan

1. *Analisis*: Solusi langsung untuk kasus sederhana.
2. *Numerik* (CFD - *Computational Fluid Dynamics*): Menggunakan komputer untuk simulasi aliran kompleks.

2.6 Tekanan Fluida

Tekanan fluida pada pompa sentrifugal adalah gaya tekan persatuan luas yang diberikan oleh fluida (cair atau gas) pada permukaan *Impeller* pompa. Tekanan terjadi karena perubahan energi kinetik fluida menjadi energi potensial saat melewati *Impeller*. Faktor-faktor seperti kecepatan putar *Impeller*, diameter *Impeller*, viskositas fluida, kedalaman fluida dan geometri dari aliran mempengaruhi tekanan fluida pada pompa.

Berikut adalah rumus yang digunakan untuk mengukur tekanan fluida pada pompa sentrifugal yaitu :

$$P = \rho \cdot g \cdot H \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- P : Tekanan Fluida (Pa)
- ρ : Massa Jenis Fluida (kg / m^3)
- g : Percepatan Gravitasi (m / s^2)
- h : *head* (m)

2.7 Simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

CFD atau singkatan dari “(*Computational Fluid Dynamics*)” merupakan cabang ilmu dari mekanika fluida yang menggunakan analisa *numerik* dan data yang terstruktur yang untuk menganalisis dan memecahkan permasalahan yang

melibatkan fluida. *Computational Fluid Dynamics* adalah metode yang menggunakan angka, algoritma, dan bantuan komputer untuk melakukan *analisis* perhitungannya.

Model komputasi pada CFD dengan menggunakan bantuan komputer dapat memecahkan permasalahan fluida yang rumit menjadi lebih mudah dan cepat. Selain itu, CFD menawarkan solusi-solusi yang mudah untuk melakukan analisa jika dibandingkan uji eksperimental. Kebanyakan dari insinyur, menggunakan CFD sebagai solusi terhadap riset atau analisis kasus fluida yang rumit tidak bisa dilakukan dengan alat biasa, seperti kasus *microgravity*, *compressible flow* kondisi supersonic dan beberapa kasus ekstrem lainnya. Selain itu, model simulasi CFD sering disertakan pada data uji lapangan sebagai metode validasi antara simulasi dengan eksperimen.

Pada saat ingin melakukan simulasi CFD di perlukan data-data sebagai berikut.

1. *Geometri*

Pada saat ingin melakukan simulasi CFD terlebih dahulu membuat atau mengimpor model geometri dari objek atau sistem yang di sumulasikan. *Geometri* dapat berupa 2D atau 3D, tergantung pada detail yang diinginkan.

2. *Grid* atau *Mesh*

Perlu membagi geometri menjadi elemen-elemen kecil yang disebut *grid* atau *mesh*. *Grid* atau *mesh* dapat berbentuk segitiga, segiempat, *tetrahedron*, *hekshedron*, piramida, atau prisma. *Grid* atau *mesh* menentukan kualitas dan akurasi dari hasil simulasi.

3. Peroperti Fluida

Perlu menentukan sifat-sifat fisik dari fluida yang mengalir, seperti masa jenis, viskositas, konduktivitas termal, dan kalor jenis. Properti dapat bervariasi tergantung pada suhu, tekanan, atau komposisi fluida.

4. Kondisi Batas

Perlu menentukan nilai-nilai awal dan batas dari variabel-variabel yang akan diselesaikan, seperti kecepatan, tekanan, suhu dan konsentrasi. Kondisi batas dapat berupa nilai tetap, nilai berubah, aatau nilai yang diambil dari

data eksperimen atau teori.

5. Model Aliran

Perlu memilih model aliran yang sesuai dengan permasalahan yang akan diselesaikan, seperti aliran laminar atau turbulen, aliran *steady* atau *unsteady*, aliran kompresibel atau inkompresibel, aliran multifasa atau monofasa, dan lain-lain. Model aliran menentukan persamaan-persamaan matematika numerik yang akan digunakan untuk menghitung variabel-variabel aliran.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat

Adapun alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

3.1.1 Komputer

Komputer adalah perangkat elektronik yang dirancang untuk menerima, menyimpan, memproses, dan menghasilkan informasi atau data. Komputer memiliki kemampuan untuk melakukan berbagai tugas dengan kecepatan dan akurasi yang tinggi. Dengan spesifikasi *AMD Ryzen 5 7535HS with Radeon Graphics (12 CPUs), 3.3 GHz*.

Pada penelitian ini komputer digunakan untuk menganalisis *Hidrodinamika* pada sistem pompa, Casing pompa dan juga digunakan untuk mensimulasikan aliran fluida pada pompa.



Gambar 3. 1 Laptop

3.1.2 *Software Solidwork*

Solidwork adalah *software* atau aplikasi CAD (*Computer Aided Design*) CAM (*Computer Aided Manufactur*) serta CAE (*Computer Aided Engineering*) yang dikembangkan oleh perusahaan ternama *Dassault Systemes*.

Solidwork adalah aplikasi CAD (*Computer Aided Design*). Artinya, *solidwork* adalah aplikasi yang berfungsi untuk membantu proses desain (desain teknik). Selanjutnya *Solidwork* juga merupakan aplikasi CAE (*Computer Aided Engineering*). Artinya, *Solidwork* bisa kita gunakan untuk melakukan *analysis* terhadap desain yang kita buat. *Analysis* yang bisa kita lakukan menggunakan *Solidwork* antara lain *motion analysis*, *static analysis*, *thermal analysis*, *flow analysis*, dan lain sebagainya.



Gambar 3. 2 *Software Solidwork*

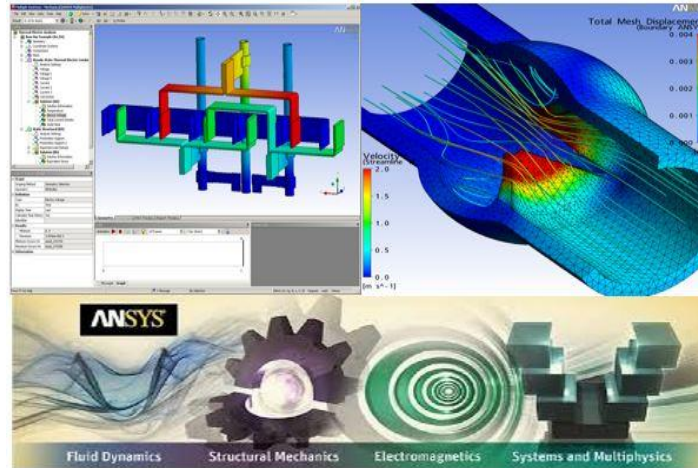
(Sumber : www.solidwork.com)

3.1.3 *Software ansys*

ANSYS CFD adalah perangkat lunak simulasi berbasis *Computation Fluid Dynamics* (CFD) yang digunakan untuk menganalisis aliran fluida, perpindahan panas, dan fenomena terkait dalam berbagai aplikasi teknik. Perangkat lunak ini terdiri dari dua modul utama, yaitu *ANSYS Fluent* dan *ANSYS CFX*. *ANSYS Fluent* sering digunakan untuk simulasi aliran fluida kompleks, perpindahan panas, reaksi kimia, serta interaksi fluida-struktur. Sementara itu, *ANSYS CFX* lebih dikenal dengan stabilitas dan keakuratannya dalam menangani simulasi aliran fluida pada mesin berputar, seperti turbin dan pompa.

Beberapa fitur utama *ANSYS CFD* meliputi simulasi aliran *laminar* dan *turbulen* dengan berbagai model *turbulensi* seperti $k-\epsilon$, $k-\omega$, dan *Large Eddy*

simulation(LES), analisis perpindahan panas melalui konduksi, konveksi dan radiasi, serta simulasi aliran multifasa seperti minyak-air atau uap-air.



Gambar 3.3 *software ansys*

3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pompa kewpump KS-SE3. Berikut spesifikasi pompa Kewpump KS-SE3.



Gambar 3. 4 Pompa Kewpump KS-SE3

Adapun spesifikasi motor dari pompa Kewpump KS-SE3 sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Spesifikasi Pompa Kewpump KS-SE3

Parameter	Value
Q min/max	
H max/min	
Kapasitas	0,75 kW
Daya	2.0 HP
Frekuensi	50 Hz
Kecepatan kerja	2900 rpm

3.3 Tahapan Penelitian

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari *Analisis Hidrodinamika* pada pompa tentu harus melakukan beberapa usaha dan tahapan pembuatan, dengan tujuan agar perencanaannya efisien waktu dan biaya.

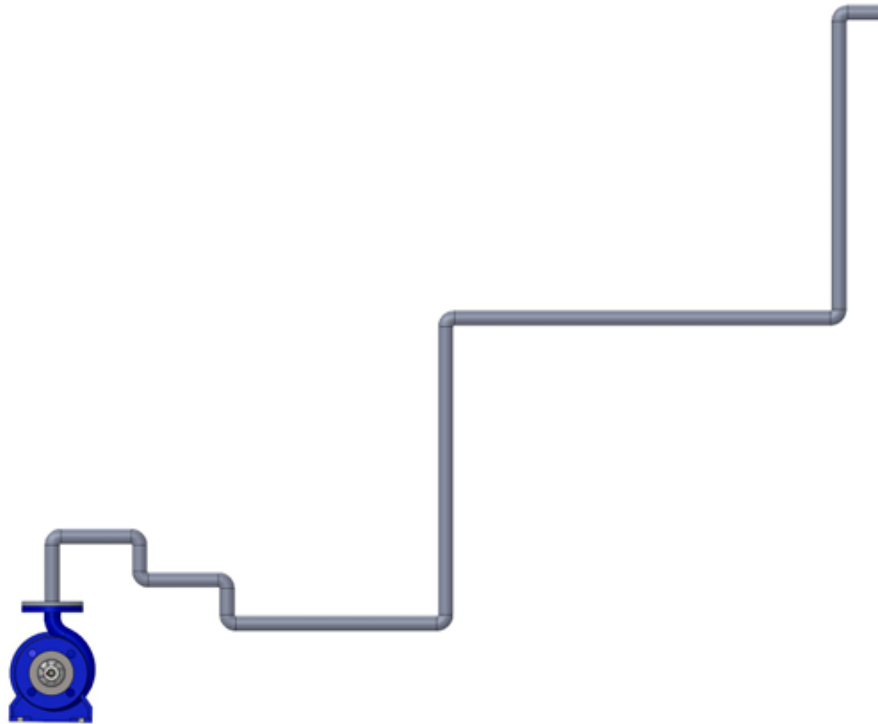
Adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

3.3.1 Studi Literatur

Studi Literatur merupakan penelitian yang dilakukan oleh peneliti dengan mengumpulkan sejumlah buku-buku, jurnal-jurnal, yang berkaitan dengan masalah dan tujuan penelitian. Studi ini dilakukan untuk mengumpulkan data dan informasi.

