

TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI BEBAN KERJA TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN PELTON SKALA MIKRO

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD NURHIDAYAT
1707230109



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

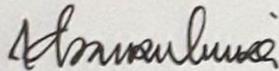
Nama : Muhammad Nurhidayat
NPM : 1707230109
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Beban Kerja Terhadap
Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2021

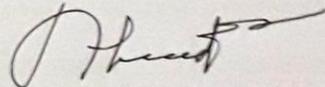
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



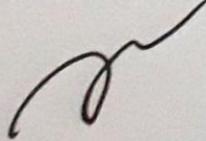
Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji II



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

Dosen Penguji III



Bekti Suroso S.T., M.Eng

Program Studi Teknik Mesin



Chandra Siregar, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Nurhidayat
Tempat /Tanggal Lahir : Dusun Baru/25 September 1999
NPM : 1707230109
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Beban Kerja Terhadap Unjuk Kerja 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.

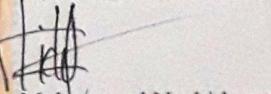
Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

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



Saya yang menyatakan,


Muhammad Nurhidayat

ABSTRAK

Turbin pelton adalah jenis turbin air yang memanfaatkan tinggi jatuh air (*head*). Turbin pelton merupakan salah satu jenis turbin impuls, yaitu turbin yang digerakkan oleh energi kinetik air. Tujuan penelitian ini untuk menganalisa pengaruh variasi beban kerja terhadap unjuk kerja turbin pelton skala mikro yang meliputi daya, torsi, putaran dan efisiensi yang dihasilkan dan penelitian ini bersifat eksperimental. Beban kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah bola lampu dengan variasi 28 Watt, 36 Watt, dan 42 Watt. Hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk grafik dengan variasi beban kerja terhadap daya, putaran, torsi dan efisiensi yang dihasilkan turbin pelton skala mikro, kemudian dibandingkan sehingga akan terlihat pengaruh variasi beban kerja terhadap unjuk kerja turbin pelton skala mikro. Dari pengujian yang telah dilakukan dan mendapatkan hasil nilai putaran 460,9 rpm pada beban kerja 28 Watt, 431,7 rpm pada beban kerja 36 Watt, 386,2 rpm pada beban kerja 42 Watt. Nilai torsi 0,596 Nm pada beban 28 Watt, 0,729 Nm pada beban 36 Watt, dan 0,909 Nm pada beban 42 Watt. Daya pada beban kerja 28 Watt sebesar 28,88 Watt, daya pada beban kerja 36 Watt sebesar 36,75 Watt, pada beban kerja 42 Watt sebesar 44,54 Watt. Efisiensi turbin pelton skala mikro dengan pengujian beban kerja 28 Watt sebesar 32,73 %, pada pengujian beban kerja 36 Watt sebesar 41,57 % dan pada pengujian beban kerja 42 Watt sebesar 50,02 %.

Kata kunci : Turbin pelton, Beban kerja, Unjuk kerja

ABSTRACT

The Pelton turbine is a type of water turbine that utilizes the height of the water fall (head). The Pelton turbine is one type of impulse turbine, which is a turbine driven by the kinetic energy of water. The purpose of this study is to analyze the effect of variations in workload on the performance of a micro-scale Pelton turbine which includes power, torque, rotation and efficiency, and this research is experimental. The workload used in this study is a light bulb with variations of 28 Watt, 36 Watt, and 42 Watt. The results of this study are presented in graphical form with variations in workload on the power, rotation, torque and efficiency of the micro-scale Pelton turbine, then compared so that it will be seen the effect of workload variations on the performance of the micro-scale Pelton turbine. From the tests that have been carried out and get the results of the rotation value of 460.9 rpm at a workload of 28 Watt, 431.7 rpm at a workload of 36 Watt, 386.2 rpm at a workload of 42 Watt. Torque value is 0.596 Nm at 28 Watt load, 0.729 Nm at 36 Watt load, and 0.909 Nm at 42 Watt load. The power at a workload of 28 Watt is 28.88 Watt, the power at a workload of 36 Watt is 36.75 Watt, at a workload of 42 Watt is 44.54 Watt. The efficiency of a micro scale pelton turbine with a 28 Watt workload test is 32,73 %, a 36 Watt workload test is 41,57 % and a 42 Watt workload test is 50,02%.

Keywords: Pelton turbine, Workload, Performance

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. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Beban Kerja Terhadap Unjuk Kerja 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 terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orang tua penulis, Bapak Alm. M. Hajar dan Ibu Watinah, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
2. Bapak Bakti Suroso, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T, MT selaku dosen pembimbing I yang telah banyak mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku dosen pembimbing II serta Sekretaris 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. Bapak Chandra A Siregar, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesin kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Sahabat-sahabat saya Fadhly Mujahid, Ari Aswari Purba, Muhammad Riski, Bimbi Fauzi Pangestu Sinaga, Teguh Malik Ismayana, Luthfi Auzan 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

Muhammad Nurhidayat

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Turbin Air	4
2.1.1. Klasifikasi Turbin Air	4
2.2. Turbin Pelton	5
2.2.1. Komponen Utama Turbin Pelton	8
2.2.2. Prinsip Kerja Turbin Pelton	12
2.3. Generator	13
2.3.1. Komponen Utama Generator	14
2.3.2. Prinsip Kerja Generator	15
2.4. Inverter	15
2.5. Pembebanan	16
BAB 3 METODE PENELITIAN	17
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.1.1. Tempat Penelitian	17
3.1.2. Waktu Penelitian	17
3.2. Alat dan Bahan	18
3.1.1. Alat yang Digunakan	18
3.1.2. Bahan yang Digunakan	22
3.3. Diagram Alir	24
3.4. <i>Set Up</i> Alat Uji	25
3.5. Prosedur Pengujian	25
3.6. <i>Job Sheet</i>	26

BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1.	Data Hasil Pengujian	27
4.2.	Analisa Data Hasil Pengujian	28
4.2.1.	Perhitungan Head Turbin Pelton Skala Mikro	28
4.2.2.	Perhitungan Daya Hidrolis Turbin Pelton Skala Mikro	29
4.2.3.	Perhitungan Efisiensi Turbin Pelton Skala Mikro	30
4.2.4.	Perhitungan Torsi Turbin Pelton Skala Mikro	
4.3.	Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Efisiensi	31
4.4.	Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Torsi	32
4.6.	Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Putaran	34
4.7.	Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Daya	35
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1.	Kesimpulan	36
5.2.	Saran	36
	DAFTAR PUSTAKA	37
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal dan Kegiatan Penelitian	17
Tabel 3.2. <i>Job Sheet</i>	26
Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian	27
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Efisiensi	31
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Torsi	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Turbin Pelton	6
Gambar 2.2. Sudu	8
Gambar 2.3. <i>Runner</i>	9
Gambar 2.4. Poros	9
Gambar 2.5. Rumah Turbin	10
Gambar 2.6. <i>Nozzle</i>	10
Gambar 2.7. <i>Pulley</i>	11
Gambar 2.8. <i>V-Belt</i>	11
Gambar 2.9. Bantalan	12
Gambar 2.10. Generator	13
Gambar 2.11. Rotor	14
Gambar 2.12. Stator	15
Gambar 2.13. Inverter	16
Gambar 3.1. Turbin Pelton Skala Mikro	18
Gambar 3.2. Multimeter digital	19
Gambar 3.3. Tachometer	20
Gambar 3.4. Mikrokontroler Arduino Uno	20
Gambar 3.5, Load Cell	21
Gambar 3.6. Inverter	21
Gambar 3.7. Lampu Pembebanan	22
Gambar 3.8. Air	23
Gambar 3.9. Lampu	23
Gambar 3.10. Diagram Alir	24
Gambar 4.1. Pembebanan	27
Gambar 4.2. Grafik Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Putaran	32
Gambar 4.3. Grafik Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Tegangan	32
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Torsi	33
Gambar 4.5. Grafik Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Daya	34
Gambar 4.6. Grafik Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Efisiensi	35

DAFTAR NOTASI

Simbol	Besaran	Satuan
P_H	Daya hidrolis	Watt
Q	Debit aliran	m^3/s
H	Head	m
T	Torsi	Nm
ρ	Massa jenis	kg/m^3
g	Percepatan gravitasi	m/s^2
V	Volume	m^3
r	Radius	m
n	Putaran	Rpm
η	Efisiensi	% (persen)
ε	Tegangan Induksi	Volt
Δt	Perubahan waktu	s (detik)
$\Delta\phi$	Perubahan fluks magnetik	
Pd	Tekanan Discharge	Psi
Ps	Tekanan Suction	Psi
F	Gaya	Newton
P_T	Daya turbin	Watt

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Turbin pelton adalah jenis turbin air yang memanfaatkan tinggi jatuh air (*head*). Jenis turbin air ini memiliki *runner* dengan sejumlah sudu yang berbentuk *bucket* di sekelilingnya. *Runner* pada turbin pelton ini dihubungkan dengan poros dan *pulley* yang dilengkapi dengan belt dan seterusnya untuk menggerakkan generator.

Turbin pelton merupakan salah satu jenis turbin impuls, yaitu turbin yang digerakkan oleh energi kinetik air. Turbin pelton menggunakan *nozzle* untuk mencarkan air yang akan diterima oleh sudu-sudu pada *runner* turbin sehingga dapat berputar yang nantinya akan diteruskan melalui poros untuk memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik. Pada turbin pelton dilengkapi dengan generator yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang berasal dari putaran *runner* dengan sejumlah sudu yang disebabkan pancaran air dari *nozzle* menjadi energi listrik. Pancaran air dari *nozzle* pada sudu turbin diubah menjadi energi mekanik yaitu putaran *runner* turbin. Apabila *runner* turbin dihubungkan dengan poros generator listrik, maka energi mekanik putaran *runner* turbin diubah menjadi energi listrik pada generator.

Dalam hal ini, putaran poros *runner* turbin akan menimbulkan torsi yang diukur melalui gaya yang dihasilkan pada titik terluar poros yang disebut dengan beban atau *load*. Putaran dari turbin diteruskan pada generator yang kemudian menghasilkan arus listrik kemudian dihubungkan pada bola lampu sebagai pembebanan. Maka dalam hal ini, bola lampu dianggap sebagai beban kerja pada instalasi turbin pelton.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik melakukan pengujian terhadap sebuah turbin pelton skala mikro dengan cara memvariasikan beban kerja berupa bola lampu untuk mengetahui unjuk kerja turbin pelton skala mikro. Pengujian yang dilakukan pada sebuah turbin pelton skala mikro dituangkan pada tugas akhir yang berjudul “STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI BEBAN KERJA TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN PELTON SKALA MIKRO”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi beban kerja terhadap unjuk kerja turbin pelton skala mikro yang meliputi torsi, putaran, daya dan efisiensi yang dihasilkan.

1.3 Ruang Lingkup

Karena luasnya permasalahan, penyusun merasa perlu untuk membatasi masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini. Adapun batasan masalah dalam proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Menggunakan turbin pelton skala mikro
2. Turbin pelton dikopel dengan generator
3. Variasi beban kerja lampu :
 - 2 lampu 14 watt (28 Watt)
 - 2 lampu 18 watt (36 Watt)
 - 3 lampu 14 watt (42 Watt)
4. Menggunakan 3 *nozzle* dengan bukaan penuh
5. Diameter *nozzle* 16 mm
6. Jumlah sudu 22 buah
7. Menggunakan *pulley* 1 : 1
8. Menggunakan *runner* diameter 246 mm
9. Headlosses diabaikan
10. Menggunakan inverter DC 24 V to AC 220 V
11. Menggunakan mikrokontroler arduino uno

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh variasi beban kerja terhadap unjuk kerja turbin pelton skala mikro yang meliputi torsi, putaran, daya dan efisiensi yang dihasilkan.

1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat pada penelitian ini adalah :

1. Memberi informasi atau data grafis mengenai pengaruh variasi beban kerja terhadap unjuk kerja turbin pelton skala mikro.
2. Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pembaca untuk pengembangan turbin pelton.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Turbin Air

Turbin air adalah suatu mesin berputar yang mengkonversikan energi suatu gerakan aliran air menjadi energi mekanis yaitu energi puntir. Energi mekanis ini kemudian ditransfer melalui suatu poros untuk mengoperasikan mesin atau generator. Aliran air masuk ketahap pertama melalui nozel, kemudian keluar ketahap kedua melewati ruang udara pusat. Tetapi tahap tidak mengubah semua energi yang tersedia menjadi kerja. (Umurani et al., 2020)

Turbin air dapat didefinisikan sebagai turbin dengan media kerja air. Secara umum turbin adalah alat mekanik yang terdiri dari poros dan sudu-sudu. Sudu tetap (*stationary blade*), tidak ikut berputar bersama poros dan berfungsi mengarahkan aliran fluida. Sedangkan sudu putar (*rotary blade*), mengubah arah dan kecepatan aliran fluida sehingga timbul gaya yang memutar poros. Putaran poros ini dapat dimanfaatkan untuk memutar generator sebagai pembangkit tenaga listrik.

