

TUGAS AKHIR

ANALISIS *HEAD LOSSES* MAYOR DAN MINOR PADA SISTEM INSTALASI TURBIN PELTON SKALA MIKRO

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

Disusun Oleh:

FADHLY MUJAHID
1707230063



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fadhly Mujahid
NPM : 1707230063
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis *Head Losses* Mayor dan Minor Pada Sistem Instalasi Turbin Pelton Skala Mikro
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



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

Dosen Penguji II



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

Dosen Penguji III



Bakti Suroso, S.T., M.Eng

Program Studi Teknik Mesin



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap :Fadhly Mujahid
Tempat /Tanggal Lahir :Pabatu/23Oktober 1997
NPM :1707230063
Fakultas :Teknik
Program Studi :Teknik Mesin

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

“Analisis *Head Losses* Mayor dan Minor Pada Sistem Instalasi Turbin Pelton Skala Mikro”,

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

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

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

Medan, Oktober 2021

a yang menyatakan,

Fadhly Mujahid

ABSTRAK

Beberapa faktor yang mempengaruhi *head losses*, yaitu : kekentalan fluida (*viscosity*), bilangan Reynold, massa jenis fluida, kecepatan fluida, jenis aliran, kekasaran bahan pipa, nilai faktor gesekan pipa, serta *fitting* dan *valve*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa *head losses* mayor dan minor pada sistem instalasi turbin pelton skala mikro. Pada instalasi turbin pelton ini jenis pipa yang digunakan adalah pipa *PVC* dan beberapa fitting antara lain Elbow 90°, Sambungan T (*Tee*), *Water Mur*, *Socket Drat Dalam*, *Socket Drat Luar*, Langkah-langkah penelitian pada instalasi turbin pelton dimulai dari *set-up* alat uji, , pengumpulan data, setelah data diperoleh maka tahapan selanjutnya menganalisa data dan menghitung apakah ada pengaruh dari berbagai *fitting* dan belokan terhadap debit yang keluar. *Head losses* yang terkecil terjadi pada instalasi nozel 1 dan 2 sedangkan yang terbesar adalah instalasi nozel 3. Serta berbanding lurus dengan besarnya Debit air yang masuk keinstalasi turbin pelton.

Kata kunci: *Head Losses*, *Head*, Debit, Kecepatan Aliran.

ABSTRACT

Several factors that affect head losses, namely: fluid viscosity, Reynold number, Density, fluid velocity, flow type, roughness of pipe material, pipe friction factor value, and fittings and valves. The study aims to analyze major and minor head losses on micro-scale pelton turbine installation systems. In this pelton turbine installation the type of pipe used is PVC pipe and some fittings include Elbow 90°, Connection T (Tee), Water Mur Inner Drat Socket, Outer Drat Socket. Research steps on pelton turbine installation starts from the set-up of test equipment, data collection, after the data is obtained then the next stage analyzes the data and calculates whether there is an influence of various fittings and turns on the discharge coming out. The smallest head losses occur in the installation of nozzles 1 and 2 and the largest is the installation of nozzles 3. And it is directly proportional to the amount of water discharge entering the Pelton turbine installation.

Keywords: Head Losses, Head, discharge, Velocity.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah *Subhanahu wa ta'ala* yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Agung Muhammad *ShalallahuAlaihi Wassalam* yang selalu kita nantikan syafa'atnya di akhirat nanti. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis *head losses* mayor dan minor pada sistem instalasi turbin pelton skala mikro” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Bekti Suroso, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Khairul Umurani S.T., MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T. sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
7. Orang tua penulis: Dailimi dan Hanifah, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Ari Aswari Purba, Bimbi Fauzi Pangestu Sinaga, Luthfi Auzan, Muhammad Nurhidayat, Muhammad RiskiTeguh Malik Ismayana dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, Oktober 2021

Fadhly Mujahid

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	1
1.3 Ruang lingkup	1
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)	3
2.2. Turbin Air	3
2.3. Turbin Pelton	3
2.3.1. Komponen Utama Turbin Pelton	5
2.4. Sistem Perpipaan Turbin Pelton	5
2.5. Bilangan Reynold	6
2.6. Persamaan Bernauli	7
2.7. Persamaan Kontinuitas	7
2.8. <i>Head losses</i>	8
2.8.1. <i>Head Loss</i> Mayor	9
2.8.2. <i>Head Loss</i> Minor	11
BAB 3 METODE PENELITIAN	14
3.1 Tempat dan Waktu	14
3.1.1 Tempat Penelitian	14
3.1.2 Waktu Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.2.1. Alat	14
3.2.2. Bahan	20
3.3 Bagan Alir	21
3.4 <i>Set Up</i> Alat Uji	22
3.5 Prosedur Pengujian	24
BAB 4 HASIL DAN ANALISA DATA	25
4.1 Data Hasil Pengujian	25
4.2 Head	25

4.3 Perhitungan Instalasi Turbin Pelton	25
4.4 Kecepatan Aliran	26
4.5 Bilangan Reynold	27
4.6 Koefisien Mayor <i>Losses</i>	28
4.7 Koefisien Minor <i>Losses</i>	28
4.8 Perhitungan Head Losses Pada Instalasi Turbin Pelton	34
4.8.1 Perhitungan <i>Head Losses</i> Percobaan 1	34
4.8.2 Perhitungan <i>Head Losses</i> Percobaan 2	38
4.8.3 Perhitungan <i>Head Losses</i> Percobaan 3	43
4.9 Grafik	47
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN 1	53
LAMPIRAN 2	54
LAMPIRAN 3	55
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Angka Bilangan Reynold	6
Tabel 2.2	Sifat – sifat Air	8
Tabel 2.3	Koefisien Hazen William	9
Tabel 2.4	Nilai Kekasaran Pipa	11
Tabel 2.5	Koefisien Minor <i>Losses</i>	12
Tabel 2.6	Koefisien <i>Losses</i> Pada <i>Dividing Flow Pipe</i>	12
Tabel 3.1	Jadwal dan Kegiatan	14
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian	25
Tabel 4.2	Nilai <i>f</i> Pada Pipa	28
Tabel 4.3	Koefisien Minor <i>Losses</i> Pipa	29
Tabel 4.4	Koefisien Minor <i>Losses</i> Selang Nozel	34
Tabel 4.5	Hasil Analisa Data	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Turbin Pelton	2
Gambar 2.2	Skema Aliran Dalam Pipa	7
Gambar 2.3	Diagram Moody	10
Gambar 3.1	Turbin Pelton	15
Gambar 3.2	Instalasi Turbin Pelton	15
Gambar 3.3	Instalasi Nozel 1	16
Gambar 3.4	instalasi Nozel 2	16
Gambar 3.5	Instalasi Nozel 3	17
Gambar 3.6	Elbow	17
Gambar 3.7	Sambungan Tee	18
Gambar 3.8	Water Mur	18
Gambar 3.9	Socket Drat Dalam	19
Gambar 3.10	Sosket Drat Luar	19
Gambar 3.11	Air	20
Gambar 3.12	Bagan Alir	21
Gambar 3.13	Memasang Bucket	22
Gambar 3.14	Memasang Runner	22
Gambar 3.15	Menghubungkan Turbin Pelton Ke Arus Listrik	23
Gambar 3.16	Menghubungkan Laptop Ke Arduino	23
Gambar 4.1	Gambar Solidwork Selang Nozel 1	29
Gambar 4.2	Gambar Sketsa Solidwork Selang Nozel 1	30
Gambar 4.3	Gambar Solidwork Selang Nozel 2	31
Gambar 4.4	Gambar Sketsa Solidwork Selang Nozel 2	31
Gambar 4.5	Gambar Solidwork Selang Nozel 3	32
Gambar 4.6	Gambar Sketsa Solidwork Selang Nozel 3	33
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Mayor <i>Losses</i> Terhadap Debit Air	48
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Minor <i>Losses</i> Terhadap Debit Air	49
Gambar 4.9	Grafik Hubungan <i>Losses</i> Total Terhadap Debit Air	50

DAFTAR NOTASI

No	Simbol	Besaran	Satuan
1.	A	Luas Penampang Pipa	m^2
2.	C	Koefisien Hazen William	
3.	D	Diameter	M
4.	f	Koefisien gesek	
5.	g	Percepatan Gravitasi	m/s^2
6.	$H_{L\text{mayor}}$	<i>Head Losses</i> Mayor	m
7.	$H_{L\text{minor}}$	<i>Head Losses</i> Minor	m
8.	L	Panjang Pipa	m
9.	L_e	Panjang Ekivalen Pipa	m
10.	Q	Debit	m^3/s
11.	Re	Bilangan Reynold	
12.	V	Volume	m^3
13.	v	Kecepatan aliran	m/s
14.	ρ	Massa Jenis	kg/m^3

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan dan kemajuandunia industriturbin pelton, masih banyak masalah yang belum terselesaikan tentang *head losses* pada sistem instalasinya. Semakin banyak *head losses* yang terjadi maka akan mempengaruhi energi yang dibutuhkan untuk memindahkan fluida dari satu tempat ketempat yang lain. Hal ini akan sangat merugikan karena akan menambah biaya operasional.

Berdasarkan penelitian dari (Muhamad dan Syuriadi 2016) Beberapa faktor yang memengaruhi *head losses*, yaitu : kekentalan fluida (*viscosity*), bilangan Reynold, massa jenis fluida, kecepatan fluida, jenis aliran, kekasaran bahan pipa, nilai faktor gesekan pipa, serta *fitting* dan *valve*

Oleh karena itu, Berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi *head losses* penulis tertarik untuk membuat penelitian dengan judul "analisis *head losses* mayor dan minor pada sistem instalasi turbin pelton skala mikro." Untuk menanggulangi besarnya *head losses* pada sistem instalasi turbin pelton agar dapat meminimalisir biaya yang dibutuhkan untuk operasional.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana *head losses* mayor dan minor pada sistem instalasi turbin pelton skala mikro.

1.3 Ruang Lingkup

Adapun batasan masalah dalam dalam proposal tugas akhir ini adalah:

1. Menggunakan turbin pelton skala mikro
2. Bahan pipa PVC
3. Bahan selang nozel *plastic*
4. Jumlah nozel 3
5. Variasi frekuensi 25 Hz, 35 Hz, 50 Hz
6. Fluida kerja air
7. Temperatur air sama dengan temperatur ruangan

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Untuk menganalisis koefisien losses pada sistem instalasi turbin pelton skala mikro.
2. Untuk menganalisis *head losses* mayor dan minor pada sistem instalasi turbin pelton skala mikro.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian adalah:

1. Hasil dari tugas akhir ini dapat menjadi referensi bagi pengembangan turbin pelton dengan memperhatikan debit air yang masuk ke sudu turbin.
2. Berguna untuk referensi dalam menanggulangi *head losses* pada sistem instalasi turbin pelton.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Mikrohidro atau dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro* (PLTMH) merupakan suatu sistem pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan ketinggian dan debit air. PLTMH secara teknis terdiri dari tiga komponen utama yaitu:

1. Air sebagai sumber energi.
2. Turbin (pengubah energi potensial menjadi energi gerak / mekanis).
3. Generator (pengubah energi mekanis menjadi energi listrik).