3.3.2 Perancangan Desain

Perancangan desain dilakukan untuk merancang bentuk dari pompa sentrifugal yang akan di simulasikan, dimana dalam proses perancangan ini menggunakan *software solidwork*.



Gambar 3. 5 Desain instalasi pipa

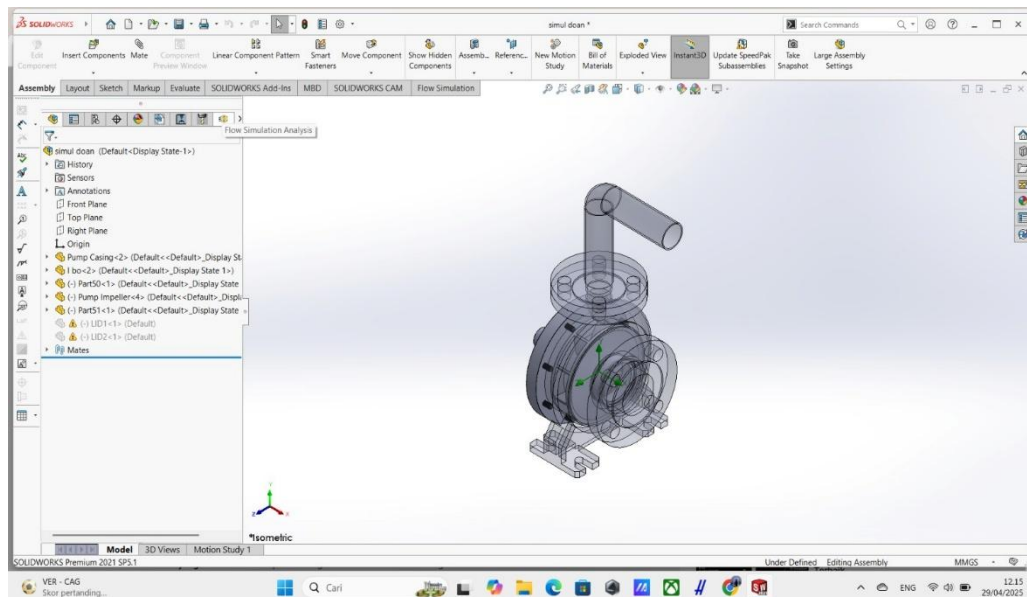
Pada pengujian simulasi yang akan penulis lakukan terdapat beberapa spesifikasi parameter yang akan digunakan. Dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3. 2 Spesifikasi parameter

Parameter	Value
Jenis fluida	Air
<i>Pressure</i>	120178 Pa
<i>Density Fluida</i>	997 kg / m ³
Gravitasi	9,8 m / s ²
Kecepatan putar	2900 rpm

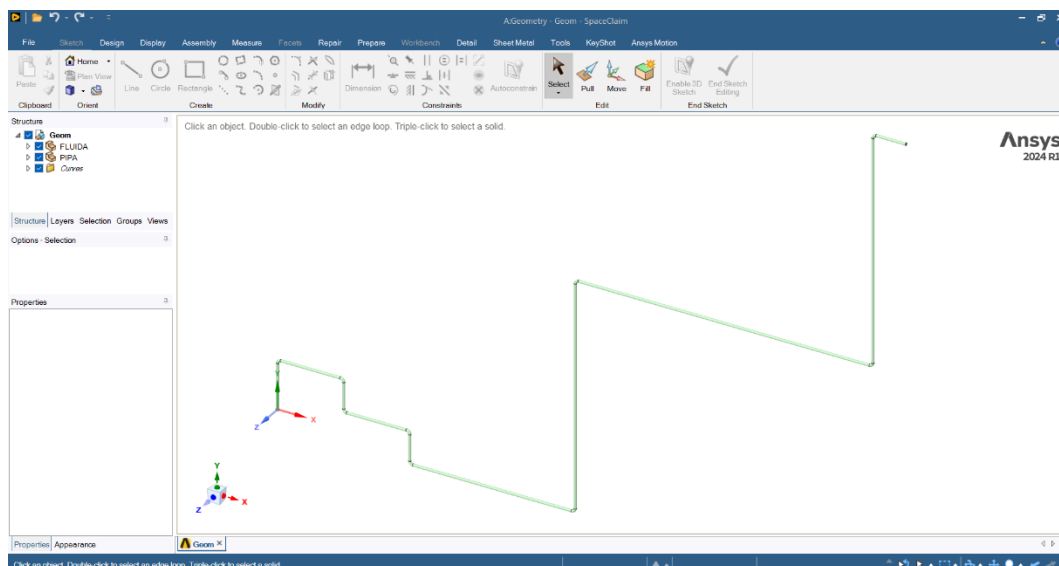
3.4 Simulasi

Pada simulasi CFD di *Software Solidwork* memiliki beberapa tahapan. Berikut tahapan simulasi:



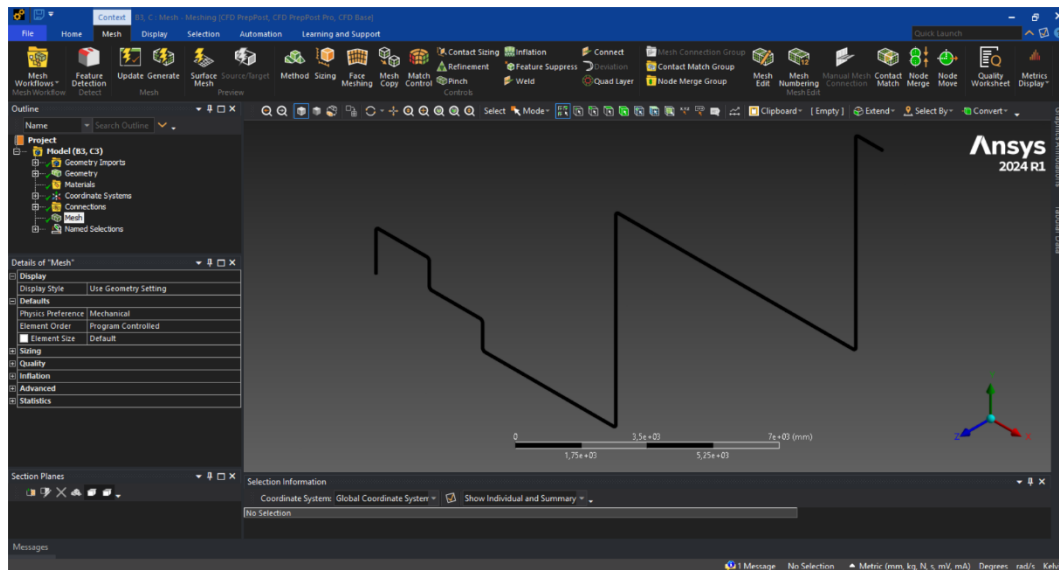
Gambar 3. 6 Tahap Assembly Geometry Casing Dan Impeller Pompa

Sebelum melakukan simulasi terlebih dahulu kita membuat desain alat yang mau kita simulasikan, pastikan desain yang kita buat sudah benar dan tidak ada kesalahan pada proses *Assembly*.



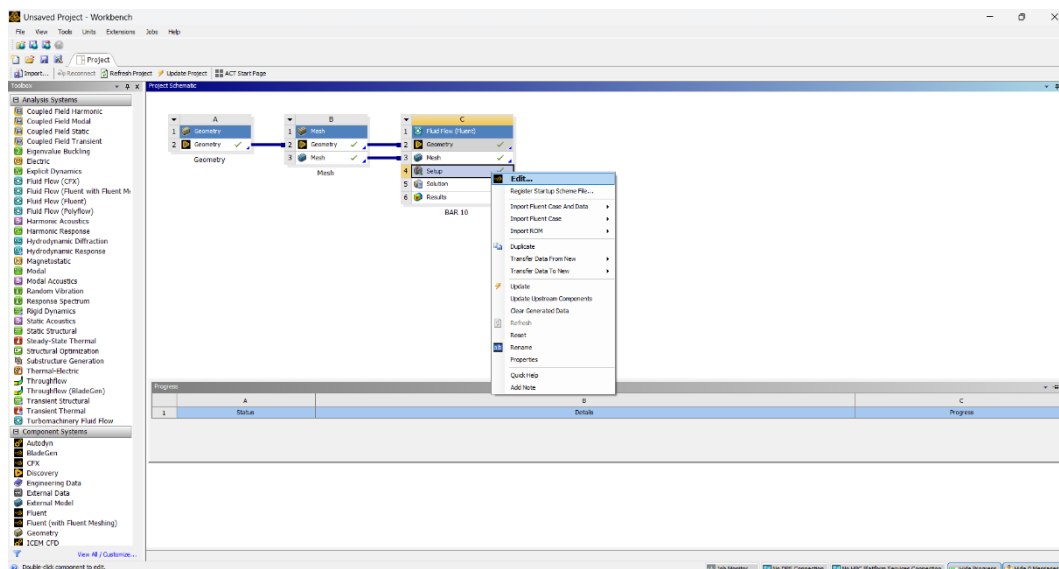
Gambar 3. 7 geometry

Geometry merupakan tindakan yang penting pada simulasi ini, yang bertujuan untuk menentukan titik input dan titik output fluida yang akan disimulasikan.