2.1.1. Klasifikasi Turbin Air

Klasifikasi turbin air yang digunakan dalam PLTMH dibedakan menjadi dua kelompok yaitu :

1. Turbin reaksi adalah turbin air yang cara kerjanya dengan merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi putar dengan runner turbin sepenuhnya tercelup didalam air dan berada dalam rumah turbin. Turbin jenis ini digunakan untuk aplikasi turbin dengan *head* rendah dan medium. Jenis turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini yaitu turbin Francis dan turbin Kaplan.
2. Turbin impuls adalah turbin air yang cara kerjanya dengan merubah seluruh energi air (yang terdiri dari energi potensial, tekanan, kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin. Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada *nozzle*. Air keluar

nozzle yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu, arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls) yang mengakibatkan roda turbin akan berputar. Jenis turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini yaitu turbin Pelton, turbin Turgo, turbin *Cross Flow*. (Saputra et al., 2020)

Turbin air terdapat dalam suatu pembangkit listrik berfungsi untuk mengubah energi potensial yang dimiliki air menjadi energi kinetik. Selanjutnya energi kinetik ini akan dirubah menjadi energi elektrik melalui generator. Hal ini menyebabkan setiap pembahasan tentang turbin hidrolik akan mengikutsertakan generator sebagai pembangkit listrik.

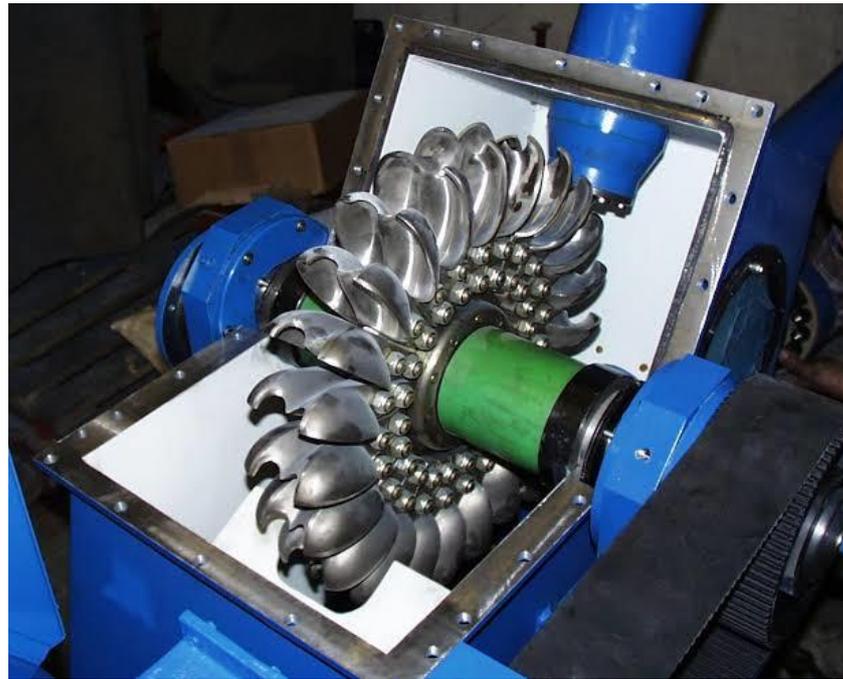
2.2. Turbin Pelton

Turbin pelton merupakan salah satu jenis turbin impuls, yaitu turbin yang digerakkan oleh energi kinetik air. *Nozzle* (jet) air yang berkecepatan tinggi mengenai *bucket runner* dan setelah menggerakkan *runner* air keluar pada kecepatan rendah, yang berarti air yang keluar sebagian energinya tidak diserap oleh *runner*. (Mahayana et al., 2013)

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 *nozzle*. 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.

Karakteristik umum turbin pelton adalah pemasukan sebagian aliran air ke dalam runner pada tekanan atmosfer. Pada turbin Pelton puntiran terjadi akibat pembelokan pancaran air pada mangkok ganda runner. Oleh karena itu maka turbin Pelton juga disebut turbin Pancaran bebas. penyempurnaan terbesar yang dilakukan Pelton (sebagai penemu turbin) yakni dengan menerapkan mangkok ganda simetris. Bentuk ini padadasarnya masih tetap berlaku. Punggung pembelah membagi jet

menjadi dua paruh yang sama, yang dibelokkan menyamping.(Ridwan Yusuf et al., 2019)



Gambar 2.1. Turbin Pelton

Didalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis dimana air akan memutar roda turbin yang ditransmisikan pada generator untuk menghasilkan energi listrik. Turbin pelton merupakan salah satu jenis turbin air yang prinsip kerjanya memanfaatkan energi potensial air sebagai energi listrik tenaga air. Prinsip kerja turbin pelton adalah memanfaatkan daya fluida dari air untuk menghasilkan daya poros. Putaran poros turbin ini akan diubah oleh generator menjadi tenaga listrik (Irawan, 2018). Adapun perhitungan-perhitungan pada turbin pelton adalah sebagai berikut.

- Menghitung debit air

Debit air (Q) dihitung untuk mengetahui seberapa banyak air yang mengalir dalam satuan volume per satuan waktu. Besarnya nilai dari debit air dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.1)$$

- Daya hidrolis

Daya hidrolis merupakan daya yang dihasilkan oleh air yang mengalir dari suatu ketinggian. Dalam hal ini daya hidrolis diperoleh dari daya air yang dihasilkan oleh pompa, untuk menghitung daya hidrolis digunakan persamaan :

$$P_H = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (2.2)$$

- Torsi

Turbin terhubung dengan generator melalui tali belt yang berputar membutuhkan nilai torsi yang optimum. Torsi atau momen gaya merupakan sebuah besaran yang menyatakan besarnya gaya yang bekerja pada sebuah benda sehingga mengakibatkan benda tersebut berotasi. Torsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$T = F \cdot r \quad (2.3)$$

- Meter Kolom Air

Meter kolom air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$H = (P_d - P_s) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \quad (2.4)$$

- Efisiensi

Efisiensi sistem merupakan kemampuan peralatan pembangkit untuk mengubah energi kinetik dari air yang mengalir menjadi energi listrik (Saputra et al., 2020). Untuk menghitung efisiensi sistem dapat digunakan persamaan

$$\eta_T = \frac{P_g}{P_H} \times 100\% \quad (2.5)$$

2.2.1. Komponen Utama Turbin Pelton

Komponen-komponen utama pada turbin pelton yang secara umum adalah sebagai berikut

1. Sudu

Sudu turbin pelton atau disebut sudu yang berbentuk dua buah mangkok. Sudu berfungsi membagi pancaran menjadi 2 bagian. Gaya pada sudu berasal dari pancaran air yang keluar dari nosel, yang dibalikkan setelah membentur sudu, arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum, gaya inilah yang disebut gaya impuls. Biasanya dapat diatur untuk mengontrol kapasitas aliran yang masuk turbin.