Prinsip dasar mikrohidro adalah memanfaatkan energi potensial yang dimiliki oleh aliran air pada jarak ketinggian tertentu dari tempat instalasi pembangkit listrik. Sebuah skema *mikrohidro* membutuhkan dua hal yaitu debit air dan ketinggian jatuh (*head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan. Hal ini adalah sebuah sistem konversi energi dari bentuk ketinggian dan aliran (energi potensial) ke dalam bentuk energi mekanik dan energi listrik.(Abdullah 2019)

2.2 Turbin Air

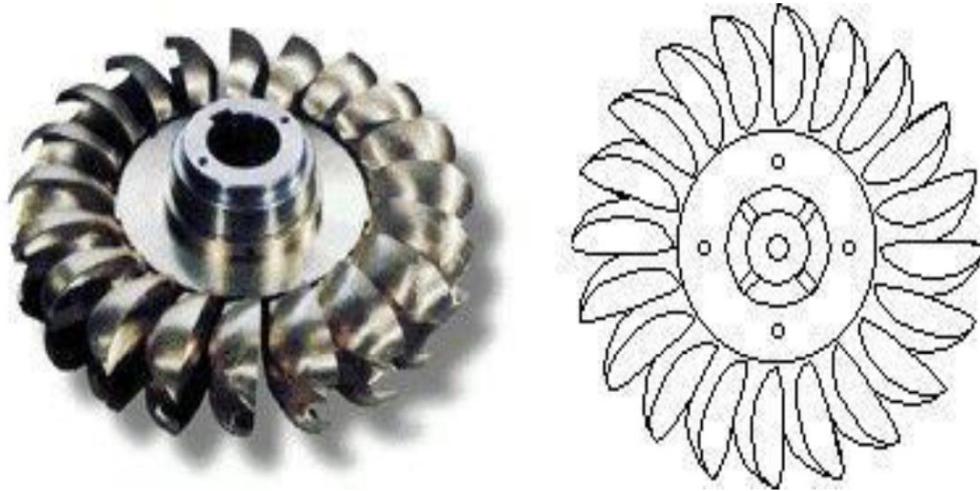
Turbin air adalah suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial air menjadi energi *kinetic* dan selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin.

Turbin air digerakkan oleh air sebagai fluida kerjanya, air yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Dalam hal ini air memiliki energi potensial diubah menjadi energi kinetik melalui aliran didalam pipa dan nozzle. Selanjutnya energi tersebut diubah lagi menjadi energi mekanis yang akan memutar poros turbin.(Marlina, Mulyadi, dan Margianto 2017)

2.3 Turbin Pelton

Turbin Pelton merupakan jenis turbin impuls yang dipakai head yang besar. Terdiri dari satu set *runner* yang berisi sudu dipasang secara sejajar pada

disk.(Saputra, Jasa, dan Wijaya 2020). Turbin pelton dapat dilihat seperti gambar 2.1.



Gambar 2.1. Turbin Pelton(Abdullah 2019)

Turbin ini diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih nozel. Aliran fluida dalam pipa yang dihasilkan dari *head* akan keluar dengan kecepatan tinggi melalui nozel. Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Tekanan air diubah menjadi kecepatan, pancaran air akan mengenai bagian tengah-tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik .

Prinsip kerja turbin Pelton ini yaitu merubah gaya potensial air menjadi gaya mekanis yang terjadi akibat reaksi impuls pada *runner* turbin yang (Saputra, Jasa, dan Wijaya 2020)

Keuntungan turbin pelton :

- a. Daya yang dihasilkan besar.
- b. Konstruksi yang sederhana.
- c. Mudah dalam perawatan.
- d. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

Sedangkan Kerugian turbin pelton Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air, sehingga memerlukan investasi yang lebih banyak.

2.3.1 Komponen Utama Turbin Pelton

Komponen-komponen turbin yang penting adalah sebagai berikut :

1. Sudu pengarah Biasanya dapat diatur untuk mengontrol kapasitas aliran yang masuk turbin.
2. Roda jalan atau runner turbin Pada bagian ini terjadi peralihan energi potensial fluida menjadi energi mekanik.
3. Poros turbin Pada poros turbin terdapat runner dan ditumpu dengan bantalan radial dan bantalan axial.
4. Rumah turbin Biasanya berbentuk keong atau spiral, berfungsi untuk mengarahkan aliran masuk sudu pengarah.
5. Pipa hisap Mengalirkan air yang ke luar turbin ke saluran luar. (Kurniady, Amrinsyah, dan Amirsyam 2019)

2.4 Sistem Perpipaan Turbin Pelton

Segi-segi terpenting mengenai susunan dan desain pipa pesat adalah pemilihan yang tepat atas diameter, tekanan ijin, dan bahan pipa. Untuk instalasi turbin Pelton, perpipaan merupakan bagian pembiayaan yang cukup besar terhadap keseluruhan biaya pusat tenaga. Ini disebabkan oleh keterkaitan tingginya tekanan di dalam dan panjang pipa pesat. Tebal dinding dan biaya pipa pesat berbanding lurus dengan tekanan ijinnya.

Jenis dan bahan pipa pesat yang dipakai dipilih sesuai dengan tekanan, keadaan lapangan, dan lingkungan setempat. Sebagian besar turbin Pelton menggunakan pipa polietilen kerapatan tinggi (HDPE). Pipa harus terlindung dari hewan ternak yang merumput, tanah atau salju longsor, perusakan, dan radiasi matahari. Kadang menutupi pipa lebih disarankan untuk kepentingan segi ekologi.

Kekasaran permukaan dalam pipa pesat dan kecepatan aliran berkaitan dengan kerugian tekanan. Mempertimbangkan diameter pipa, tekanan nominal, dan biaya pipa, bila diperoleh kerugian tinggi terjun pada pipa pesat sebesar 1% sampai dengan 5% adalah cukup baik, sedangkan kerugian tekanan total disarankan di bawah 10%.

Di pasaran tersedia pipa dengan berbagai tekanan nominal. Apabila diperlukan memasang pipa pesat yang panjang dengan dengan tinggi air yang besar, maka

untuk menekan biaya pipa pesat sebaiknya dipakai pipa tekanan nominal rendah pada awalnya, karena tekanan statik alirannya masih rendah. Kemudian dipakai pipa dengan diameter lebih kecil di bagian akhir pipa pesat. Diameter pipa yang semakin kecil berarti kecepatan aliran dan kerugian tekanan kian besar.

Diameter pipa dan kecepatan aliran merupakan dua parameter yang selalu ada dalam sistem pemompaan (Prihastuty dan Fahmadi 2015).

Didalam suatu aliran fluida terdapat debit aliran yang harus di analisis terlebih dahulu guna untuk mengetahui laju kecepatan aliran dan massa suatu fluida (Marlina, Mulyadi, dan Margianto 2017), untuk mencari debit suatu aliran kita bisa menggunakan rumus

$$Q = v A \quad (2.1)$$

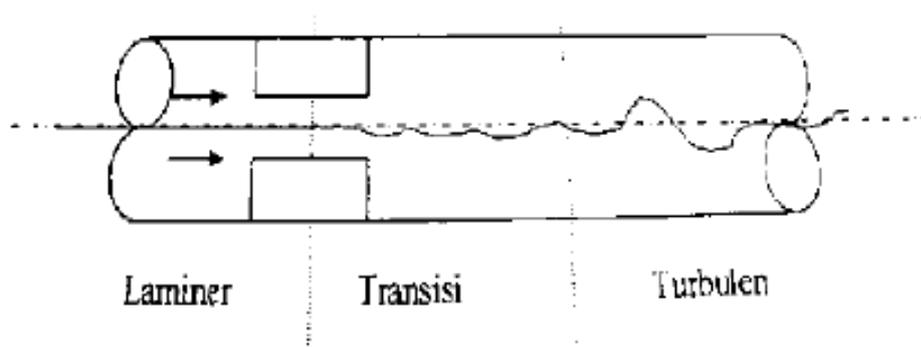
2.5 Bilangan Reynold

Di dalam proses pengaliran di dalam pipa terdapat kerugian pada tekanan pompa tersebut yang sering disebut *head losses*. Jenis aliran pada pipa tersebut merupakan jenis turbulen, karena nilai bilangan Reynold. Terdapat beberapa aliran fluida dalam pipa yaitu aliran mantap dan aliran pada pipa lurus. Pada aliran pipa lurus diklarifikasikan menjadi aliran laminar dan turbulen. Untuk menentukan apakah suatu aliran itu laminar atau turbulen dapat dipakai bilangan *Reynold* (Siregar dan Irfansyah 2018)

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad (2.2)$$

Tabel 2.1 Angka bilangan Reynold (Pradhana and Widodo 2017)

Nilai Reynold	Sifat Aliran
< 2000	Aliran Bersifat Laminar
> 4000	Aliran Bersifat Turbulen



Gambar 2.2 Skema Aliran Dalam Pipa (Zainudin, Sayoga, dan Nuarsa 2012)

2.6 Persamaan Bernauli

Hukum Bernoulli menjelaskan tentang konsep dasar aliran fluida (zat cair dan gas) bahwa peningkatan kecepatan pada suatu aliran zat cair atau gas, akan mengakibatkan penurunan tekanan pada zat cair atau gas tersebut. Artinya, akan terdapat penurunan energi potensial pada aliran fluida tersebut. Konsep dasar ini berlaku pada fluida aliran termampatkan (*compressible flow*), juga pada fluida dengan aliran tak-termampatkan (*incompressible-flow*). Hukum Bernoulli sebetulnya dapat dikatakan sebagai bentuk khusus dari konsep dalam mekanika fluida secara umum, yang dikenal dalam persamaan Bernoulli. Secara matematis persamaan bernauli adalah sebagai berikut.

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + H \quad (2.4)$$

2.7 Persamaan Kontinuitas

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

$$Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad (2.5)$$

Tabel 2.2 Sifat-sifat air (Waspodo 2017)

Suhu °C	Berat N/m ³	Kerapatan Kg/m ³	Viskositas $\mu \times 10^3 \text{Ns/m}^2$	Viskositas Kinematik $\nu \times 10^6 \text{Ns/m}^2$
0	9806	999,9	1,792	1,792
5	9807	999,8	1,519	1,519
10	9804	999,7	1,308	1,308
15	9798	999,1	1,140	1,141
20	9789	998,2	1,005	1,007
25	9778	997,1	0,894	0,897
30	9764	995,7	0,801	0,804
35	9749	994,1	0,723	0,727
40	9730	992,2	0,665	0,661

2.8 Head Losses

Adanya kekentalan pada fluida akan menyebabkan terjadinya tegangan geser pada waktu bergerak. Tegangan geser ini akan merubah sebagian energi aliran menjadi bentuk energi lain seperti panas, suara dan sebagainya. Pengubahan bentuk energi tersebut menyebabkan terjadinya kehilangan energi. Secara umum *head loss* dibagi menjadi dua macam, yaitu : *Head loss* mayor , terjadi akibat adanya kekentalan zat cair dan turbulensi karena adanya kekasaran dinding batas pipa dan akan menimbulkan gaya gesek yang akan menyebabkan kehilangan energi di sepanjang pipa dengan diameter konstan pada aliran seragam. Kehilangan energi sepanjang satu satuan panjang akan konstan selama kekasaran dan diameter tidak berubah. *Head loss* minor, kehilangan energi akibat perubahan penampang dan aksesoris lainnya. Misalnya terjadi pada perubahan arah seperti pembelokan (*elbow*), bungkukan (*bends*), pembesaran tampang (*expansion*), serta pengecilan penampang (*contraction*). Kehilangan energi sekunder atau *head loss minor* ini akan mengakibatkan adanya tumbukan antara partikel zat cair dan meningkatnya gesekan karena turbulensi serta tidak seragamnya distribusi kecepatan pada suatu penampang pipa. Adanya lapisan batas terpisah dari dinding pipa maka akan terjadi olakan atau pusaran air. Adanya olakan ini akan

mengganggu pola aliran laminar sehingga akan menaikkan tingkat turbulensi.(Waspodo 2017)

2.8.1 Head Losses Mayor

Head Losses Major, yaitu rugi- rugi energiyang diakibatkan dari gesekan fluida terhadap kekasaran permukaan bahan pipanya.