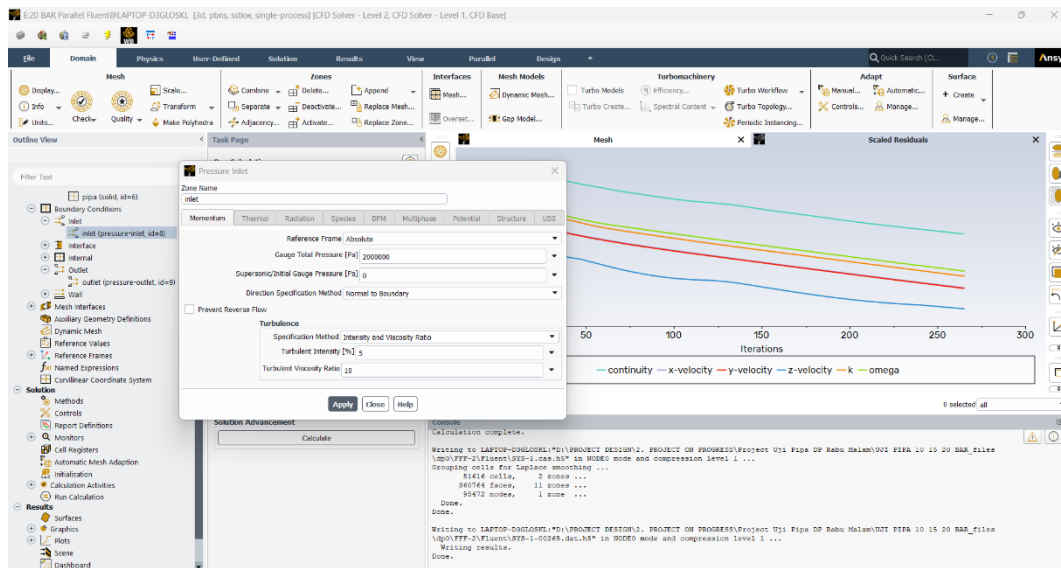
Gambar 3. 8 Global Mesh Setting

Global mesh setting berguna untuk mengatur penyempurnaan ukuran celah minimum pada alat yang akan kita simulasikan.



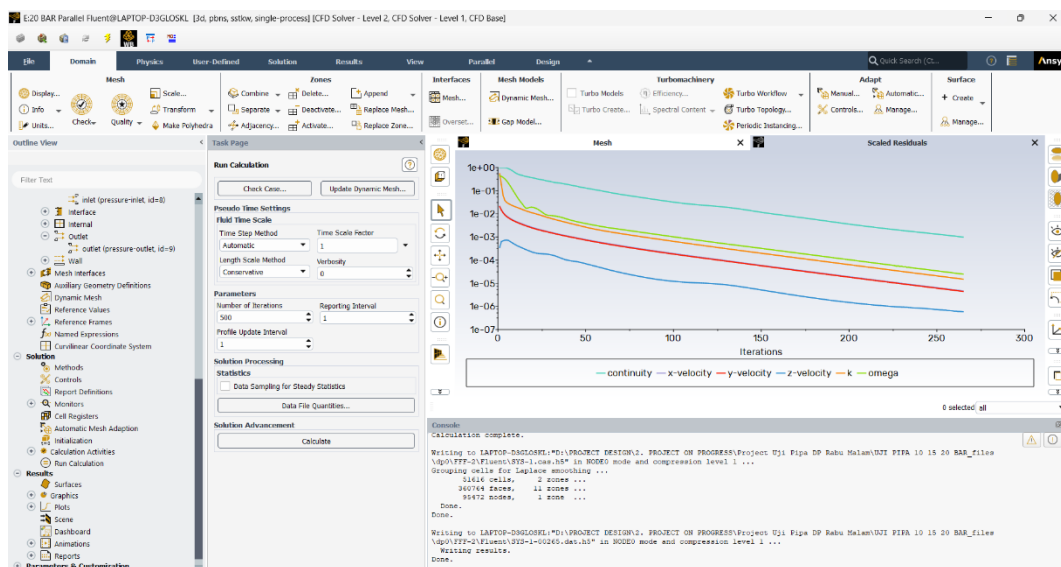
Gambar 3. 9 setting unit system

Pada menu ini kita dapat mensetting parameter yang akan kita gunakan pada saat simulasi.



Gambar 3. 12 Boundary Condition

Menu ini berguna untuk menseting nilai parameter yang akan digunakan pada saat simulasi.

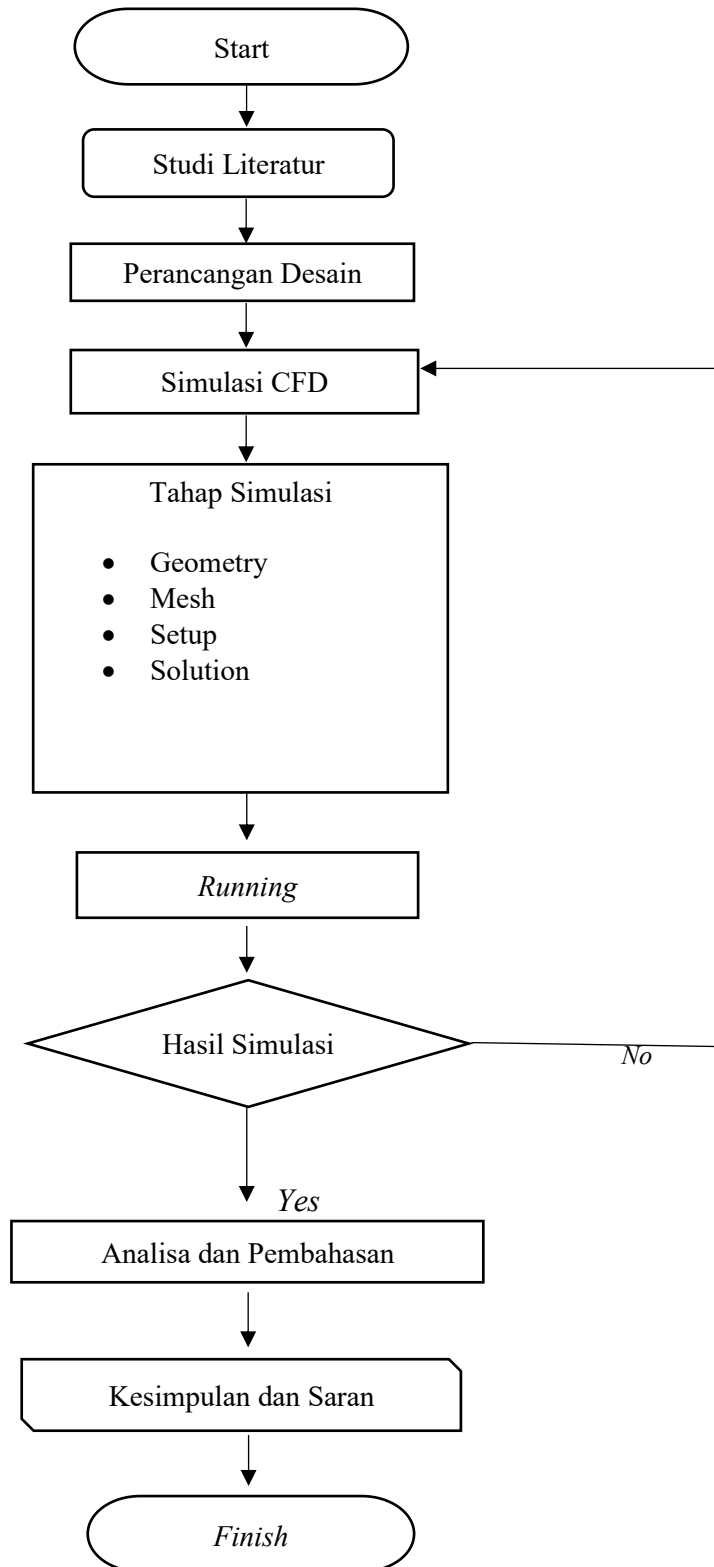


Gambar 3. 16 Calculation Control Options

Calculation Control Options berguna untuk memilih perhitungan apa yang akan digunakan pada saat melakukan simulasi.

3.5 Diagram Alir

Diagram alir yang akan digunakan pada penelitian



3.6 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data

3.6.1 Studi Literatur

Studi Literatur merupakan penelitian yang dilakukan oleh peneliti dengan mengumpulkan sejumlah buku-buku, jurnal-jurnal yang berkaitan dengan masalah dan tujuan penelitian. Studi ini dilakukan untuk mengumpulkan data dan informasi serta mendukung dalam proses perancangan dan analisa pompa pada analisis dan simulasi *hidrodinamika* pada pompa untuk energi terbarukan.

3.6.2 Studi Dokumen

Pengambilan data didasarkan pada hasil analisa tekanan aliran fluida, kecepatan aliran fluida, dan head loss pada aliran fluida. Parameter yang dimasukkan pada program CFD adalah berupa desain casing, data tekanan fluida, kecepatan aliran fluida, *head loss*, dan panjang pipa untuk menentukan energi yang hilang di sepanjang pipa.

3.7 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

3.7.1 Tempat Pelaksanaan

Tempat Pelaksanaan dalam perancangan dan Analisa Variasi Jumlah Sudu Impeller Terhadap Tekanan Fluida Pada Pompa Sentrifugal Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dilakukan di Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, RIAU.

3.7.2 Waktu Pelaksanaan

Jadwal kegiatan yang disusun penulis merupakan batas waktu yang harus dicapai agar penelitian bisa berjalan dengan baik.