Gambar 2.2. Sudu

2. *Runner* turbin

Pada bagian ini terjadi peralihan energi potensial fluida menjadi energi mekanik



Gambar 2.3. *Runner*

3. Poros turbin

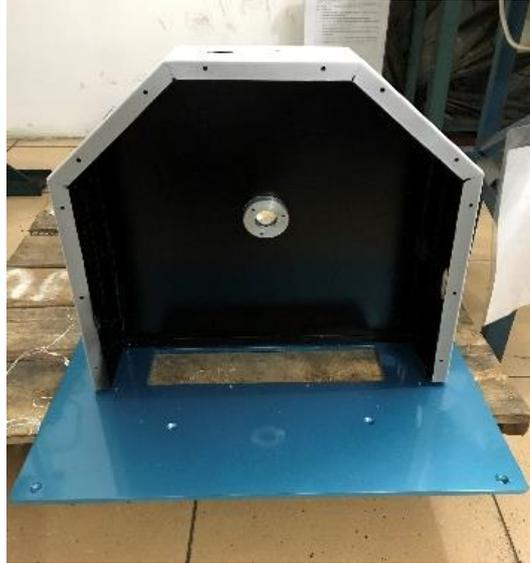
Pada poros turbin terdapat *runner* dan ditumpu dengan bantalan radial dan bantalan axial. Poros merupakan penerus putaran yang terjadi pada *runner*. Poros disambungkan ke *runner* menggunakan pasak. Putaran poros diteruskan ke transmisi sabuk, yang kemudian menuju ke poros generator.



Gambar 2.4. Poros Turbin

4. Rumah turbin

Biasanya berbentuk keong atau spiral, berfungsi untuk mengarahkan aliran masuk sudu pengarah. Rumah turbin juga berfungsi untuk melindungi *runner* dari gangguan luar contohnya kotoran dan cuaca.



Gambar 2.5. Rumah Turbin

5. *Nozzle*

Nozzle merupakan bagian dari turbin yang sangat penting, yang berfungsi sebagai pemancar aliran air untuk menyemprot ke arah sudu-sudu turbin. Kecepatan aliran meningkat disebabkan oleh *nozzle*. Air yang keluar dari *nozzle* yang mempunyai kecepatan tinggi akan membentur sudu turbin..



Gambar 2.6. *Nozzle*

6. *Pulley*

Pulley adalah penerus putaran dari poros turbin. *Pulley* juga dapat berfungsi untuk menaikkan putaran



Gambar 2.7. *Pulley*

7. *V-Belt*

V- Belt adalah sabuk atau *belt* yang terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium, tenunan, dan teteron. *V- Belt* berfungsi untuk menyambungkan putaran dari poros ke generator.



Gambar 2.8. *V-Belt*

8. Bantalan

Bantalan merupakan bagian penting dari turbin, alat ini berfungsi sebagai penompang dari poros turbin. Putaran poros turbin dapat berlangsung secara halus, aman dan panjang umur. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros bekerja dengan baik.



Gambar 2.9. Bantalan

2.2.2. Prinsip Kerja Turbin Pelton

Prinsip kerja turbin Pelton ini yaitu merubah gaya potensial air menjadi gaya mekanis yang terjadi akibat reaksi impuls pada *runner* turbin yang menyebabkan *runner* turbin dapat berputar selama ada pancaran air yang menyembrot sudu. Air disemprotkan dari *nozzle* mengenai sudu-sudu turbin, maka runner dapat berputar untuk memutar pulley turbin yang terhubung ke *pulley* generator menggunakan *belt* sehingga generator dapat berputar. Didalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis dimana air akan memutar roda turbin yang ditransmisikan pada generator untuk menghasilkan energi listrik. (Saputra et al., 2020)

2.3. Generator

Generator adalah suatu alat atau mesin yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Dimana energi mekanik didapatkan dari energi potensial dan kinetik yang akan menggerakkan rotor melalui poros penghubung pada generator. Untuk PLTMH, energi potensial diperoleh dari sumber daya air. Energi potensial akan mendorong sudu atau impeler pada turbin sehingga timbul energi kinetik. Energi ini diubah oleh generator menjadi energi listrik melalui lilitan kumparan stator dan magnet rotor.(Indriani, 2015). Generator dikelompokkan menjadi generator sinkron dan unsinkron dimana generator sinkron bekerja pada kecepatan dan frekuensi konstan. Keluaran dari generator sinkron adalah arus bolak-balik (AC).



Gambar 2.10. Generator AC

Generator sinkron terdiri atas komponen stator (rangka, inti, slot dan gigi, kumparan), rotor (slip ring, kumparan, poros) dan prime mover. Stator berfungsi sebagai penerima induksi magnet dari rotor dimana arus AC disalurkan melalui armature ke beban. Stator berbentuk rangka silinder dengan jumlah lilitan kawat konduktor yang banyak Stator terbuat dari bahan ferromagnetik dan dilaminasi untuk mengurangi rugi-rugi arus pusar. Kualitas inti ferromagnetik yang baik akan memiliki permeabilitas dan resistivitas bahan tinggi. Rotor berfungsi untuk menghasilkan

tegangan yang dibangkitkan oleh medan magnet dan diinduksikan ke stator. Bentuk rotor pada generator ada yang berbentuk kutub sepatu (salient pole) dan silindris (celah udara yang sama jaraknya).(Indriani, 2015).

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (2.5)$$

2.3.1. Komponen Utama Generator

Generator memiliki komponen utama yang sangat penting untuk membangkitkan energi listrik. Komponen utama generator diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar menjadi satu dengan poros alternator yang terdapat magnet permanen atau lilitan induksi magnet. Pada rotor terdapat bagian yang berfungsi sebagai kutub magnet yang terletak pada sisi luar dari lilitan. Rotor ditumpu oleh dua buah bearing, pada bagian depannya terdapat pully. Rotor berfungsi menghasilkan medan magnet yang menginduksikan stator.



Gambar 2.11 Rotor

2. Stator

Stator adalah bagian yang statis pada alternator yang berupa inti besi yang dibungkus dengan kawat tembaga. Bagian ini berupa lilitan yang berfungsi untuk menghasilkan arus bolak-balik AC.