A. Persamaan Persamaan Hazen-Williams

Untuk menghitung kehilangan energi (head loss) pengaliran air pada pipa, dapat menggunakan rumus Hanzen Williams, yang telah dikonversi ke metrik unit oleh konsultan sebagai berikut :

$$H_L = 10,67 \left[\frac{Q^{1,85} \cdot L}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} \right] \quad (2.6)$$

Tabel 2.3 Koefisien Hazen William (Waspodo 2017)

NILAI C	JENIS PIPA
140	<i>Asbestos Cement</i>
130	<i>Brass Tube</i>
100	<i>Cast Iron Tube</i>
110	<i>Concrete Tube</i>
130	<i>Copper Tube</i>
60	<i>Corrugated Steel Tube</i>
120	<i>Galvanized Tubing</i>
130	<i>Glass Tube</i>
130	<i>Lead Piping</i>
150	<i>PVC Pipe</i>
140	<i>General Smooth Pipe</i>
120	<i>Steel Pipe</i>
100	<i>Steel Riveted Pipe</i>

B. Persamaan Darcy-Weisbach

Headloss mayor dikaitkan dengan kehilangan energi di sepanjang pipa karena efek gesekan, yang tergantung pada *viskositas* cairan, kekasaran dinding, diameter internal pipa, panjang pipa, dan kecepatan aliran. Meskipun banyak persamaan tersedia untuk menentukan kerugian gesekan di sepanjang lateral,

persamaan Darcy-Weisbach tampaknya menjadi yang paling diterima untuk pipa polietilena berdiameter kecil. Pengenalan faktor gesekan Blasius ke dalam persamaan Darcy-Weisbach memberikan perkiraan akurat tentang kerugian gesekan yang dihasilkan oleh aliran turbulen di dalam pipa seragam dengan kekasaran dinding rendah dan ketika angka Reynolds (R) berada dalam kisaran 3.000-105 (Lubis dan Siregar 2021)

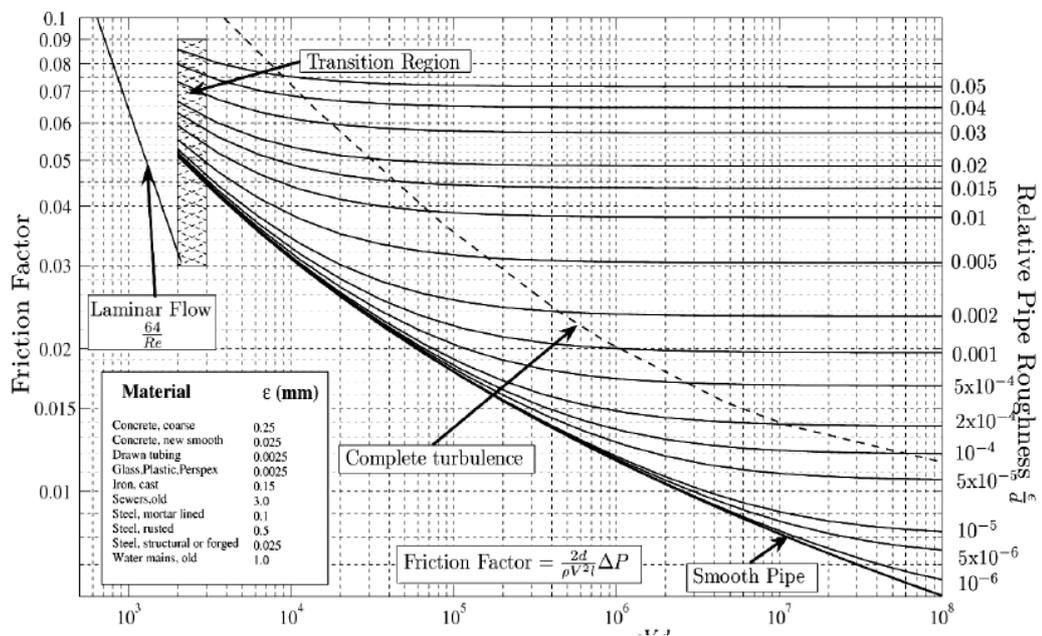
$$f = 0,316 \cdot Re^{-0,25} \quad (2.7)$$

Untuk aliran laminar faktor gesekan adalah

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2.8)$$

$$H_{LMayor} = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g} \quad (2.9)$$

Untuk menghitung kerugian gesek pada pipa pada aliran turbulen terdapat berbagai rumus empiris. Untuk mencari koefisien gesek pipa (f) dapat menggunakan diagram *Moody* (Muliawan dan Yani 2018) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Diagram Moody

Untuk mengetahui kekasaran *relative* pipa dapat dicari dengan menggunakan Pers.

$$\text{Kekasaran relatif} = \frac{\varepsilon}{d} \quad (2.10)$$

Tabel 2.4 Nilai Kekasaran Pipa Komersial (Yunus and John 2004)

No	Material	Kekasaran (ft)	Kekasaran (mm)
1	<i>Glass, plastic</i>	0 (<i>smooth</i>)	
2	<i>Concrete</i>	0,003-0,03	0,9-9
3	<i>Wood stave</i>	0,0016	0,5
4	<i>Rubber, smoothed</i>	0,000033	0,01
5	<i>Copper or brass tubing</i>	0,000005	0,0015
6	<i>Cast iron</i>	0,00085	0,26
7	<i>Galvanized iron</i>	0,0005	0,15
8	<i>PVC, Other Drawn Tubing</i>	0,05	0,0015
8	<i>Wrought iron</i>	0,00015	0,046
9	<i>Stainless steel commercial</i>	0,000007	0,002
10	<i>Steel</i>	0,00015	0,045

2.8.2 Head Losses Minor

Head Losses Minor, yaitu rugi-rugi energi yang diakibatkan karena terdapat belokan-belokan atau sambungan-sambungan pada sistem perpipaannya. (Muhamad and Syuriadi 2016). Untuk mengetahui *head losses* minor menggunakan persamaan dibawah ini :

$$H_{L\text{Minor}} = K \frac{v^2}{2g} \quad (2.11)$$

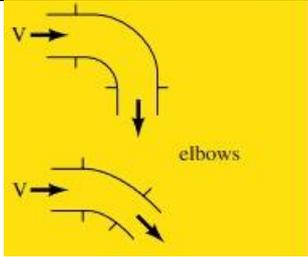
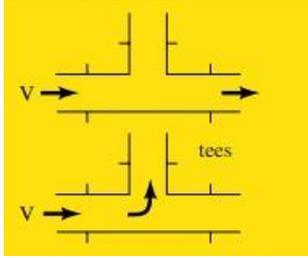
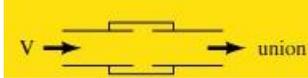
Atau

$$H_L = f \frac{L_e \cdot v^2}{D 2g} \quad (2.12)$$

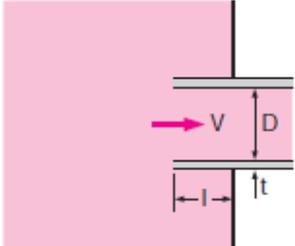
(Zainudin, Sayoga, dan Nuarsa 2012) Dengan persamaan rumus Fuller untuk menghitung koefisien gesekan belokan adalah

$$K = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \quad (2.13)$$

Tabel 2.5 Koefisien Minor Losses (Yunus dan John 2004)

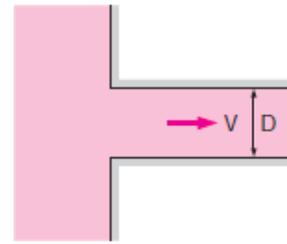
Komponen	K_L	Bentuk
a. <i>Elbow</i>		
<i>Regular 90° flanged</i>	0,3	
<i>Regular 90° threaded</i>	1,5	
<i>Long radius 90° flanged</i>	0,2	
<i>Long radius 90° threaded</i>	0,7	
<i>Long radius 45° flanged</i>	0,2	
<i>Regular 45° threaded</i>	0,4	
b. <i>180° return bends</i>		
<i>180° return bends, flanged</i>	0,2	
<i>180° return bends, threaded</i>	1,5	
c. <i>Tees</i>		
<i>Line flow, flanged</i>	0,2	
<i>Line flow, threaded</i>	0,9	
<i>Branch flow, flanged</i>	1,0	
<i>Branch flow, threaded</i>	2,0	
d. <i>Union, threaded</i>	0,08	
e. <i>Valves</i>		
<i>Globe, fully open</i>	10	
<i>Angel, fully open</i>	2	
<i>Gate, fully open</i>	0,15	
<i>Ball valve, fully open</i>	0,05	

Tabel 2.6 Koefisien Losses Pada Dividing Flow Pipe (Yunus dan John 2004)

Nama	K_L	Bentuk
<i>Pipe Inlet Reentrant:</i>	0.80	

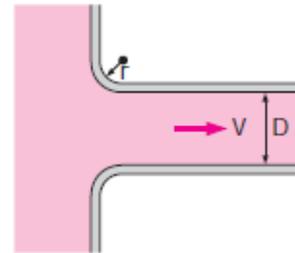
Sharp-edged

0.50



Well-rounded ($r/D > 0.2$)

0.03



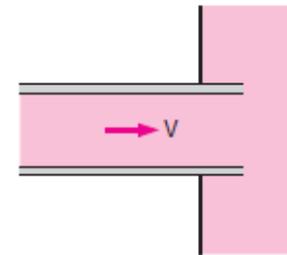
Slightly rounded ($r/D =$

0.1)

0.1)

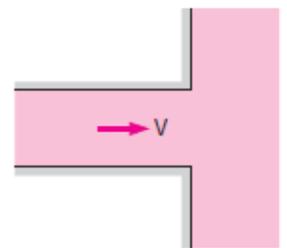
*Pipe Exit
Reentrant:*

α



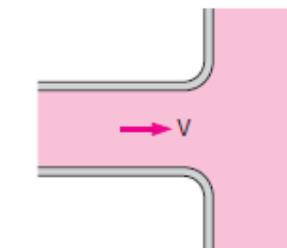
Sharp-edged

α



Rounded

α



BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

- 3.1.1. Tempat kegiatan uji coba dilaksanakan di Laboratorium Prestasi Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Mukhtar Basri No 3 Medan.
- 3.1.2. Waktu pelaksanaan penelitian turbin telah dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan judul penelitian oleh pengelola Program Studi Teknik Mesin seperti yang tertera pada tabel dibawah ini

Tabel 3.1 Jadwal Dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu					
		1	2	3	4	5	6
1	Study Literatur Dan Desain						
2	PembuatanAlat Dan Pengujian						
3	Pengambilan Data						
4	Analisa Data						
5	Seminar Hasil						
6	SidangSarjana						

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat Yang Digunakan

1. Turbin Pelton

Pada penelitian ini *head losses* yang dicari adalah *head losses* yang terjadi pada instalasi turbin pelton. Turbin pelton yang digunakan seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Turbin Pelton

Instalasi turbin pelton yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari sistem pemipaan yang kemudian dibagi menjadi 3 nozel. Sistem instalasi turbin pelton dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.2 instalasi turbin pelton



Gambar 3.3 instalasi nozel 1



Gambar 3.4 instalasi nozel 2



Gambar 3.5 instalasi nozel 3

Pada instalasi turbin pelton ini menggunakan beberapa fitting yang memiliki koefisien losses yang berbeda-beda. Beberapa fitting tersebut antara lain :

- a. Elbow 90°

Elbow digunakan untuk membelokkan aliran pada pipa Berikut dibawah ini gambar Elbow 90°.