Tabel 3. 3 Waktu Pelaksanaan

No	Kegiatan	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug
1.	Pengajuan Judul									
2.	Bimbingan Proposal									
3.	Seminar Proposal									
4.	Pelaksanaan Penelitian									
5.	Jadwal Sidang Skripsi									
6.	Pelaksanaan Sidang Skripsi									
7.	Revisi Skripsi									
8.	Jilid Hasil Skripsi									

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun pembahasan dari hasil pengujian ini adalah pengujian terhadap analisis dan simulasi *Hidrodinamika* pada pompa sentrifugal menggunakan metode CFD.

4.1 Data perancangan

Tabel pada data perancangan dapat di lihat pada tabel 4.1 berikut ini

Tabel 4.1 Data perancangan

Jenis Pompa	KSE-SE3
Panjang Pipa	36 m
Diameter Pipa	76,2 mm
Material Pipa	ASTM A53
Jumlah tekanan bar	10,15 & 20
<i>Fitting</i>	9 (elbow)
<i>Debit</i>	400 m^3/h
<i>Head</i>	23,41 m

4.2 Perhitungan Manual

4.2.1 Menghitung tekanan fluida

Untuk menentukan tekanan fluida pada pompa sentrifugal penulis menggunakan persamaan berikut :

$$P = \rho g H \dots\dots\dots(2.4)$$

Diketahui :

$$\rho = 997 \text{ kg}/m^3$$

$$g = 9,81 \text{ m}/s^2$$

$$H = 23,41$$

Jawab :

$$P = 997 \times 9,81 \times 23,41$$

$$P = 228963 \text{ Pa}$$

Adapun nilai tekanan fluida yang didapat pada perhitungan adaalah 120301 Pa.

4.2.2 Menghitung *head loss minor* dan *mayor*

Untuk menghitung *head loss minor* dan *mayor* penulis menggunakan rumus persamaan sebagai berikut :

Diketahui :

$$L = 36 \text{ m}$$

$$D = 0,0762 \text{ m}$$

$$Q = 0,111 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K_{siku} = 0,3$$

$$\sum k = 9 \times 0,3 = 2,7$$

Sifat fluida air (20°C) :

$$\rho = 1000 \text{ kg} / \text{m}^3, \mu = 10^{-3} \text{ Pa}, g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Luas penampang pipa :

$$A = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 = \pi (0,0381)^2 = 0,00456 \text{ m}^2$$

Kecepatan aliran :

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,111}{0,00456} = 24,34 \text{ m/s}$$

Bilangan *reynolds* :

$$Re = \frac{pvD}{\mu}$$

$$Re = \frac{1000 \cdot 24,34 \cdot 0,0762}{0,001} = 1,85 \times 10^6$$

Head loss mayor

$$hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$\frac{L}{D} = \frac{36}{0,0762} = 472.7$$

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{24.34^2}{2 \cdot 9.81} = 30.2$$

$$hf = 0.0156 \cdot 472.7 \cdot 30.2 = 222.8 \text{ m}$$

Head loss minor (fitting siku)

$$hm = (\sum k) \frac{v^2}{2g}$$

$$hm = 2.7 \cdot 30.2 = 81.5 \text{ m}$$

Head loss total

$$h_{loss} = hf + hm$$

$$h_{loss} = 222.8 + 81.5$$

$$h_{loss} = 304.3 \text{ m}$$

Adapun nilai *head loss* total adalah 304.3 m

4.3 Simulasi CFD Tekanan 10 Bar

Pada pembahasan pertama simulasi dengan menggunakan tekanan 10 bar dengan diameter pipa 76,2 mm, panjang pipa 36 m dan ketinggian kurang lebih 15 m. Hasil yang diinginkan pada simulasi CFD pompa sentrifugal adalah nilai rata-rata *pressur*, *velocity inlet*, *velocity outlet*, dan *velocity*.

Berikut adalah hasil simulasi dari tekanan 15 Bar pada pompa sentrifugal dapat di lihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil dari sumulasi CFD 10 Bar

Name	Satuan	Averaged Value
P inlet	Pa	919808
P outlet	Pa	-25173
V inlet	m/s	12,879
V outlet	m/s	13,253
Head Loss	m	96,34
Volume Flow rate Inlet	m^3/s	0,0588
Volume Flow rate Outlet	m^3/s	0,0604

Tabel 4.2 di atas menunjukkan hasil nilai rata-rata dari hasil simulasi CFD yang telah dilakukan. *Volume flow rate inlet* merupakan debit fluida yang masuk pada bagian flange pipa(pangkal pipa), begitu juga dengan *volume flow rate outlet* merupakan debit fluida yang keluar pada bagian *pipe and*.

4.3.1 Menghitung *head loss*, *volume flow rate inlet*, & *outlet*

Untuk menghitung *Head loss* pada pipa penulis menggunakan rumus persamaan sebagai berikut :

Diketahui :

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$P_{inlet} = 919808 \text{ Pa}$$

$$P_{outlet} = -25173 \text{ Pa}$$

Jawab :

$$head\ loss = (P_{inlet} - P_{outlet}) / \rho \cdot g$$

$$= (919808 - (-25173)) / 1000.9,81$$

$$= 944981 / 9810$$

$$= 96,34 \text{ meter}$$

Adapun nilai *head loss* adalah 96,34 m

Menghitung *volume flow rate inlet*

Diketahui :

$$v \text{ inlet} = 12,879 \text{ m/s}$$

$$\text{Diameter pipa} = 76,2 \text{ mm}$$

Jawab :

Hitung luas penampang pipa (A) :

$$\begin{aligned} A &= \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \\ &= \pi (0,0381)^2 \\ &= 0,00456 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Hitung *volume flow rate* (Q) :

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot V \\ &= 0,00456 \text{ m}^2 \cdot 12,879 \text{ m/s} \\ &= 0,0588 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Adapun nilai *volume flow rate inlet* adalah $0.0588 \text{ m}^3/\text{s}$

Menghitung *volume flow rate outlet*

Diketahui :

$$V \text{ inlet} = 13,253 \text{ m/s}$$

$$\text{Diameter pipa} = 76,2 \text{ mm}$$

Jawab :

Hitung luas penampang pipa (A) :

$$\begin{aligned} L &= \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \\ &= \pi (0,0381)^2 \\ &= 0,00456 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

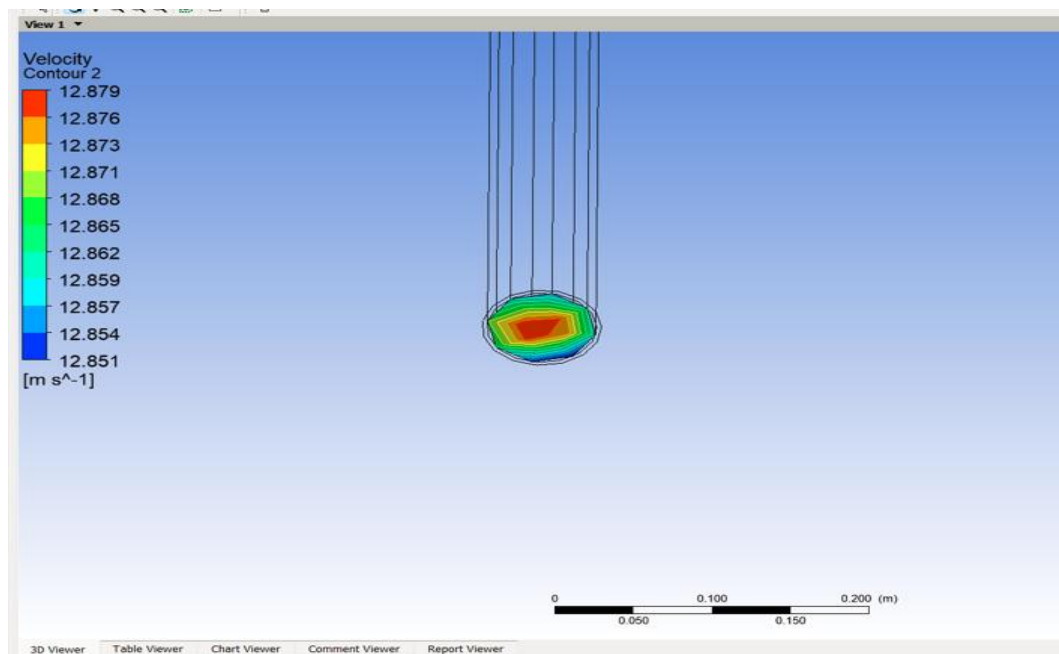
Hitung *volume Flow rate* (Q) :

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot V \\ &= 0,00456 \text{ m}^2 \cdot 13,253 \text{ m/s} \\ &= 0,0604 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Adapun *volume flow rate outlet* adalah $0,0604 \text{ m}^3/\text{s}$

4.3.2 *flow trajectories velocity inlet 10 bar*

Berikut merupakan distribusi aliran fluida *velocity* yang dihasilkan dari simulasi CFD yang dapat dilihat pada gambar 4.1