Gambar 2.12 Stator (Indriani, 2015)

2.3.2. Prinsip Kerja Generator

Generator bekerja berdasarkan prinsip kerja induksi elektromagnetik atau fluksi yang kemudian mengubah energi listrik. Azas generator yang bekerja berdasarkan : Hukum Induksi Faraday : “Apabila jumlah garis gaya yang melalui kumparan diubah, maka gaya gerak listrik dinduksikan dalam kumparan itu. Besarnya gaya gerak listrik yang dinduksikan berbanding lurus dengan laju perubahan jumlah garis gaya melalui kumparan”.(Armansyah & Sudaryanto, 2016)

2..4. *Inverter*

Inverter adalah rangkaian elektronika daya yang di gunakan untuk mengkonversikan tegangan searah (DC) ke suatu tegangan bolak-balik (AC). Fungsi lain alat ini adalah dapat merubah putaran dari motor listrik(Irawan, 2018). Inverter merubah tegangan DC dari akumulator menjadi tegangan AC yang berupa sinyal sinus setelah melalui pembentukan gelombang dan rangkaian filter. Tegangan output yang dihasilkan harus stabil baik amplitudo tegangan maupun frekuensi tegangan

yang dihasilkan, distorsi yang rendah, tidak terdapat tegangan transien serta tidak dapat di interupsi oleh suatu keadaan. Inverter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi sumber tegangan AC dengan frekuensi tertentu. Komponen semikonduktor daya yang digunakan dapat berupa SCR, transistor dan MOSFET yang beroperasi sebagai sakelar dan pengubah. Inverter dapat diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu: inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Setiap jenis inverter tersebut dapat dikelompokkan dalam empat kategori ditinjau dari jenis rangkaian komutasi pada SCR, yaitu: (1) modulasi lebar pulsa, (2) inverter resonansi, (3) inverter komutasi bantu dan (4) inverter komutasi komplemen. (Hutagalung et al., 2017)



Gambar 2.13 Inverter

2.5. Pembebanan

Pembebanan masih menggunakan gaya yang dibebankan pada puli yang terhubung dari poros turbin, maka untuk melihat daya output yang dihasilkan turbin pelton sehingga dibuatkanlah instalasi kelistrikannya. Instalasi turbin pelton dimana daya luaranya ditransmisikan pada dinamo yang menghasilkan arus listrik kemudian dihubungkan pada bola lampu sebagai pembebanan. Putaran poros akan menimbulkan torsi yang diukur melalui gaya yang dihasilkan pada titik terluar poros. Gaya ini terbaca sebagai beban (*load*). (Ridwan Yusuf et al., 2019)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Prestasi Mesin Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan pengujian dilakukan dilakukan sejak tanggal usulan oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara seperti yang tertera pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1. Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu					
		1	2	3	4	5	6
1	<i>Study</i> Literatur Dan Desain	■	■	■	■		
2	PembuatanAlat Dan Pengujian		■	■	■		
3	Pengambilan Data			■	■	■	
4	Analisa Data				■	■	
5	Seminar Hasil					■	■
6	Sidang Sarjana						■

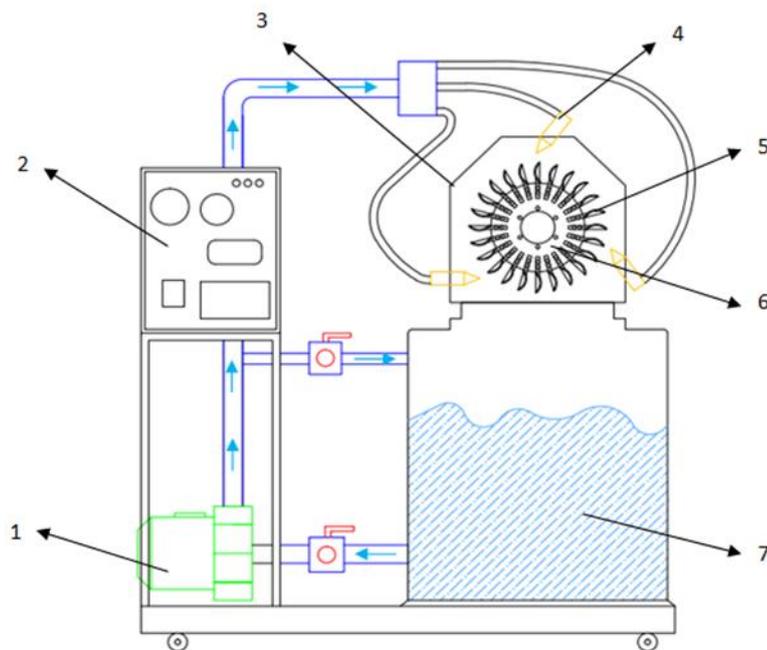
3.2 Alat dan Bahan yang Digunakan

3.2.1 Alat yang Digunakan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Turbin pelton skala mikro

Turbin pelton skala mikro merupakan alat utama dalam penelitian ini. Berikut ini adalah gambar turbin pelton skala mikro.



Gambar 3.1. Turbin Pelton Skala Mikro

Keterangan :

1) Pompa

Pompa adalah mesin untuk menggerakkan fluida dari tempat bertekanan rendah ke tempat dengan tekanan lebih tinggi.

2) Box Panel

Box panel berfungsi untuk wadah sebuah komponen atau tempat untuk komponen listrik.

3) Rumah Turbin

Rumah turbin berfungsi untuk melindungi *runner* dan *bucket* gangguan dari luar yang akan merusak dan mengganggu saat

beroperasi. Rumah turbin juga berfungsi sebagai tempat nosel terpasang.

4) Nosel

Nosel adalah bagian terpenting dari turbin. Nosel berfungsi sebagai pemancar untuk menyembrotkan air ke bucket turbin sehingga bisa berputar, air yang keluar dari nosel mempunyai kecepatan yang kuat sehingga dengan mudah bias memutar bucket hingga bias berputar.

5) Sudu

Sudu atau juga disebut *bucket* terbuat dari bahan yang kuat dan ringan seperti duralium atau bahan lainnya. *Bucket* berbentuk mangkok dan ringan sehingga mudah berputar saat terkena pancaran air yang keluar dari nosel.

6) *Runner*

Runner atau piringan adalah bagian terpenting dari turbin, yang terbuat dari bahan yang baik dan kuat seperti *duralium* dan bahan lainnya.

7) Tangki air

Tangki air atau toren adalah tempat untuk menampung air.

2. Multimeter digital

Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan yang dihasilkan.



Gambar 3.2. Multimeter Digital

3. Tachometer

Tachometer digunakan untuk mengukur putaran yang dihasilkan turbin pelton skala mikro.