Gambar 3.6 Elbow

b. Sambungan T (*Tee*)

Sambungan T (*Tee*) digunakan untuk membagi saluran air menjadi dua arah. Dua arah tersebut memiliki tekanan yang sama rata. Berikut dibawah ini gambar Sambungan T (*Tee*)



Gambar 3.7 Sambungan *Tee*

c. *Water Mur*

Water Mur digunakan untuk menyambung dua pipa PVC agar mudah dan cepat pada saat di lepas. Berikut dibawah ini gambar *Water Mur*.



Gambar 3.8 *Water mur*

d. *Socket* Drat Dalam

Socket drat dalam berfungsi untuk menyambungkan pipa *PVC* dengan komponen yang memiliki drat luar. Berikut dibawah ini gambar *Socket* drat dalam.



Gambar 3.9 *socket* drat dalam

e. *Socket* Drat Luar

Socket drat luar digunakan untuk menyambungkan pipa *PVC* dengan komponen yang memiliki drat dalam. Berikut dibawah ini gambar *Socket* drat luar.



Gambar 3.10 *socket* drat luar

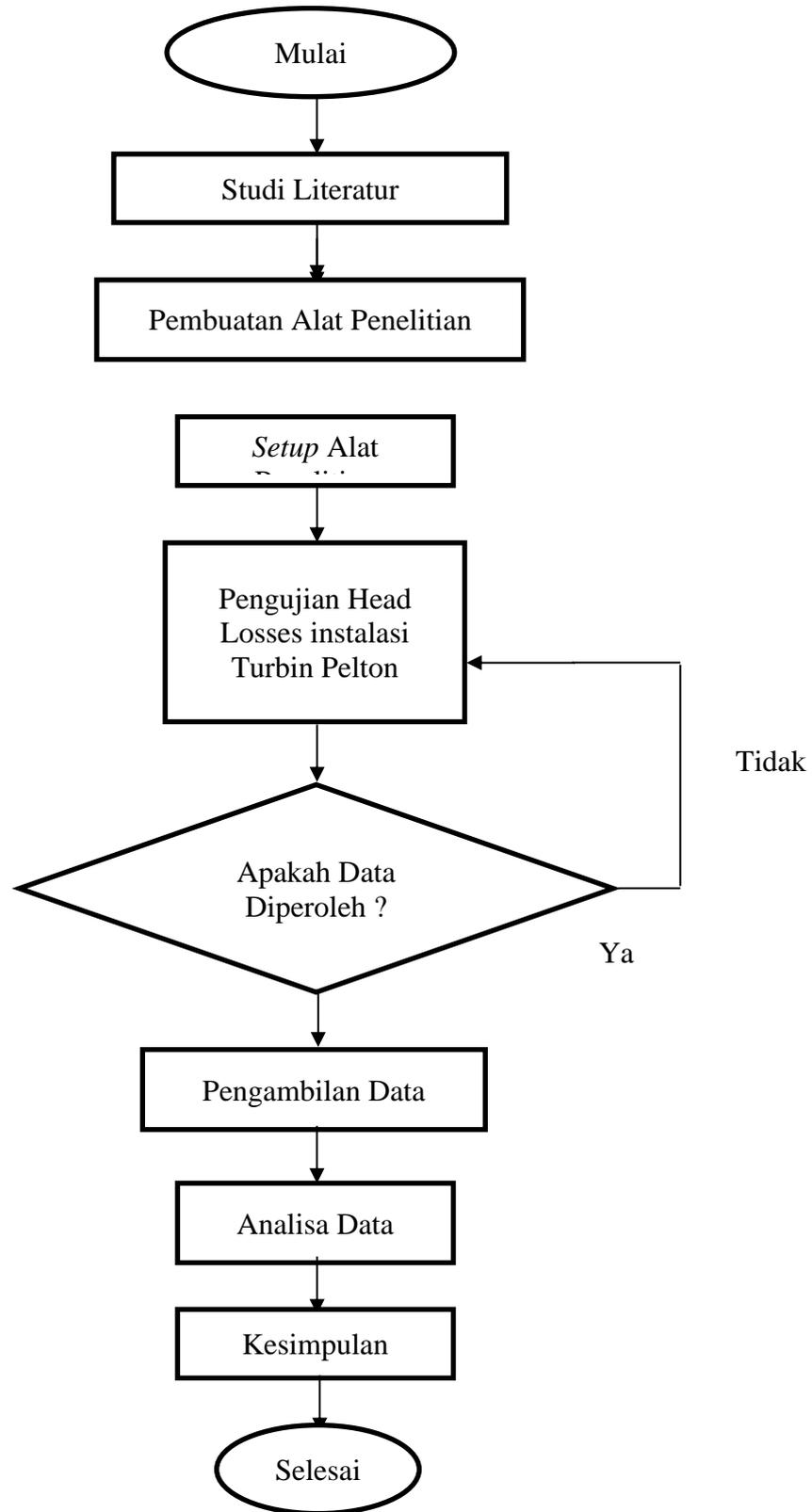
3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan (fluida kerja) pada penelitian ini adalah air



Gambar 3.11 Air

3.3 Bagan Alir



Gambar 3.12 Bagan Alir

3.4 Set Up Alat Uji

Adapun *set up* turbin pelton skala mikro ini adalah :

1. Memasang bucket ke *runner* yang digunakan.

Memasang bucket dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 3.13 Memasang bucket

2. Memasang *runner* turbin yang digunakan ke rumah turbin.

Memasang *runner* dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 3.14 Memasang runner

3. Membuka nozel turbin pada bukaan penuh
4. Menghubungkan turbin pelton ke arus listrik

Menghubungkan turbin pelton ke arus listrik dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 3.15 Menghubungkan turbin pelton ke arus listrik

5. Menghubungkan laptop ke arduino.

Menghubungkan laptop ke arduino dapat dilihat pada gambar dibawah



Gambar 3.16 Menghubungkan laptop ke arduino

3.5 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian dalam penelitian ini adalah :

1. Memastikan semua kondisi alat dalam keadaan baik.
2. Menyalakan pompa untuk mengalirkan fluida.
3. Mengatur frekuensi pompa menjadi 25 Hz.
4. Menekan tombol run pada panel
5. Mencatat data pengujian yang ditampilkan monitor yaitu: frekuensi, debit, suction, discharge.
6. Mengulangi langkah nomor 3 sampai 5 dengan variasi frekuensi pompa 35 Hz dan 50 Hz
7. Setelah selesai matikan pompa
8. Selesai

BAB 4

HASIL DAN ANALISA DATA

4.1 Data Hasil Pengujian

Setelah melakukan pengujian diperoleh data seperti pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian

No	Frekuensi (Hz)	Ps (Bar)	Pd (Bar)	Q (Lpm)
1	25	0,70	16,56	26
2	35	1,39	16,46	39
3	50	2,77	16,33	57

4.2 Head

a. Frekuensi 25

$$H = \Delta P$$

$$H = 16,56 - 0,70$$

$$H = 15,86 \text{ Bar}$$

b. Frekuensi 35

$$H = \Delta P$$

$$H = 16,46 - 1,39$$

$$H = 15,07 \text{ Bar}$$

c. Frekuensi 50

$$H = \Delta P$$

$$H = 16,33 - 2,77$$

$$H = 13,56 \text{ Bar}$$

4.3 Perhitungan Instalasi Turbin Pelton

Data yang diketahui dari instalasi turbin pelton adalah sebagai berikut :

Diameter pipa $d = 1 \text{ inchi} \rightarrow 0,0508 \text{ m}$

Diameter selang $d = 0,75 \text{ inchi} \rightarrow 0,01905 \text{ m}$

Panjang instalasi pipa $L = 1,7 \text{ m}$

4.3.1 Luas Penampang Pipa

a. Pipa

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} 0,0508^2$$

$$A = 0,00203 \text{ m}^2$$

4.3.2 Luas Penampang Selang Nozel

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} 0,01905^2$$

$$A = 0,0003 \text{ m}^2$$

4.4 Kecepatan Aliran

a. Percobaan 1 (Frekuensi 25 Hz)

$$Q = 26 \text{ Lpm} \rightarrow 0,000433 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$v = \frac{0,000433 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00203 \text{ m}^2}$$

$$v = 0,214 \text{ m/s}$$

b. Percobaan 2 (Frekuensi 35 Hz)

$$Q = 39 \text{ Lpm} \rightarrow 0,000650 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$v = \frac{0,000650 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00203 \text{ m}^2}$$

$$v = 0,321 \text{ m/s}$$

c. Percobaan 3 (Frekuensi 50 Hz)

$$Q = 57 \text{ Lpm} \rightarrow 0,000950 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$v = \frac{0,000950 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00203 \text{ m}^2}$$

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

4.5 Bilangan *Reynold*

Untuk menghitung bilangan *reynold* menggunakan persamaan 2.3 dimana temperatur air diasumsikan sama dengan temperatur ruangan. Oleh karena itu $\rho = 997,1 \text{ Kg/m}^3$ dan $\mu = 0,894 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$

a. Percobaan 1 (Frekuensi 25 Hz)

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$\text{Re} = \frac{999,7 \text{ Kg/m}^3 \times 0,214 \text{ m/s} \times 0,0508 \text{ m}^2}{0,894 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2}$$

$$\text{Re} = 12119,646$$

b. Percobaan 2 (Frekuensi 35 Hz)

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$\text{Re} = \frac{999,7 \text{ Kg/m}^3 \times 0,321 \text{ m/s} \times 0,0508 \text{ m}^2}{0,894 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2}$$

$$\text{Re} = 18179,469$$

c. Percobaan 3 (Frekuensi 50 Hz)

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$Re = \frac{999,7 \text{ Kg/m}^3 \times 0,469 \text{ m/s} \times 0,0508 \text{ m}^2}{0,894 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2}$$

$$Re = 26569,993$$

4.6 Koefisien Mayor *losses*

A. Koefisien mayor *losses* pada pipa

Pada instalasi turbin pelton ini jenis pipa yang digunakan adalah pipa PVC. Dimana $\epsilon = 0,0015$ maka $\epsilon/D = 0,00003$. Berdasarkan nilai ϵ/D dan bilangan reynold maka f pipa PVC dapat ditentukan dengan melihat diagram *moody* seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Nilai f pada pipa

No	Frekuensi	Re	f
1	25	12119,646	0,026
2	35	18179,469	0,024
3	50	26569,993	0,022

B. Koefisien mayor *losses* selang nozel

Pada instalasi turbin pelton ini jenis selang nozel yang digunakan ada selang plastik yang mana memiliki nilai kekasaran 0 (*smooth*). Oleh sebab itu mayor *losses* yang terjadi didalam selang nozel dapat kita abaikan (lihat tabel 2.3)

4.7 Koefisien Minor *losses*

A. Koefisien minor *losses* pada pipa

Berdasarkan tabel 2.2 maka koefisien minor *losses* pipa dapat detentukan sebagai berikut:

Tabel 4.3 koefisien minor *losses* pipa

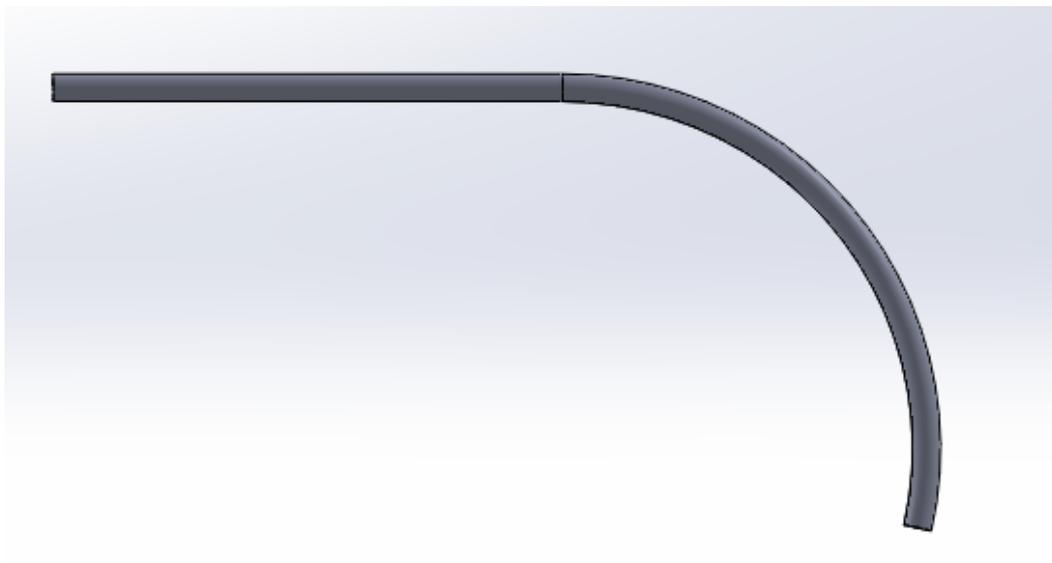
No	Nama	Jumlah	Koefisien minor losses (K)	Jumlah
1	<i>Socket</i> drat luar	1	0,08	0,08
2	<i>Water mur</i>	2	0,08	0,16
3	Sambungan <i>tee</i>	1	0,9	0,9
4	Elbow	1	0,3	0,3
5	<i>Socket</i> drat dalam	2	0,08	0,16
Total				1,68

B. Koefisien minor *losses* selang nozel

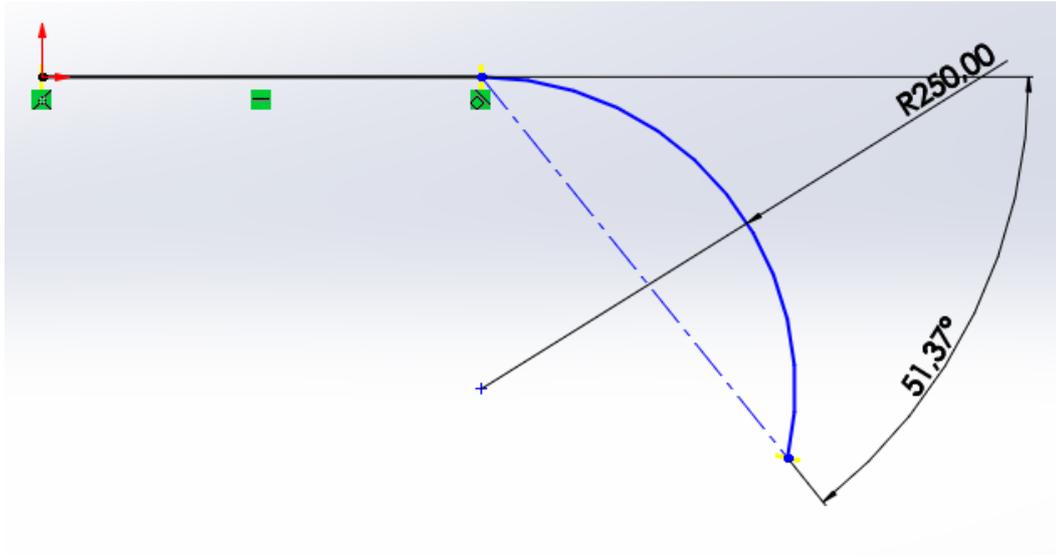
Koefisien minor *losses* pada selang nozel dapat dihitung menggunakan persamaan 2.12.

a. Selang nozel 1

Adapun bentuk dari selang nozel 1 dapat dilihat pada dibawah ini:



Gambar 4.1 Gambar *solidwork* selang nozel 1



Gambar 4.2 Gambar sketsa *solidwork* selang nozel 1

Gambar sketsa selang nozel 1 menunjukkan bahwa besar sudut yang dibentuk oleh belokan adalah $51,37^\circ$ dan panjang jari-jari lengkung sumbu belokan sebesar 0.25 m. maka:

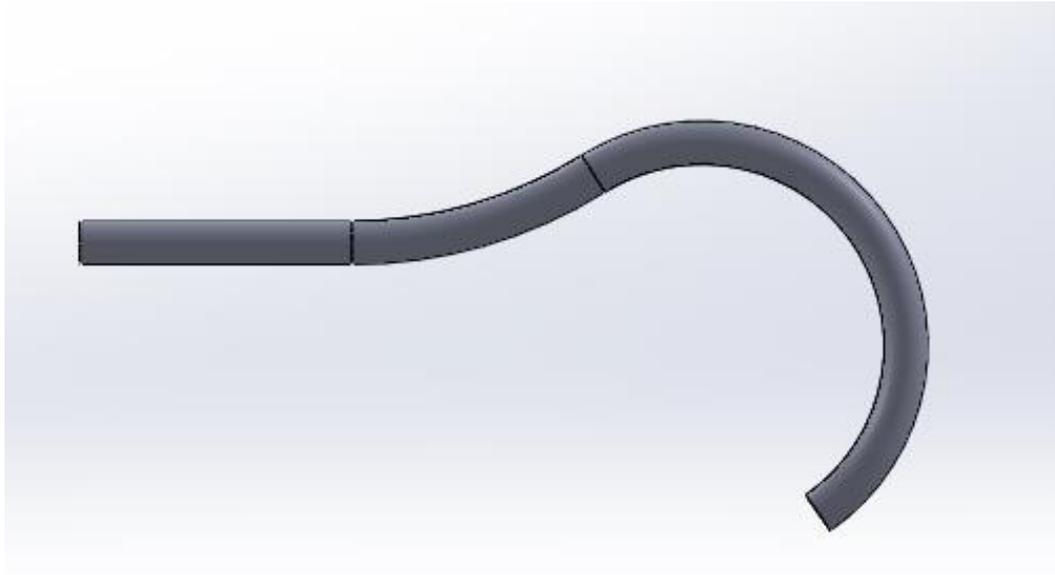
$$K = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

$$K = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{0,01905\text{m}}{2 \times 0,25\text{m}} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{51,37}{90} \right)^{0,5}$$

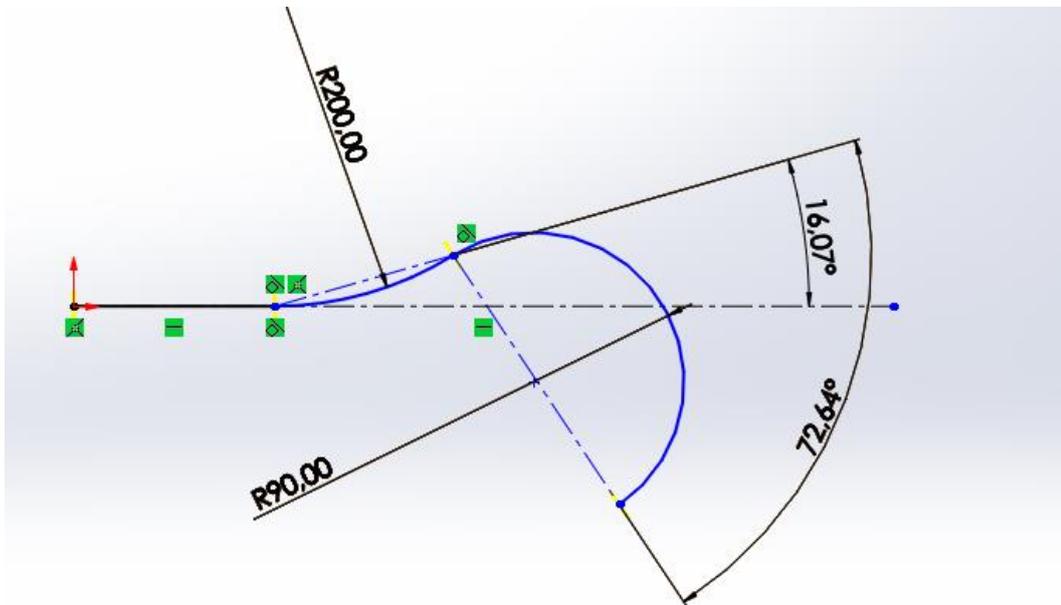
$$K = 400$$

b. Selang nozel 2

Adapun bentuk dari selang nozel 2 dapat dilihat pada dibawah ini:



Gambar 4.3 Gambar *solidwork* selang nozel 2



Gambar 4.4 Gambar sketsa *solidwork* selang nozel 2

Gambar sketsa selang nozel 2 menunjukkan bahwa besar sudut yang dibentuk oleh belokan adalah 16,07° dan 72,64°. panjang jari-jari lengkung sumbu belokan sebesar 0,09 m dan 0,20 m. maka:

$$K = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

$$K = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{0,01905 \text{ m}}{2 \times (0,20 + 0,09) \text{ m}} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{72,64 + 16,07}{90} \right)^{0,5}$$

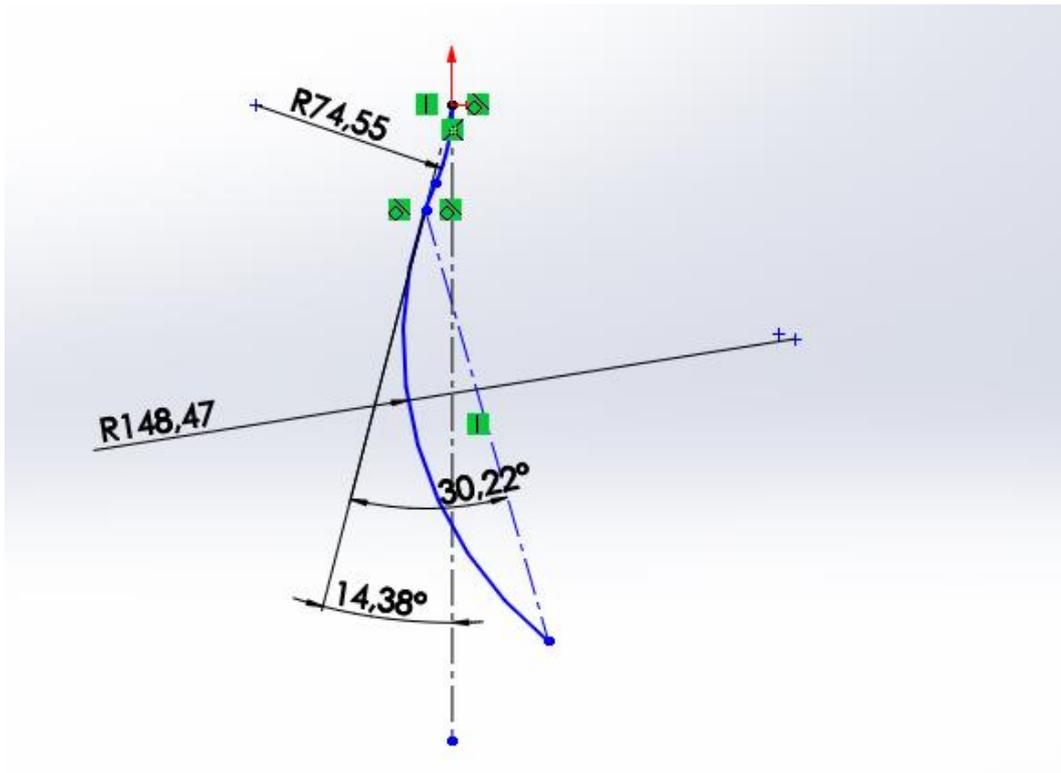
$$K = 0,365$$

c. Selang nozel 3

Adapun bentuk dari selang nozel 3 dapat dilihat pada dibawah ini:



Gambar 4.5 Gambar *solidwork* selang nozel 3



Gambar 4.6 Gambar sketsa *solidwork* selang nozel 3

Gambar sketsa selang nozel 2 menunjukkan bahwa besar sudut yang dibentuk oleh belokan adalah 30,22° dan 14,38. panjang jari-jari lengkung sumbu belokan sebesar 0,075 m dan 0,148 m. maka:

$$K = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

$$K = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{0,01905\text{m}}{2 \times (0,075 + 0,148)\text{m}} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{30,22 + 14,38}{90} \right)^{0,5}$$

$$K = 0,510$$

Pada selang nozel 3 terdapat sebuah elbow yang memiliki koefisien minor *losses* sebesar 0,3. Maka koefisien total selang nozel 3 adalah :

$$K = 0,510 + 0,3$$

$$K = 0,81$$

Tabel 4.4 koefisien minor *losses* selang nozel

No	Selang Nozel	Koefisien minor losses
1	1	0,400
2	2	0,365
3	3	0,810

4.8 Perhitungan *Head Losses* pada Instalasi Turbin Pelton

4.8.1 Perhitungan *Head Losses* Percobaan 1

Pada percobaan pertama (frekuensi pompa 25 Hz) diketahui kecepatan aliran fluida sebesar 26 Lpm (lihat lampiran, halaman 53), maka:

1. Mayor losses pada pipa

$$H_{L \text{ mayor}} = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g}$$

$$H_{L \text{ mayor}} = 0,026 \times \frac{1,7 \text{ m} \times 0,214^2 \text{ m/s}}{0,0508 \text{ m} \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_{L \text{ mayor}} = 0,002 \text{ m}$$

2. Minor *losses* pada pipa

$$H_{L \text{ minor}} = K \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{L \text{ minor}} = 1,68 \frac{0,214^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_{L \text{ minor}} = 0,004 \text{ m}$$

3. Head losses total pada pipa

$$H_L = H_{L \text{ mayor}} + H_{L \text{ minor}}$$

$$H_L = 0,002 \text{ m} + 0,004 \text{ m}$$

$$H_L = 0,006 \text{ m}$$

4. Kecepatan air masuk pipa pembagi

Untuk menghitung kecepatan air yang masuk ke pipa pembagi digunakan persamaan kontinuitas dimana A_2 disini adalah 3 kali luas penampang selang nozel.

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{A_1 \cdot v_1}{A_2}$$

$$v_2 = \frac{0,00203 \text{ m}^2 \times 0,214 \text{ m/s}}{0,0003 \times 3}$$

$$v_2 = 0,507 \text{ m/s}$$

5. Kecepatan air masuk disetiap selang nozel

$$v = \frac{v_2}{3}$$

$$v = \frac{0,507 \text{ m/s}}{3}$$

$$v = 0,169 \text{ m/s}$$

6. Losses yang terjadi pada pipa pembagi

Berdasarkan tabel 2.3 koefisien *losses* pada pipa pembagi adalah 0,5. Oleh karena itu dapat diperoleh.

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

$$H_L = 0,5 \frac{0,169^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_L = 0,001 \text{ m}$$

7. Kecepatan aliran dalam selang nozel

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + H$$

Karena tidak ada perbedaan ketinggian maka tekanan dan jarak elevasi dapat diabaikan. Maka rumus diatas menjadi :

$$\frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g} + H$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} - H\right) \times 2g}$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{0,169^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} - 0,001\right) \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$v_2 = 0,120 \text{ m/s}$$

8. Minor losses pada selang nozel

a. Selang nozel 1

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

$$H_L = 0,4 \frac{0,120^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_L = 0,0003 \text{ m}$$

b. Selang nozel 2

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

$$H_L = 0,365 \frac{0,120^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_L = 0,0003 \text{ m}$$

c. Selag nozel 3

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

$$H_L = 0,810 \frac{0,120^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_L = 0,0006 \text{ m}$$

9. Kecepatan air keluar selang nozel

a. Selang nozel 1

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} - H \right) \times 2g}$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{0,120^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} - 0,0003 \right) \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$v_2 = 0,093 \text{ m/s}$$

b. Selang nozel 2

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} - H \right) \times 2g}$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{0,120^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} - 0,0003 \right) \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$v_2 = 0,095 \text{ m/s}$$

c. Selang nozel 3

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} - H \right) \times 2g}$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{0,120^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} - 0,0006 \right) \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$v_2 = 0,052 \text{ m/s}$$

10. Debit air keluar instalasi turbin

a. Selang nozel 1

$$Q = v A$$

$$Q = 0,093 \text{ m/s} \times 0,0003 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,0000264 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Selang nozel 1

$$Q = v A$$

$$Q = 0,095 \text{ m/s} \times 0,0003 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,0000271 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Selang nozel 3

$$Q = v A$$

$$Q = 0,052 \text{ m/s} \times 0,0003 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,0000148 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.8.2 Perhitungan *Head Losses* Percobaan 2

Pada percobaan kedua (frekuensi pompa 35 Hz) diketahui kecepatan aliran fluida sebesar 37 Lpm (lihat lampiran, halaman 54), maka:

1. Mayor losses pada pipa

$$H_{L \text{ mayor}} = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g}$$

$$H_{L \text{ mayor}} = 0,026 \times \frac{1,7 \text{ m} \times 0,321^2 \text{ m/s}}{0,0508 \text{ m} \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_{L \text{ mayor}} = 0,004 \text{ m}$$

2. Minor losses pada pipa

$$H_{L \text{ minor}} = K \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{L \text{ minor}} = 1,68 \frac{0,321^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_{L \text{ minor}} = 0,009 \text{ m}$$

3. Head losses total pada pipa

$$H_L = H_{L \text{ mayor}} + H_{L \text{ minor}}$$

$$H_L = 0,004 \text{ m} + 0,009 \text{ m}$$

$$H_L = 0,013 \text{ m}$$

4. Kecepatan air masuk pipa pembagi

Untuk menghitung kecepatan air yang masuk ke pipa pembagi digunakan persamaan kontinuitas dimana A_2 disini adalah 3 kali luas penampang selang nozel.

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{A_1 \cdot v_1}{A_2}$$

$$v_2 = \frac{0,00203 \text{ m}^2 \times 0,321 \text{ m/s}}{0,0003 \times 3}$$

$$v_2 = 0,761 \text{ m/s}$$

5. Kecepatan air masuk disetiap selang nozel

$$v = \frac{v_2}{3}$$

$$v = \frac{0,761 \text{ m/s}}{3}$$

$$v = 0,254 \text{ m/s}$$

6. Losses yang terjadi pada pipa pembagi

Berdasarkan tabel 2.3 koefisien *losses* pada pipa pembagi adalah 0,5. Oleh karena itu dapat diperoleh.

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

$$H_L = 0,5 \frac{0,254^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_L = 0,002 \text{ m}$$

7. Kecepatan aliran dalam selang nozel

$$\frac{P_1}{Y_1} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{Y_2} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + H$$

Karena tidak ada perbedaan ketinggian maka tekanan dan jarak elevasi dapat diabaikan. Maka rumus diatas menjadi :

$$\frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g} + H$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} - H \right) \times 2g}$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{0,254^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} - 0,002 \right) \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$v_2 = 0,179 \text{ m/s}$$

8. Minor *losses* pada selang nozel

a. Selang nozel 1

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

$$H_L = 0,4 \frac{0,179^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_L = 0,0007 \text{ m}$$

b. Selang nozel 2

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

$$H_L = 0,365 \frac{0,179^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_L = 0,0006 \text{ m}$$

c. Selag nozel 3

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

$$H_L = 0,810 \frac{0,179^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_L = 0,0013 \text{ m}$$

9. Kecepatan air keluar selang nozel

a. Selang nozel 1

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} - H \right) \times 2g}$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{0,179^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} - 0,0007 \right) \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$v_2 = 0,139 \text{ m/s}$$

b. Selang nozel 2

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} - H\right) \times 2g}$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{0,179^2 \text{ m/s}^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} - 0,0006\right) \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$v_2 = 0,143 \text{ m/s}$$

c. Selang nozel 3

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} - H\right) \times 2g}$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{0,179^2 \text{ m/s}^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} - 0,0013\right) \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$v_2 = 0,078 \text{ m/s}$$

10. Debit air keluar instalasi turbin

a. Selang nozel 1

$$Q = v A$$

$$Q = 0,139 \text{ m/s} \times 0,0003 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,0000396 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Selang nozel 1

$$Q = v A$$

$$Q = 0,143 \text{ m/s} \times 0,0003 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,0000407 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Selang nozel 3

$$Q = v A$$

$$Q = 0,078 \text{ m/s} \times 0,0003 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,0000222 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.8.3 Perhitungan *Head Losses* Percobaan 3

Pada percobaan kedua (frekuensi pompa 50 Hz) diketahui kecepatan aliran fluida sebesar 57 Lpm Lpm (lihat lampiran, halaman 55), maka:

1. Mayor losses pada pipa

$$H_{L \text{ mayor}} = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g}$$

$$H_{L \text{ mayor}} = 0,026 \times \frac{1,7 \text{ m} \times 0,469^2 \text{ m/s}}{0,0508 \text{ m} \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_{L \text{ mayor}} = 0,008 \text{ m}$$

2. Minor losses pada pipa

$$H_{L \text{ minor}} = K \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{L \text{ minor}} = 1,68 \frac{0,469^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_{L \text{ minor}} = 0,019 \text{ m}$$

3. Head losses total pada pipa

$$H_L = H_{L \text{ mayor}} + H_{L \text{ minor}}$$

$$H_L = 0,008 \text{ m} + 0,019 \text{ m}$$

$$H_L = 0,028 \text{ m}$$

4. Kecepatan air masuk pipa pembagi

Untuk menghitung kecepatan air yang masuk ke pipa pembagi digunakan persamaan kontinuitas dimana A_2 disini adalah 3 kali luas penampang selang nozel.

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{A_1 \cdot v_1}{A_2}$$

$$v_2 = \frac{0,00203 \text{ m}^2 \times 0,469 \text{ m/s}}{0,0003 \times 3}$$

$$v_2 = 1,112 \text{ m/s}$$

5. Kecepatan air masuk disetiap selang nozel

$$v = \frac{v_2}{3}$$

$$v = \frac{1,112 \text{ m/s}}{3}$$

$$v = 0,371 \text{ m/s}$$

6. Losses yang terjadi pada pipa pembagi

Berdasarkan tabel 2.3 koefisien *losses* pada pipa pembagi adalah 0,5. Oleh karena itu dapat diperoleh.