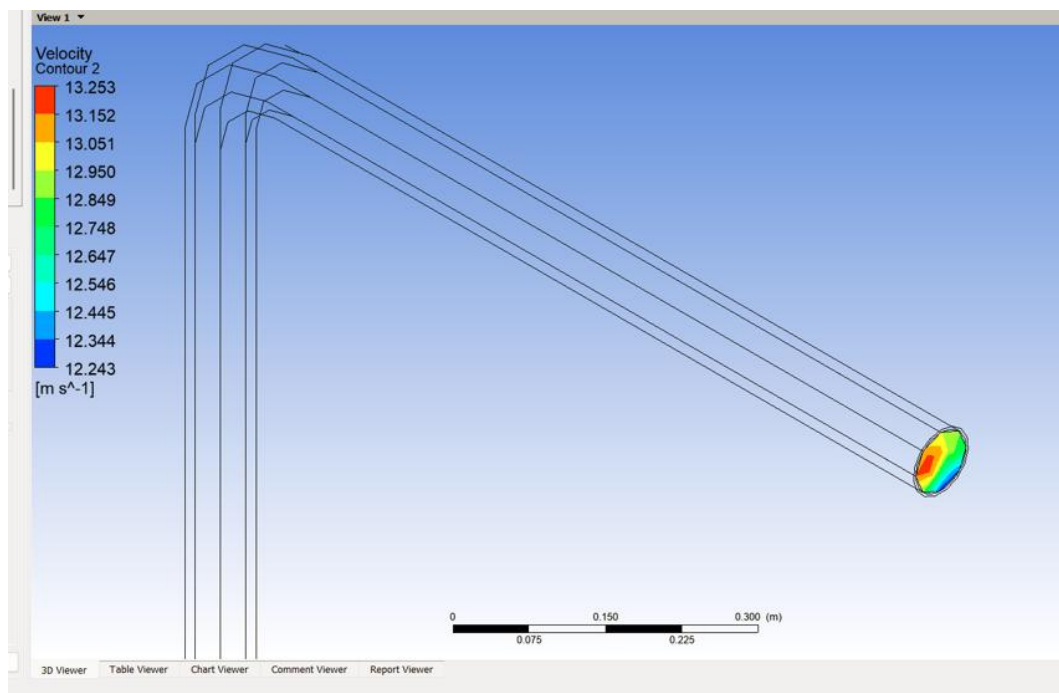


Gambar 4.1 *flow trajectories velocity*

Warna aliran pada flange pipa menunjukkan menunjukkan distribusi *velocity* fluida dengan skala warna pada gambar sebelah kiri. *Velocity* berkisar dari 12.851 m/s (biru) hingga 12.879 m/s(merah). Terlihat bahwa *velocity* tertinggi terletak pada bagian tengah pipa.

4.3.3 *flow trajectories velocity outlet 10 bar*

Berikut merupakan distribusi aliran fluida *velocity* yang di hasilkan dari simulasi CFD yang dapat di lihat pada gambar 4.2

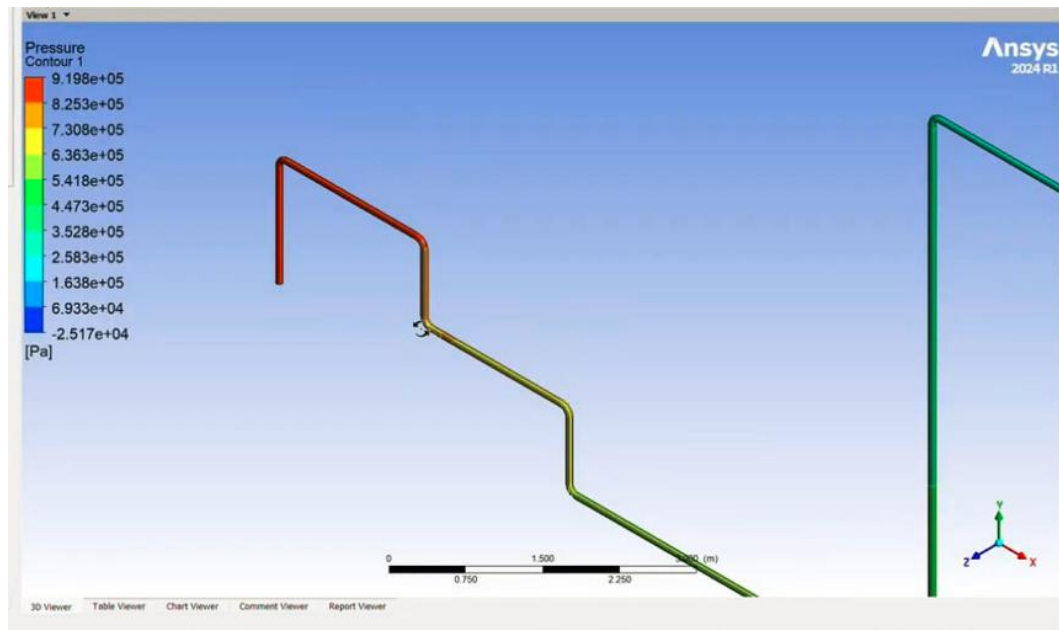


Gambar 4.2 *flow trajectories velocity*

Warna aliran pada ujung pipa menunjukkan menunjukkan distribusi *velocity* fluida dengan skala warna pada gambar sebelah kiri. *Velocity* berkisar dari 12.243 m/s (biru) hingga 13.253 m/s(merah). Terlihat bahwa *velocity* fluida tertinggi terletak pada salah satu sisi pipa.

4.3.4 *flow trajectories pressure 10 bar*

Berikut merupakan distribusi tekanan fluida pada pipa yang dihasilkan dari simulasi CFD yang dapat di lihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 flow trajectories pressure

Warna aliran di sepanjang pipa menunjukkan distribusi tekanan dengan skala warna pada gambar sebelah kiri, *pressure* berkisar dari 919808 pa (merah) hingga -25173(biru). Terlihat *pressure* tertinggi berada pada sisi flange pipa 919808 pa (merah), pada sisi ujung pipa nilai *pressure* sebesar -251773(biru). Bisa dilihat bahwa terjadi penurunan tekanan aliran pada pipa yang disebabkan oleh gesekan pada fluida pada dinding pipa.

4.4 Simulasi CFD Tekanan 15 Bar

Pada pembahasan kedua simulasi dengan menggunakan tekanan 15 bar dengan diameter pipa 76,2 mm, panjang pipa 36 m dan ketinggian kurang lebih 15 m. Hasil yang diinginkan pada simulasi CFD pompa sentrifugal adalah nilai rata-rata *pressur*, *velocity inlet*, *velocity outlet*, dan *velociy*.

Berikut adalah hasil simulasi dari tekanan 15 Bar pada pompa sentrifugal dapat di lihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil dari simulasi CFD 15 Bar

Name	Satuan	Averaged Value
<i>P inlet</i>	Pa	1378400
<i>P outlet</i>	Pa	-39389,199
<i>V inlet</i>	m/s	15,934
<i>V outlet</i>	m/s	16,393
Head Loss	m	144,53
Volume flow rate inlet	m^3/s	0,07265
Volume flow rate outlet	m^3/s	0,07475

Tabel 4.3 di atas menunjukkan hasil nilai rata-rata dari hasil simulasi CFD yang telah dilakukan. *Volume flow rate inlet* merupakan debit fluida yang masuk pada bagian flange pipa(pangkal pipa), begitu juga dengan *volume flow rate outlet* merupakan debit fluida yang keluar pada bagian *pipe end*.

4.4.1 Menghitung *Head loss*, *volume flow rate inlet*, & *outlet*

Untuk menghitung *Head loss* pada pipa penulis menggunakan rumus persamaan sebagai berikut :

Diketahui :

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$P_{\text{inlet}} = 1378400 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{outlet}} = -39389,199 \text{ Pa}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Head loss} &= (P_{\text{inlet}} - P_{\text{outlet}}) / \rho \cdot g \\
 &= (1378400 - (-39389,199)) / 1000 \cdot 9,81 \\
 &= 1417789,199 / 9810 \\
 &= 144,53 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Adapun nilai *Head loss* adalah 144,53 m

Menghitung nilai *volume flow rate inlet*

Diketahui :

$$V_{\text{inlet}} = 15,934 \text{ m/s}$$

$$\text{Diameter pipa} = (76,2 \text{ mm})$$

Hitung luas penampang pipa (A) :

$$\begin{aligned} A &= \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \\ &= \pi (0,0381)^2 \\ &= 0,00456 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Hitung *volume flow rate* (Q) :

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot V \\ &= 0,00456 \text{ m}^2 \cdot 15,934 \text{ m/s} \\ &= 0,0726 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Adapun nilai *volume flow rate inlet* adalah $0,0726 \text{ m}^3/\text{s}$

Menghitung *volume flow rate outlet*

Diketahui :

$$V_{inlet} = 19,058 \text{ m/s}$$

$$\text{Diameter pipa} = 76,2 \text{ mm}$$

Hitung luas penampang pipa (A) :

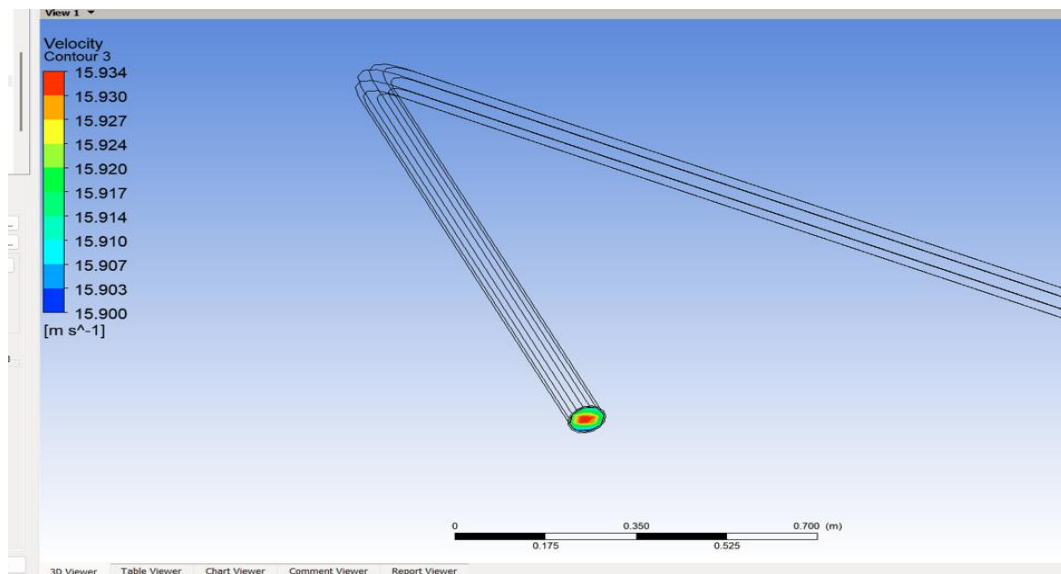
$$\begin{aligned} A &= \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \\ &= \pi (0,0381)^2 \\ &= 0,00456 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Hitung *volume flow rate* (Q) :