Gambar 3.3. Tachometer

4. Mikrokontroler Arduino Uno

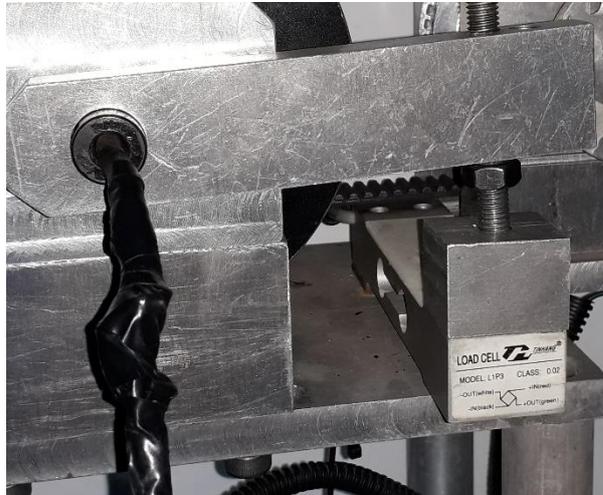
Mikrokontroler arduino uno digunakan untuk mengontrol dan menerjemahkan data ataupun input sinyal yang ditangkap oleh sensor pembaca seperti sensor putaran poros dan load cell dan menerjemahkannya dalam bentuk data yang dapat dibaca secara visual.



Gambar 3.4 Mikrokontroler Arduino Uno

5. *Load cell*

Load cell berfungsi sebagai pembaca berat beban yang diletakkan diujung poros turbin sebagai pengujian untuk mengetahui torsi yang terjadi pada poros.



Gambar 3.5 Load Cell

6. *Inverter*

Inverter digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi sumber tegangan AC dengan frekuensi tertentu.

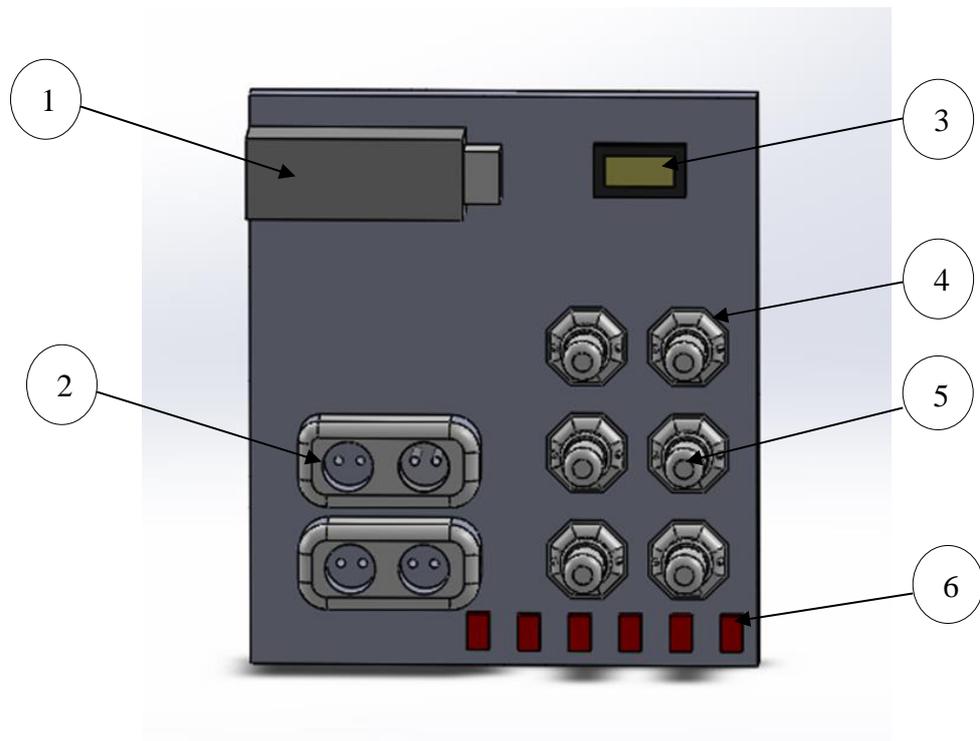


Gambar 3.6 *Inverter*

7. Papan Rangkaian Lampu Pembebanan

Pada turbin pelton skala mikro akan dipasang papan rangkaian lampu lengkap dengan fitting, stopkontak dan saklar yang

berfungsi sebagai tempat lampu dipasangkan, kemudian letaknya dibawah box panel.



Gambar 3.7 Papan Rangkaian Lampu Pembebanan

Keterangan :

1. Inverter
2. Stopkontak
3. Monitor menampilkan data dari inverter
4. *Fitting* lampu
5. Lampu
6. Saklar

3.2.2 Bahan yang Digunakan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Air

Air digunakan sebagai sumber energi kinetik yang disemprotkan oleh *nozzle* yang kemudian akan memutar *runner* pada turbin pelton. Air yang digunakan adalah air tawar biasa.