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

$$H_L = 0,5 \frac{0,371^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_L = 0,003 \text{ m}$$

7. Kecepatan aliran dalam selang nozel

$$\frac{P_1}{Y_1} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{Y_2} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + H$$

Karena tidak ada perbedaan ketinggian maka tekanan dan jarak elevasi dapat diabaikan. Maka rumus diatas menjadi :

$$\frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g} + H$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} - H\right) \times 2g}$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{0,371^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} - 0,003\right) \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$v_2 = 0,262 \text{ m/s}$$

8. Minor losses pada selang nozel

a. Selang nozel 1

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

$$H_L = 0,4 \frac{0,262^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_L = 0,0014 \text{ m}$$

b. Selang nozel 2

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

$$H_L = 0,365 \frac{0,262^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_L = 0,0013 \text{ m}$$

c. Selang nozel 3

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

$$H_L = 0,810 \frac{0,262^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$H_L = 0,0028 \text{ m}$$

9. Kecepatan air keluar selang nozel

a. Selang nozel 1

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} - H \right) \times 2g}$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{0,262^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} - 0,0014 \right) \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$v_2 = 0,203 \text{ m/s}$$

b. Selang nozel 2

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} - H \right) \times 2g}$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{0,262^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} - 0,0013 \right) \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$v_2 = 0,209 \text{ m/s}$$

c. Selang nozel 3

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{v_1^2}{2g} - H \right) \times 2g}$$

$$v_2 = \sqrt{\left(\frac{0,262^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} - 0,0028 \right) \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$v_2 = 0,114 \text{ m/s}$$

10. Debit air keluar instalasi turbin

a. Selang nozel 1

$$Q = v A$$

$$Q = 0,203 \text{ m/s} \times 0,0003 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,0000578 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Selang nozel 1

$$Q = v A$$

$$Q = 0,209 \text{ m/s} \times 0,0003 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,0000595 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Selang nozel 3

$$Q = v A$$

$$Q = 0,114 \text{ m/s} \times 0,0003 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,0000325 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.9 Grafik

Setelah melakukan perhitungan dan analisa data maka diperoleh hasil seperti pada tabel dibawah ini

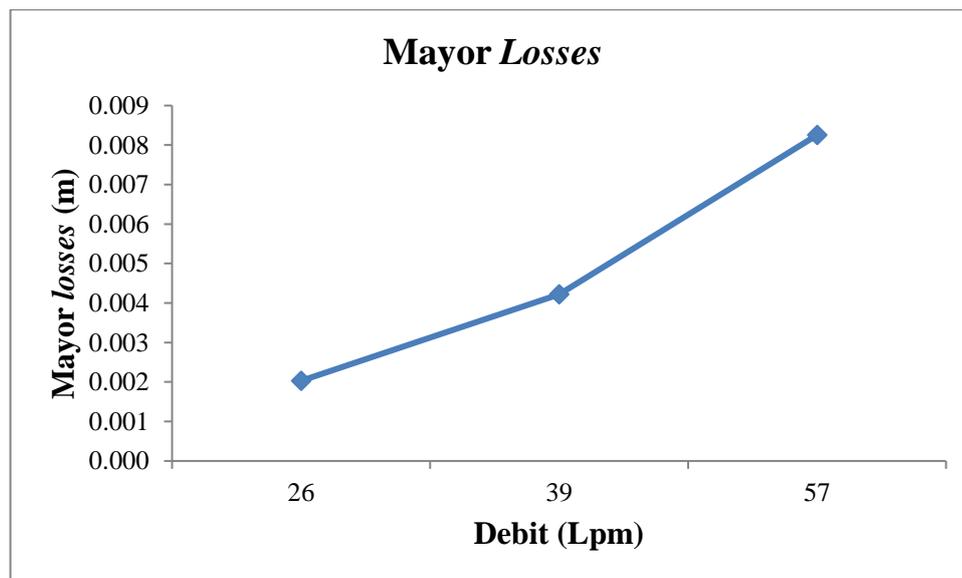
Tabel 4.5 Hasil Analisa Data

No	Debit (Lpm)	Instalasi	Mayor Losses	Minor Losses	Losses Total
	26	Selang nozel 1		0,005	0,007
1	26	Selang nozel 2	0,002	0,005	0,007
	26	Selang nozel 3		0,005	0,007
2	39	Selang	0,004	0,011	0,015

		nozel 1		
	39	Selang		
		nozel 2	0,011	0,015
	39	Selang		
		nozel 3	0,012	0,016
	57	Selang		
		nozel 1	0,024	0,032
3	57	Selang	0,008	
		nozel 2	0,024	0,032
	57	Selang		
		nozel 3	0,025	0,033

A. Mayor Losses

Grafik mayor losses terhadap debit air dapat dilihat pada gambar 4.7

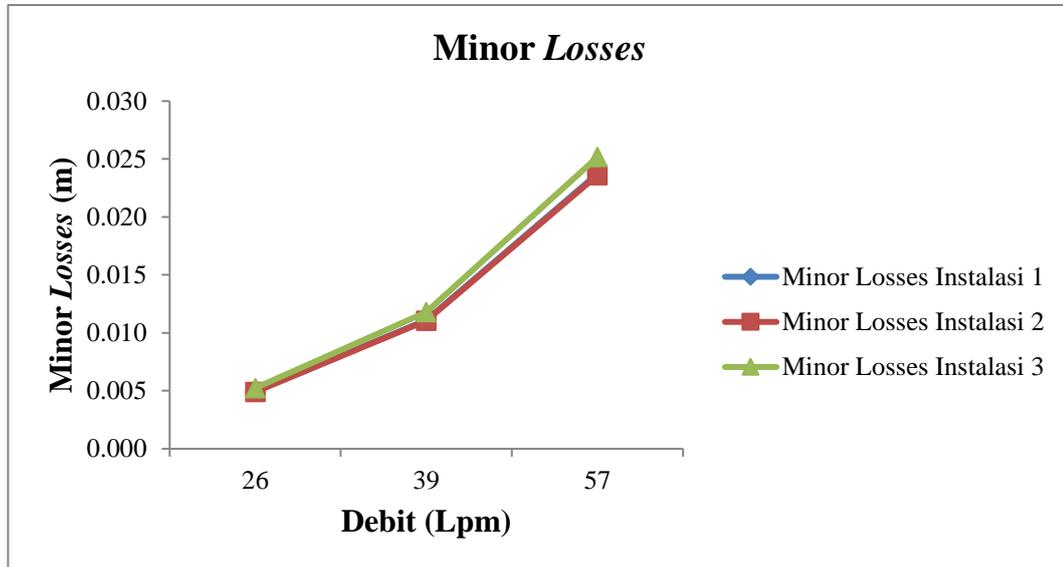


Gambar 4.7 Grafik hubungan mayor losses terhadap debit air

Berdasarkan gambar 4.7 dapat dilihat bahwa peningkatan debit air yang diberikan akan menyebabkan mayor losses meningkat. Mayor losses terbesar terjadi pada debit 57 lpm yaitu sebesar 0,008 m. Sedangkan Mayor losses yang terjadi pada debit 39 lpm yaitu sebesar 0,004 m. Untuk Mayor losses terkecil terjadi pada debit 26 lpm yaitu sebesar 0,002 m.

B. Minor Losses

Grafik mayor *losses* terhadap debit air dapat dilihat pada gambar 4.8

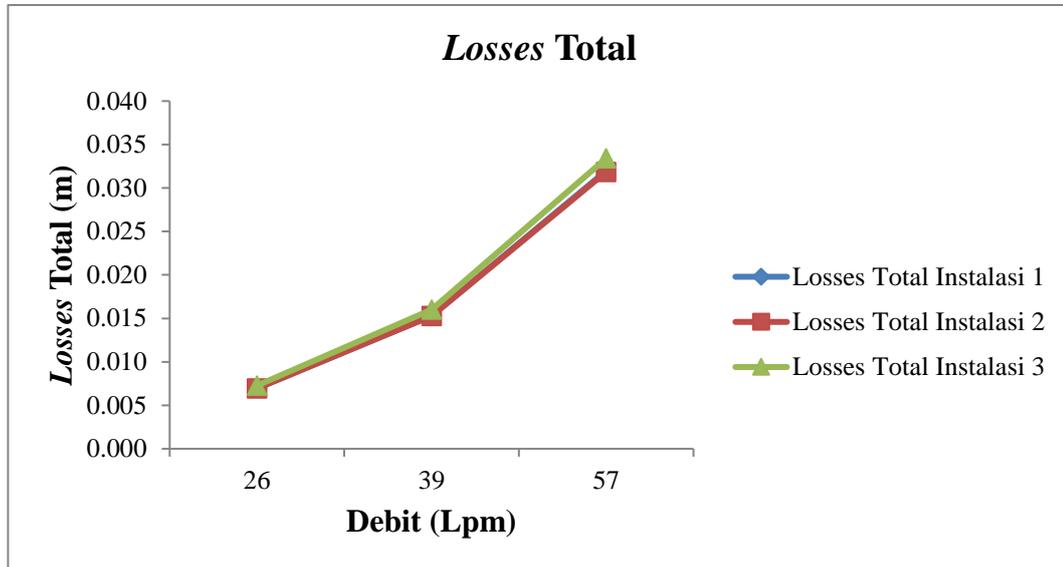


Gambar 4.8 Grafik hubungan minor *losses* terhadap debit air

Berdasarkan gambar 4.8 dapat dilihat bahwa peningkatan debit air yang diberikan akan menyebabkan minor *losses* meningkat. minor *losses* yang terjadi pada debit 26 Lpm sama besarnya di tiap-tiap instalasi selang nozel yaitu 0,005 m. Pada debit 39 Lpm minor *losses* terbesar terjadi pada instalasi selang nozel 3 yaitu 0,012 m sedangkan yang terkecil terjadi pada instalasi selang nozel 1 dan 2 yaitu 0,011 m. Pada debit 57 Lpm minor *losses* terbesar terjadi pada instalasi selang nozel 3 yaitu 0,025 m sedangkan yang terkecil terjadi pada instalasi selang nozel 1 dan 2 yaitu 0,024 m

C. Losses Total

Grafik *losses* total terhadap debit air dapat dilihat pada gambar 4.9



Gambar 4.9 Grafik hubungan *losses* total terhadap debit air

Berdasarkan gambar 4.9 dapat dilihat bahwa peningkatan debit air yang diberikan akan menyebabkan *losses* total meningkat. *Losses* total yang terjadi pada debit 26 Lpm sama besarnya di tiap-tiap instalasi selang nozel yaitu 0,007 m. Pada debit 39 Lpm *losses* total terbesar terjadi pada instalasi selang nozel 3 yaitu 0,016 m sedangkan yang terkecil terjadi pada instalasi selang nozel 1 dan 2 yaitu 0,015 m. Pada debit 57 Lpm *losses* total terbesar terjadi pada instalasi selang nozel 3 yaitu 0,033 m sedangkan yang terkecil terjadi pada instalasi selang nozel 1 dan 2 yaitu 0,032 m