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot V \\ &= 0,00456 \text{ m}^2 \cdot 16,393 \text{ m/s} \\ &= 0,0747 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

4.4.2 *flow trajectories velocity inlet 15 bar*

Berikut merupakan distribusi aliran fluida *velocity* yang dihasilkan dari simulasi CFD yang dapat dilihat pada gambar 4.4

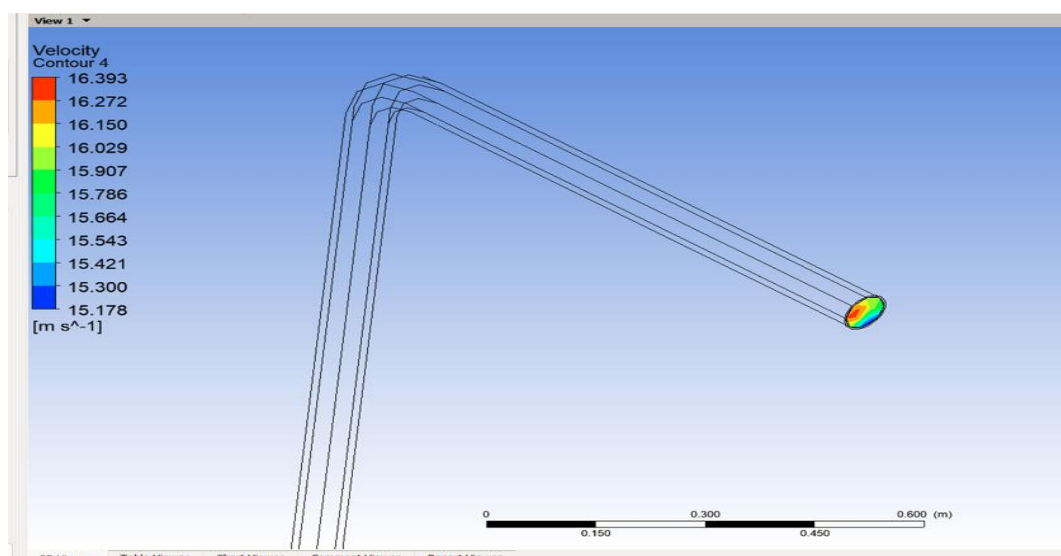


Gambar 4.4 flow trajectories velocity 15 bar

Warna aliran pada *flange* pipa menunjukkan menunjukkan distribusi *velocity* fluida dengan skala warna pada gambar sebelah kiri. *Velocity* berkisar dari 15.900 m/s (biru) hingga 15.934 m/s(merah). Terlihat bahwa *velocity* tertinggi terletak pada bagian tengah pipa.

4.4.3 Flow trajectories velocity outlet 15 bar

Berikut merupakan distribusi aliran fluida *velocity* yang di hasilkan dari simulasi CFD yang dapat di lihat pada gambar 4.5

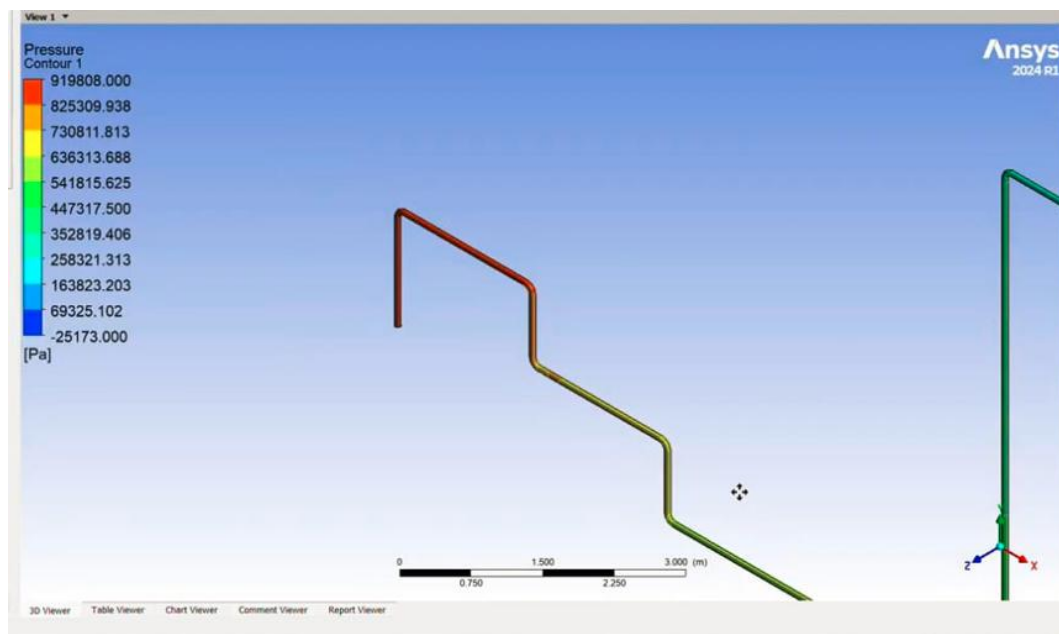


Gambar 4.5 flow trajectories velocity outlet 15 bar

Warna aliran pada ujung pipa menunjukkan distribusi *velocity* fluida dengan skala warna pada gambar sebelah kiri. *Velocity* berkisar dari 15.178 m/s (biru) hingga 16.272 m/s (merah). Terlihat bahwa *velocity* fluida tertinggi terletak pada salah satu sisi pipa.

4.4.4 *Flow trajectories velocity pressure 15 bar*

Berikut merupakan distribusi tekanan fluida pada pipa yang dihasilkan dari simulasi CFD yang dapat di lihat pada gambar 4.6



Gambar 4.6 flow trajectories pressure

Warna aliran di sepanjang pipa menunjukkan distribusi tekanan dengan skala warna pada gambar sebelah kiri, *pressure* berkisar dari 1378400 pa (merah) hingga -39389.199(biru). Terlihat *pressure* tertinggi berada pada sisi flange pipa 1378400 pa (merah), pada sisi ujung pipa nilai *pressure* sebesar -39389.199 (biru). Bisa dilihat bahwa terjadi penurunan tekanan aliran pada pipa yang di akibatkan oleh gesekan fluida pada dinding pipa.

4.5 Simulasi CFD Tekanan 20 Bar

Pada pembahasan ketiga simulasi dengan menggunakan tekanan 20 bar dan diameter pipa 76,2 mm, panjang pipa 36 m dan ketinggian kurang lebih 15 m. Hasil

yang di inginkan pada simulasi CFD pompa sentrifugal adalah nilai rata-rata *pressur, velocity inlet, velocity outlet*, dan *velocity*.

Berikut adalah hasil simulasi dari tekanan 20 Bar pada pompa sentrifugal dapat di lihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil dari simulasi

Name	Satuan	Averaged Value
P inlet	Pa	1836620
P outlet	Pa	- 54038,898
V inlet	m/s	18,527
V outlat	m/s	19,058
Head Loss	m	192,69
Volume Flow rate Inlet	m^3/s	0,08448
Volume Flow rate Outlet	m^3/s	0,0869

Tabel 4.4 di atas menunjukan hasil nilai rata-rata dari hasil simulasi CFD yang telah dilakukan. *Volume flow rate inlet* merupakan debit fluida yang masuk pada bagian *flange* pipa(pangkal pipa), begitu juga dengan *volume flow rate outlet* merupakan debit fluida yang keluar pada bagian *pipe and*.

4.5.1 Menghitung *Head loss, volume flow rate inlet, & outlet*

Untuk menghitung *Head loss* pada pipa penulis menggunakan rumus persamaan sebagai berikut :

Diketahui :

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$P_{inlet} = 1836620 \text{ Pa}$$

$$P_{outlet} = -54038,898 \text{ Pa}$$

$$\begin{aligned}
 head \ loss &= (P_{inlet} - P_{outlet}) / \rho . g \\
 &= (1836620 - (-54038,898)) / 1000.9,81 \\
 &= 1890658,898 / 9810 \\
 &= 192,69 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Adapun nilai *head loss* adalah 192,69 m.

Menghitung nilai *volume flow rate inlet*

Diketahui :

$$V_{inlet} = 18,527 \text{ m/s}$$

$$\text{Diameter pipa} = 76,2 \text{ m}$$

Hitung luas penampang pipa (A) :

$$\begin{aligned} A &= \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \\ &= \pi (0,0381)^2 \\ &= 0,00456 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Hitung *volume flow rate* (Q) :

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot V \\ &= 0,00456 \text{ m}^2 \cdot 18,527 \text{ m/s} \\ &= 0,08448 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Adapun nilai *volume flow rate inlet* adalah $0,0844 \text{ m}^3/\text{s}$.