Gambar 3.8. Air Tawar

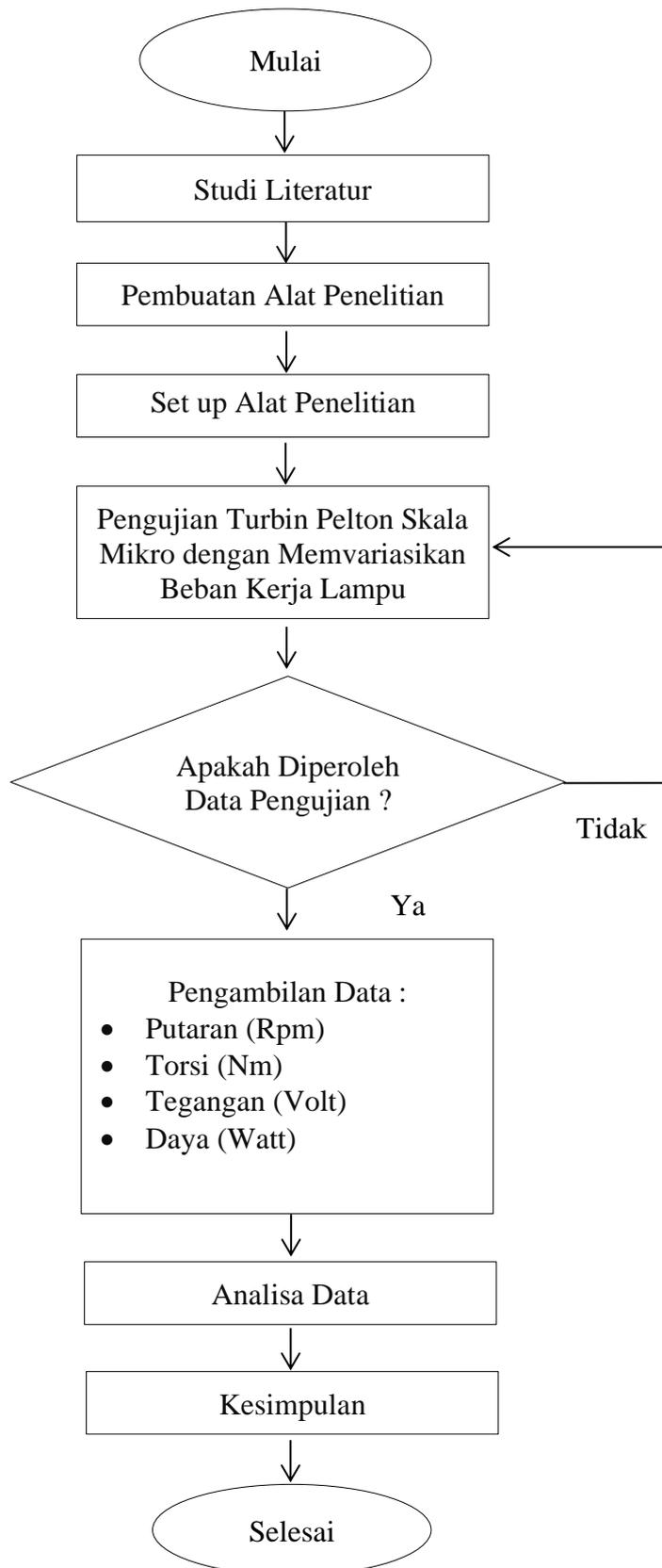
2. Lampu

Lampu digunakan sebagai beban kerja yang akan divariasikan dalam penelitian ini.



Gambar 3.9. Lampu

3.3 Diagram Alir



Gambar 3.10 Diagram Alir

3.4 *Set Up* Alat Uji

Alat pengujian turbin pelton skala mikro yang akan digunakan harus di *set up* terlebih dahulu agar terhindar dari kesalahan menampilkan data. Adapun *set up* turbin pelton skala mikro ini adalah :

1. Mengisi tangki air pada tangki penampungan.
2. Memasang beban kerja berupa lampu yang digunakan pada papan rangkaian lampu di turbin pelton skala mikro.
3. Membuka katup nozzle pada bukaan penuh.
4. Menghubungkan turbin pelton ke arus listrik.
5. Menghubungkan arduino uno ke laptop.

3.5 Prosedur Pengujian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian studi eksperimental pengaruh variasi beban kerja terhadap turbin pelton skala mikro ini adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan seluruh alat dan bahan yang akan digunakan dan pastikan semua alat dalam kondisi baik.
2. Pastikan semua katup sudah berapa pada posisi bukaan penuh.
3. Menekan tombol *run* pada panel kemudian hidupkan pompa hingga frekuensi 50 Hz.
4. Mengamati data yang dihasilkan pada monitor.
5. Mencatat semua data yang dihasilkan pada monitor.
6. Setelah selesai, matikan dan menekan tombol *stop* pada panel.
7. Mengulang langkah nomor 3 (tiga) sampai dengan 6 (enam) untuk variasi beban kerja 36 Watt dan 42 Watt.
8. Selesai.

3.6 *Job sheet*

Penelitian ini bersifat eksperimental dan hasil data dari pengujian yang telah dilakukan akan dituangkan ke dalam lembar kerja atau *job sheet*. Adapun data pada *job sheet* tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

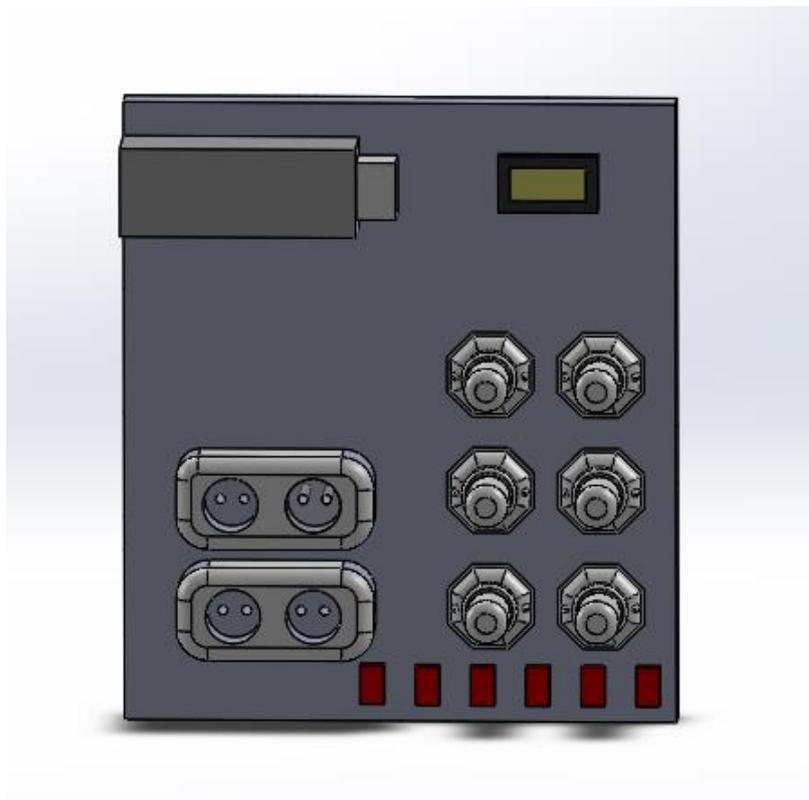
Tabel 3.2 *Job Sheet*

No	Variasi Beban	Debit L/min	Tegangan (V)	Putaran (rpm)	Daya (Watt)	Arus (A)	Torsi (kg)	Suction (psi)	Dicharge (psi)
1.	Lampu 28 watt								
2.	Lampu 36 watt								
3.	Lampu 42 watt								

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Pengujian

Pada penelitian tugas akhir ini yang berjudul pengaruh variasi beban kerja terhadap unjuk kerja turbin pelton skala mikro dilakukan dengan menggunakan 3 variasi beban kerja. Beban kerja yang digunakan dalam pengujian ini adalah lampu dengan masing-masing variasi yaitu 2 lampu 14 Watt dengan asumsi menjadi 28 Watt, 2 lampu 18 Watt diasumsikan menjadi 36 watt dan 3 lampu 14 Watt diasumsikan 42 watt. Seperti skema pembebanan yang terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.1 Pembebanan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dokumentasi dan hasil pelaksanaan pengujian dapat dilihat pada lampiran (halaman 39-47). Data hasil pengujian yang didapatkan pada penelitian ini disajikan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian

No	Variasi Beban	Debit L/min	Tegangan (V)	Putaran (rpm)	Daya (Watt)	Torsi (Kg)	Suction (Psi)	Dicharge (Psi)
1.	Lampu 28 watt	62	23,9	460,9	28,88	0,761	2,68	15,08
2.	Lampu 36 watt	62	21,8	431,7	36,75	0,931	2,68	15,10
3.	Lampu 42 watt	62	18,5	386,2	44,54	1,160	2,70	15,21

4.2. Analisa Data Hasil Penelitian

4.2.1 Perhitungan Head Turbin Pelton Skala Mikro

Berdasarkan tabel 4.1 tekanan *suction* dan *discharge* sudah didapatkan dari pengujian yang telah dilakukan. Maka kita dapat langsung menghitung meter kolom air untuk mengetahui head dari turbin pelton skala mikro. Meter kolom air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4, yaitu :

1. Perhitungan meter kolom air turbin pada pengujian beban kerja 28 Watt

$$H = (Pd - Ps) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}}$$

$$H = (15,08 - 2,68) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}}$$

$$H = 12,4 \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}}$$

$$H = 8,717 \text{ m}$$

Jadi *head* turbin pelton skala mikro pada pengujian dengan beban kerja 28 Watt adalah 8,717 m.