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pembahasan dan analisa terhadap data hasil perhitungan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Koefisien mayor losses pada instalasi turbin pelton ini adalah 0,026 pada debit 26 Lpm, 0,024 pada debit 39 Lpm, 0,022 pada debit 57 Lpm.
2. Mayor *losses* terbesar terjadi pada debit 57 lpm yaitu sebesar 0,008 m. Sedangkan mayor losses yang terjadi pada debit 39 lpm yaitu sebesar 0,004 m. Untuk mayor *losses* terkecil terjadi pada debit 26 lpm yaitu sebesar 0,002 m
3. Minor *losses* yang terjadi pada debit 26 Lpm sama besarnya ditiap-tiap instalasi selang nozel yaitu 0,005 m. Pada debit 39 Lpm minor *losses* terbesar terjadi pada instalasi selang nozel 3 yaitu 0,012 m sedangkan yang terkecil terjadi pada instalasi selang nozel 1 dan 2 yaitu 0,011 m. Pada debit 57 Lpm minor *losses* terbesar terjadi pada instalasi selang nozel 3 yaitu 0,025 m sedangkan yang terkecil terjadi pada instalasi selang nozel 1 dan 2 yaitu 0,024 m

5.2 Saran

Penulis membuat beberapa saran agar instalasi turbin pelton ini lebih baik lagi kedepannya. Yaitu :

1. Letak pipa pembagi sebaiknya diletakkan lebih jauh dari rumah turbin agar belokan pada selang nozel dapat dikurangi sehingga head losses yang terjadi lebih sedikit
2. Diameter pipa sebaiknya menggunakan yang lebih besar agar mayor losses yang terjadi lebih sedikit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Wan Azlan. 2019. "Perancangan Turbin Tife Pelton Untuk Miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro." 2(1): 36–40.
- Kurniady, Irvan, Amrinsyah Amrinsyah, and Amirsyam Amirsyam. 2019. "Kapasitas Aliran Terhadap Daya Turbin." *Journal of Electrical and System Control Engineering* 2(2).
- Lubis, Sudirman, and Munawar Alfansury Siregar. 2021. "Karakteristik Unjuk Kerja Pump As Turbine (Pat) Menggunakan Satu Pompa Hisap Untuk Pembangkit Listrik." *Scenario (Seminar of Social Sciences Engineering and Humaniora)*2(1):136–42.
<http://jurnal.pancabudi.ac.id/index.php/scenario/article/view/1171>.
- Marlina, Ena, Mulyadi, and Margianto. 2017. "Pengaruh Jarak Semprot Nozzle Terhadap Putaran Poros Turbin Dan Daya Listrik Yangdihasilkan Pada Prototype Turbin Pelton." *Jurnal Teknik Mesin Universitas Islam Malang*: 18–24.
- Muhamad, Irfan, and Adi Syuriadi. 2016. "Analisis Faktor Head Losses Penstock Terhadap Daya Yang Dihasilkan Di PLTA Saguling." 15(3): 239–44.
- Muliawan, Arief, and Ahmad Yani. 2018. "Analisa Head Mayor Dan Minor Pompa Chiller Dengan Buka-an Katup Instalasi Pompa Tunggal Abstrak." (1).
- Pradhana, Rega Yuan, and Edi Widodo. 2017. "Analisa Pengaruh Variasi Diameter Pipa Tekan Pvc Pada Pompa Aksial Untuk Kecepatan Gaya Dorong Air." 2(1): 37–43.
- Prihastuty, Endang, and Heru Dwi Fahmadi. 2015. "Perancangan Nossel Dan Sistem Perpipaan Pada Turbin Pelton." 10(1): 10–17.
- Saputra, I Gusti Ngurah, Lie Jasa, and I Wayan Arta Wijaya. 2020. "Pengaruh Jumlah Sudu Pada Prototype PLTMH Dengan Menggunakan Turbin Pelton Terhadap Efisiensi Yang Dihasilkan." 7(4): 161–72.
- Siregar, Chandra, and Irfansyah Irfansyah. 2018. "Studi Numerik Unjuk Kerja Penggunaan Winglet Pada Heat Exchanger Tipe Compact." *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi* 1(1): 20–29.
- Waspodo,. 2017. "Analisa Head Loss Sistem Jaringan Pipa Pada Sambungan Pipa Kombinasi Diameter Berbeda." *Suara Teknik: Jurnal Ilmiah* 8(1): 1–12.
- Yunus, A. Cengel, and M. Cimbala John. 2004. 148 *Fluid Mechanics Fundamentals and Applications*.
- Zainudin, I Made Adi Sayoga, and I Made Nuarsa. 2012. "Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap Head Losses Aliran Pipa." 2(2):75–83.

LAMPIRAN 1 (PERCOBAAN 1)



Gambar frekuensi pompa percobaan 1

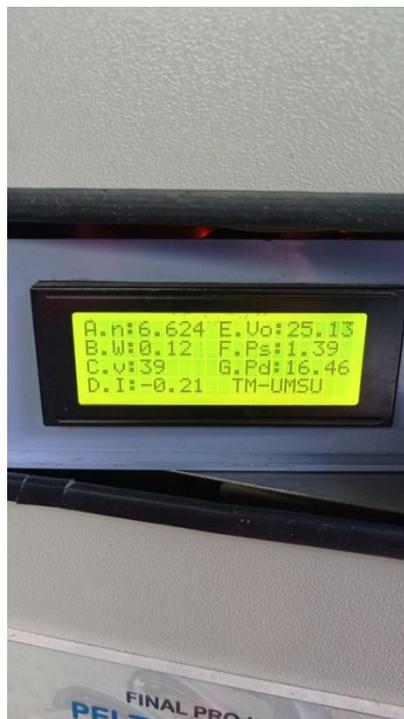


Gambar monitor percobaan 1

LAMPIRAN 2 (PERCOBAAN 2)



Gambar frekuensi pompa percobaan 2

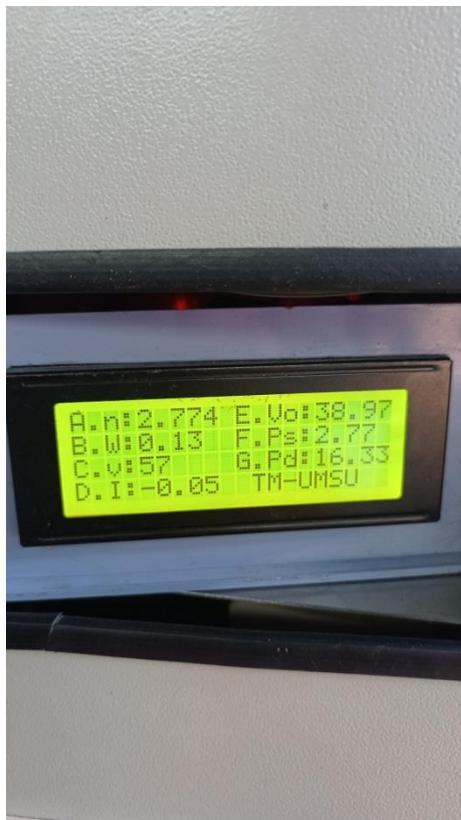


Gambar monitor percobaan 2

LAMPIRAN 3 (PERCOBAAN 3)



Gambar frekuensi pompa percobaan 3



Gambar monitor percobaan 3

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2021 - 2022**

Peserta seminar :
 Nama : Fadly Mujahid
 NPM : 1707230063
 Judul Tugas Akhir : Analisis Head Lasses Pada Sistem Instalasi Turbin Pelton Skala Mikro

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing - I : Bekti Suroso.S.T.M.Eng <i>[Signature]</i>
Pemanding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T <i>[Signature]</i>
Pemanding - II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T <i>[Signature]</i>

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1707230116	MUHAMMAD RUSFI <i>[Signature]</i>
2	1407230252	Reddy Putra Harmawan <i>[Signature]</i>
3	1607230077	Jodi Rorian Akbar <i>[Signature]</i>
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 22 Snafar 1443 H
05 Oktober 2021 M



DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Fadhly Mujahid
NPM : 1707230063
Judul T.Akhir : Analisis head Lasses Pada Sistem Instalasi Turbin Pelton Skala Mikro.

Dosen Pembimbing - I : Bekti Suroso.S.T.M.Eng
Dosen Perbandingan - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Perbandingan - II : Ahmad marabdi Srg.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

- *fungsi pemeliharaan*
- *Metode & kylep*
- *Analisa & perbaikan*

3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

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

Medan 22 Shafar 1443H
05 Oktober 2021M

Diketahui
Ketua Prodi T.Mesin



Chandra A. Siregar S.T.M.T

Dosen Perbandingan- I

Khairul Umurani

Khairul Umurani.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Fadhly Mujahid
NPM : 1707230063
Judul T.Akhir : Analisis head Lasses Pada Sistem Instalasi Turbin Pelton Skala Mikro.

Dosen Pembimbing - I : Bekti Suroso.S.T.M.Eng
Dosen Pembanding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Ahmad marabdi Srg.S.T.M.T

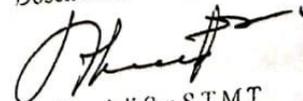
KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - ⊙ Tambah dokumentasi dari prosedur
 - ⊙ Sertakan antara tujuan hasil
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 22 Sha'ar 1443H
05 Oktober 2021M

Diketahui
Ketua Prodi. T.Mesin

Chandra A Siregar, S.T.M.T

Dosen Pembanding- II

Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail : fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 226/III.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 10 Februari 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : FADHLY MUJAHID
Npm : 1707230063
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : VII (TUJUH)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS HEAD LOSS MAYOR DAN MINOR PADA SISTEM INSTALASI PROTOTYPE TURBIN PELTON SKALA MIKRO

Pembimbing : BEKTI SUROSO, ST, M.Eng

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 28 Jumadil Akhir 1442 H
10 Februari 2021 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST., MT
NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR
ANALISIS HEAD LOSSES MAYOR DAN MINOR PADA SISTEM
INSTALASI TURBIN PELTON SKALA MIKRO

Nama : FADHLY MUJAHID
 NPM : 1707230063

Dosen Pembimbing : Bekti Suroso S.T.,M.Eng

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Rabu 4-8-2021 -	Perbaiki latar Belakang dan Rumusan Masalah.	<i>Jm</i>
2.	Rabu 11-8-2021 -	Perjelas Tujuan dan Variabel yang digunakan.	<i>Jm</i>
3.	Kamis 19-8-2021 -	Tambahkan beberapa Jurnal Internasional dan Nasional.	<i>Jm</i>
4.	Selasa 31-8-2021 -	Perbaiki Diagram Air.	<i>Jm</i>
5.	Selasa 7-9-2021 -	Perbaiki Gambar.	<i>Jm</i>
6.	Rabu 15-9-2021 -	Perbaiki kesimpulan dan Saran	<i>Jm</i>
7.	Senin 20-9-2021 -	Perbaiki Daftar Pustaka.	<i>Jm</i>
8.	Sabtu 25-9-2021	ACC Summar hasil	<i>Jm</i>

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Fadhly Mujahid
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir : Pabatu, 23 Oktober 1997
Alamat : Dusun VI Desa Bah Sumbu, Kec. Tebing Tinggi,
Kab.Serdang Bedagai, Sumatera Utara
Agama : Islam
E-mail : mujahidfadhly@gmail.com
No. Handphone : 085275967792

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD Negeri 014726 Pematang Panjang	Tahun 2003 - 2009
2. SMP Negeri 6 Tebing Tinggi	Tahun 2009 - 2012
3. SMA Negeri 1 Tebing Tinggi	Tahun 2012 - 2015
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Tahun 2017 - 2021