Menghitung *volume flow rate outlet*

Diketahui :

$$V_{inlet} = 19,058 \text{ m/s}$$

$$\text{Diameter pipa} = 76,2 \text{ mm}$$

Hitung luas penampang pipa (A) :

$$\begin{aligned} A &= \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \\ &= \pi (0,0381)^2 \\ &= 0,00456 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

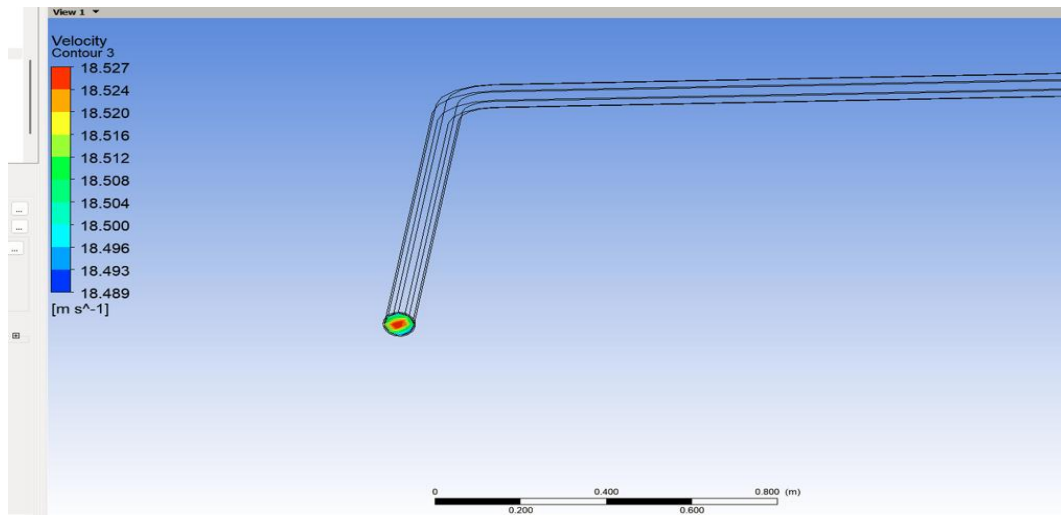
Hitung Volume Flow rate (Q) :

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot V \\ &= 0,00456 \text{ m}^2 \cdot 19,058 \text{ m/s} \\ &= 0,0869 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Adapun nilai *volume flow rate outlet* adalah $0,0869 \text{ m}^3/\text{s}$

4.5.2 *flow trajectories velocity inlet 20 bar*

Berikut merupakan distribusi aliran fluida *velocity* yang dihasilkan dari simulasi CFD yang dapat dilihat pada gambar 4.7

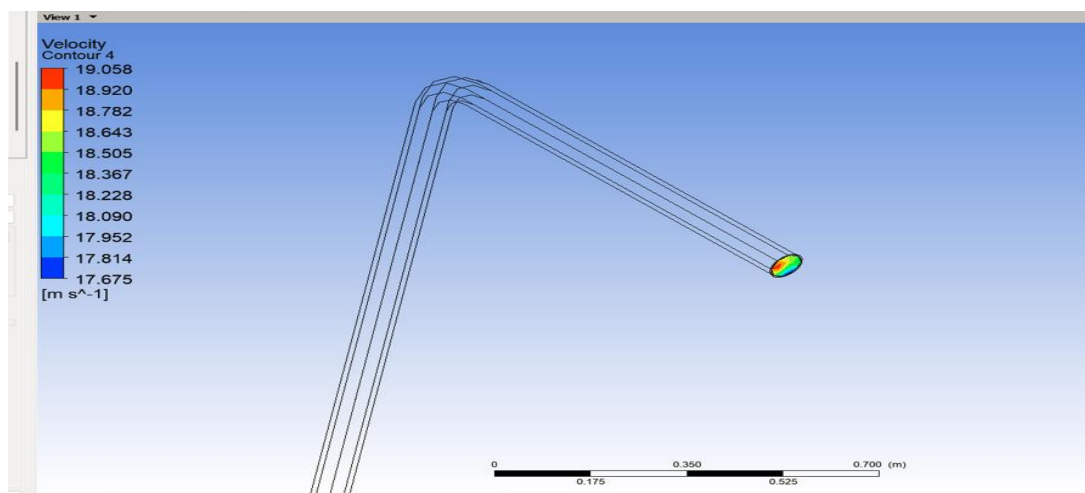


Gambar 4.7 *flow trajectories velocity*

Warna aliran pada flange pipa menunjukkan menunjukkan distribusi *velocity* fluida dengan skala warna pada gambar sebelah kiri. *Velocity* berkisar dari 18.489 m/s (biru) hingga 18.527 m/s (merah).

4.5.3 *Flow trajectories velocity outlet 20 bar*

Berikut merupakan distribusi aliran fluida *velocity* yang di hasilkan dari simulasi CFD yang dapat di lihat pada gambar 4.8

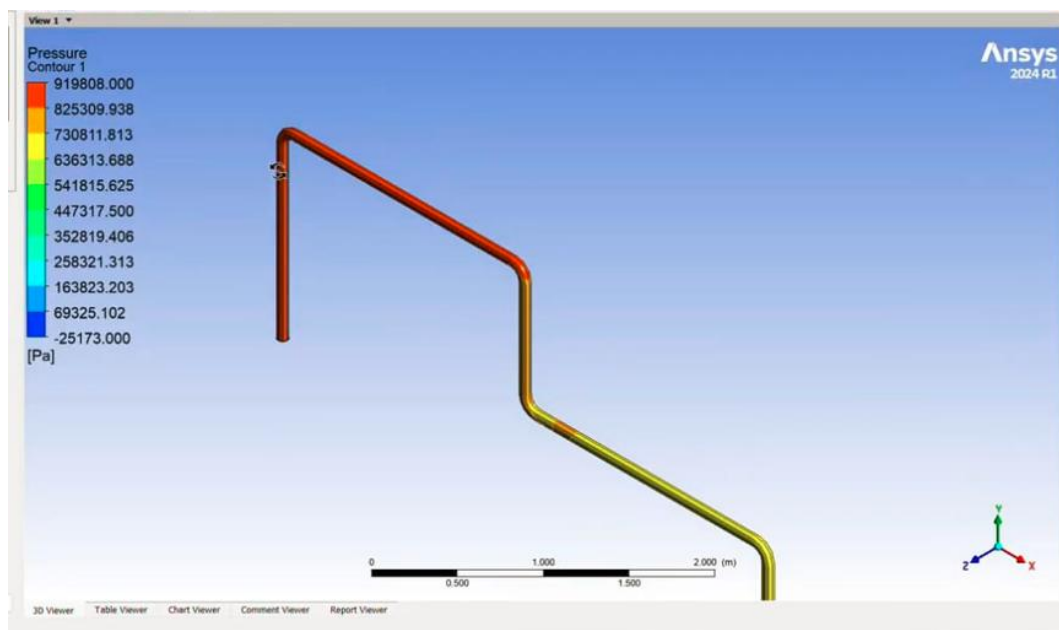


Gambar 4.8 *flow trajectories velocity*

Warna aliran pada ujung pipa menunjukkan distribusi *velocity* fluida dengan skala warna pada gambar sebelah kiri. *Velocity* berkisar dari 17.675 m/s (biru) hingga 19.058 m/s (merah). Terlihat bahwa *velocity* fluida tertinggi terletak pada salah satu sisi pipa.

4.5.4 *Flow trajectories velocity pressure 20 bar*

Berikut merupakan distribusi tekanan fluida pada pipa yang dihasilkan dari simulasi CFD yang dapat di lihat pada gambar 4.9



Gambar 4.9 *flow trajectories pressure*

Warna aliran di sepanjang pipa menunjukkan distribusi tekanan dengan skala warna pada gambar sebelah kiri, *pressure* berkisar dari 1836620 pa (merah) hingga -54038.898(biru). Terlihat *pressure* tertinggi berada pada sisi flange pipa 1836620 pa (merah), pada sisi ujung pipa nilai *pressure* sebesar -54038.898 (biru). Bisa dilihat bahwa terjadi penurunan tekanan aliran pada pipa yang di akibatkan oleh gesekan fluida pada dinding pipa.

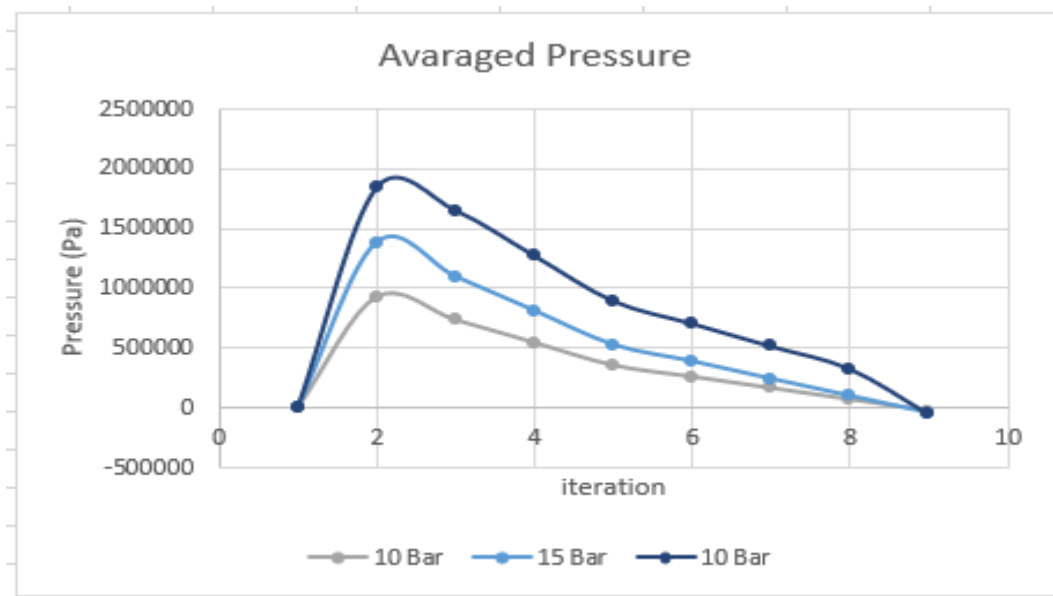
4.6. Grafik *Averaged Value Pressure*

Adapun tabel *Averaged Value Pressure* yang dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Hasil simulasi CFD pressure terhadap variasi jumlah bar

Satuan Bar	iteration								satuan
	50	75	100	125	150	175	200	250	
10 Bar	919808	730811	541815	352819	258321	163823	69325	-25173	Pa
15 Bar	1378400	1094842	811284	527726	389947	244168	102389	-39389	Pa
20 Bar	1836620	1647554	1269422	891290	702224	513158	324092	-54038	Pa

Dari pengambilan data *Averaged value pressure* di atas dapat dituangkan ke dalam bentuk grafik, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.10



Gambar 4.10 *Averaged pressure*

Grafik di atas menunjukkan rata-rata tekanan fluida pada pipa dengan variasi jumlah bar, yaitu 10,15,dan 20 bar. Sumbu *horizontal* (x) menunjukkan iterasi simulasi, sedangkan sumbu *vertikal* (y) menunjukkan nilai tekanan dengan satuan pascal (pa). Dari grafik di atas terlihat nilai rata-rata tekanan 10 bar menunjukkan nilai terendah dengan -25173 Pa dibandingkan dengan tekanan15 dan 20 bar. Sementara itu pompa dengan tekanan 20 bar memiliki nilai rata-rata paling tinggi

dengan nilai tekanan -54038 Pa. Perbandingan ini menegaskan pentingnya pemilihan pompa yang tepat untuk memindahkan fluida pada tempat yang lebih tinggi, serta mendesain instalasi perpipaan yang benar. Hal ini sangat berpengaruh, karena semakin banyak elbow yang digunakan maka akan mengurangi tekanan aliran yang diberikan oleh pompa.

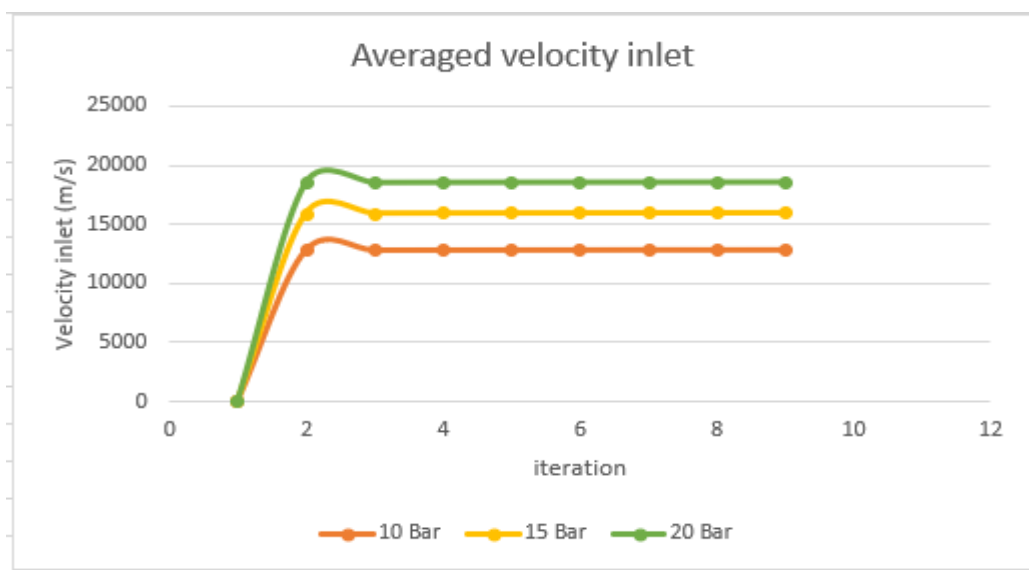
4.7 Grafik *Averaged Value Velocity Inlet*

Adapun tabel *Averaged Value Velocity Inlet* yang dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6 Hasil simulasi CFD velocity inlet terhadap variasi jumlah bar

Satuan Bar	iteration								satuan
	50	75	100	125	150	175	200	250	
10 Bar	12851	12857	12862	12868	12871	12879	12876	12879	m/s
15 Bar	15900	15903	15910	15914	15920	15924	15927	15934	m/s
20 Bar	18489	18494	18504	18512	18516	18520	18524	18527	m/s

Dari pengambilan data *Averaged Value Velocity Inlet* di atas dapat dituangkan ke dalam bentuk grafik, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.11



Gambar 4.11 *Averaged Velocity Inlet*

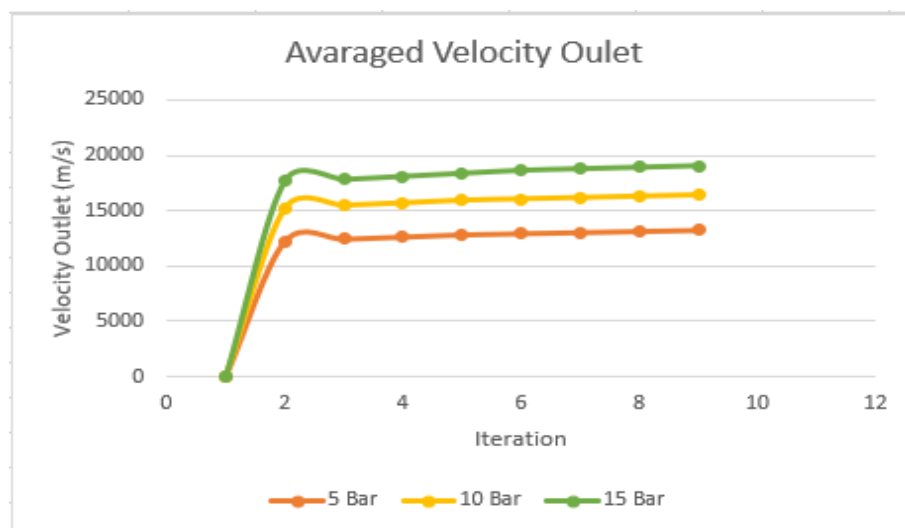
Grafik di atas menunjukkan nilai rata-rata kecepatan aliran fluida pompa sentrifugal pada posisi inlet pipa dengan variasi 10,15 dan 20 bar. Sumbu *horizontal* (x) menunjukkan iterasi simulasi, sedangkan sumbu *vertikal* (y) menunjukkan nilai *velocity* dengan satuan (m/s).

4.8 Grafik Averaged Value Velocity Outlet

Adapun tabel *Averaged Value velocity Outlet* yang dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini.

Satuan Bar	iteration								satuan
	50	75	100	125	150	175	200	250	
10 Bar	12243	12445	12647	12849	12950	13051	13152	13253	m/s
15 Bar	15175	15445	15664	15907	16029	16150	16272	16393	m/s
20 Bar	17675	17814	18090	18367	18643	18782	18920	19058	m/s

Dari pengambilan data *Averaged value velocity outlet* di atas dapat di tuangkan kedalam bentuk grafik, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.12



Gambar 4.12 Averaged Velocity Outlet

Grafik di atas menunjukkan nilai rata-rata kecepatan aliran fluida pompa sentrifugal pada posisi inlet pipa dengan variasi 10,15 dan 20 bar. Sumbu *horizontal* (x) menunjukkan iterasi simulasi, sedangkan sumbu *vertikal* (y) menunjukkan nilai *velocity* dengan satuan (m/s).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi hidrodinamika pada sistem pompa sentrifugal menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD), maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik aliran fluida di dalam sistem pompa menunjukkan bahwa distribusi kecepatan aliran cenderung paling tinggi berada pada *inlet* hingga pertengahan pipa, sedangkan penurunan tekanan paling signifikan terjadi di bagian *outlet* akibat gesekan fluida dengan dinding pipa dan adanya *fitting (elbow)*.
2. Hasil simulasi CFD berhasil menggambarkan kinerja pompa secara visual dan numerik, khususnya dalam menunjukkan hubungan antara peningkatan tekanan (10 bar, 15 bar, 20 bar) terhadap kenaikan kecepatan aliran, debit fluida, serta peningkatan kerugian energi (*head loss*) dengan nilai 96.34 m, 144.53 m, 192.62 m.
3. Nilai *head loss* meningkat seiring kenaikan tekanan operasi, yaitu pada 10 bar *head loss* sebesar 96,34 m dengan *debit outlet* $0,0604 \text{ m}^3/\text{s}$, pada 15 bar *head loss* sebesar 144,53 m dengan *debit outlet* $0,0747 \text{ m}^3/\text{s}$ dan pada 20 bar *head loss* sebesar 192.62 m dengan *debit outlet* $0,0869 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa CFD merupakan alat *analisis* yang efektif untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan desain pompa sentrifugal melalui visualisasi dan perhitungan fenomena *hidrodinamika* secara detail.

5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, beberapa saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Validasi eksperimental sangat diperlukan agar hasil simulasi CFD dapat dibandingkan langsung dengan data uji laboratorium, sehingga meningkatkan akurasi dan keandalan penelitian.
2. Simulasi dapat dikembangkan dengan variasi desain *impeller* dan *volute* (jumlah sudu, sudut serang, maupun bentuk geometri) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efisiensi dan performa pompa.
3. Analisis lebih lanjut dapat dilakukan dengan mempertimbangkan fenomena kavitasi menggunakan model *multiphase*, karena kavitasi merupakan salah satu penyebab utama kerusakan dan penurunan umur pompa.
4. Penelitian dapat diperluas pada *integrasi* sistem pompa dengan jaringan perpipaan, untuk mengkaji pengaruh kondisi *boundary*, variasi *head*, serta interaksi pompa dengan sistem secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, I. (2019). Analisa Pengaruh Beberapa Bentuk *Impeller* Sudu Pompa Terhadap Kecepatan aliran dan Kinerja Pompa. Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis. 256-260
- Yusuf. (2021). Analisis Hasil Percobaan Alat Praktikum Rugi-Rugi Aliran Dalam Pipa. *Retrieved from*
<https://jurnal.umsb.ac.id/index.php/RangtekNikjournal/article/view/2315>
- Jalaluddin, J., Akmal, S., & Ishak, I. (2019). Analisa profil aliran fluida cair dan *pressure drop* pada pipa L menggunakan metode simulasi *computational fluid dynamic* (CFD). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1), 97-108.
- Rumaherang, E. J., Wattimena, W. M. E., Rawulun, S. M., & Noya, E. (2023). Studi *Regim Aliran Fluida Dan Penentuan Head Loss* Akibat Gesekan Pada Instalasi Perpipaan. *ALE Proceeding*, 6, 154-161.
- Hutagalung, M., & Aritonang, J. W. W. (2023). Besarnya *Head Losses* Pada Aliran Perpipaan Dari *Boiler Feed Water Pump* Menuju Boiler Di PT. Z. *JURNAL VOKASI TEKNIK*, 1(03), 19-28.
- Syahrul, S(2016). *et al. Simulasi model aliran fluida Dan Kebutuhan Daya Pompa Pada Sistem Hidrodinamika, Rona Teknik Pertanian. Available at:*
<https://jurnal.usk.ac.id/RTP/article/view/4383>.