2. Perhitungan meter kolom air turbin pada pengujian beban kerja 38 Watt

$$H = (Pd - Ps) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}}$$

$$H = (15,10 - 2,68) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}}$$

$$H = 12,42 \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}}$$

$$H = 8,731 \text{ m}$$

Maka *head* turbin pelton skala mikro pada pengujian dengan beban kerja 38 Watt adalah 8,731 m.

3. Perhitungan meter kolom air turbin pada pengujian beban kerja 42 Watt

$$H = (Pd - Ps) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}}$$

$$H = (15,21 - 2,70) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}}$$

$$H = 12,51 \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}}$$

$$H = 8,794 \text{ m}$$

Jadi *head* turbin pelton skala mikro pada pengujian dengan beban kerja 42 Watt adalah 8,794 m.

4.2.2. Perhitungan Daya Hidrolis Turbin Pelton Skala Mikro

Untuk menghitung daya hidrolis turbin pelton skala mikro diperlukan hasil pengukuran debit pada turbin pelton skala mikro. Berdasarkan tabel 4.1 hasil pengukuran debit yang didapatkan sebesar 62 L/min yang kemudian diubah dalam satuan m^3/s yaitu sebesar $0,0010333 \text{ m}^3/s$. Maka daya hidrolis turbin pelton skala mikro dapat dihitung dengan persamaan 2.2, yaitu :

1. Perhitungan daya hidrolis turbin pada pengujian beban kerja 28 watt

$$Ph = \rho \cdot g \cdot h \cdot Q$$

$$Ph = 999,8 \times 9,8 \times 8,717 \times 0,0010333$$

$$Ph = 88,253 \text{ Watt}$$

2. Perhitungan daya hidrolis turbin pada pengujian beban kerja 36 Watt

$$Ph = \rho \cdot g \cdot h \cdot Q$$

$$Ph = 999,8 \times 9,8 \times 8,731 \times 0,0010333$$

$$Ph = 88,395 \text{ Watt}$$

3. Perhitungan daya hidrolis turbin pada pengujian beban kerja 42 Watt

$$Ph = \rho \cdot g \cdot h \cdot Q$$

$$Ph = 999,8 \times 9,8 \times 8,794 \times 0,0010333$$

$$Ph = 89,033 \text{ Watt}$$

4.2.3. Perhitungan Efisiensi Turbin Pelton Skala Mikro

Efisiensi merupakan salah satu bagian dari unjuk kerja turbin pelton skala mikro. Untuk menghitung nilai efisiensi dapat menggunakan persamaan 2.5 yaitu:

$$\eta = \frac{Pg}{Ph} \times 100\%$$

Dimana Pg adalah daya keluaran turbin yang dihasilkan generator pada masing-masing variasi beban kerja lampu dan Ph adalah daya hidrolis turbin pelton skala mikro. Adapun perhitungan efisiensi turbin pelton skala mikro pada masing-masing beban kerja adalah sebagai berikut.

1. Efisiensi turbin pelton skala mikro pada pengujian beban kerja 28 watt

$$\eta = \frac{Pg}{Ph} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{28,88}{88,235} \times 100\%$$

$$\eta = 32,73 \%$$

Jadi efisiensi yang dihasilkan turbin pelton skala mikro pada pengujian beban kerja 28 watt adalah 32,73 %.

2. Efisiensi turbin pelton skala mikro pada pengujian beban kerja 36 watt

$$\eta = \frac{Pg}{Ph} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{36,75}{88,395} \times 100\%$$

$$\eta = 41,57 \%$$

Jadi efisiensi yang dihasilkan turbin pelton skala mikro pada pengujian beban kerja 36 watt adalah 41,57 %.

3. Efisiensi turbin pelton skala mikro pada pengujian beban kerja 42 watt

$$\eta = \frac{Pg}{Ph} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{44,54}{89,033} \times 100\%$$

$$\eta = 50,02 \%$$

Jadi efisiensi yang dihasilkan turbin pelton skala mikro pada pengujian beban kerja 42 watt adalah 50,02 %.

Berdasarkan hasil analisa data yang telah dilakukan diatas maka diperoleh data efisiensi pada tabel berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Efisiensi

No.	Variasi Beban Kerja	Efisiensi(%)
1.	Beban Kerja 28 Watt	32,73 %
2.	Beban Kerja 36 Watt	41,57 %
3.	Beban Kerja 42 Watt	50,02 %

4.2.4. Perhitungan Torsi Turbin Pelton Skala Mikro

Berdasarkan pada tabel 4.1 torsi yang didapat dari hasil pengujian berupa satuan kilogram (kg), maka dari itu perlu untuk mengubah torsi ke dalam satuan Newton meter (Nm) menggunakan persamaan 2.3, yaitu :

$$T = F \cdot r$$

1. Perhitungan torsi pada beban kerja 28 Watt

Diketahui :

$$r = 80 \text{ mm} = 0,08 \text{ m}$$

$$F = 0,761 \cdot g$$

$$F = 0,761 \cdot 9,8 = 7,4578 \text{ N}$$

Maka :

$$T = F \cdot r$$

$$T = 7,4578 \cdot 0,08$$

$$T = 0,596 \text{ Nm}$$

Jadi torsi yang dihasilkan turbin pelton skala mikro pada pengujian beban kerja 28 Watt adalah 0,596 Nm.

2. Perhitungan torsi pada beban kerja 36 Watt

Diketahui :

$$r = 80 \text{ mm} = 0,08 \text{ m}$$

$$F = 0,931 \cdot g$$

$$F = 0,931 \cdot 9,8 = 9,1238 \text{ N}$$

Maka :

$$T = F \cdot r$$

$$T = 9,1238 \cdot 0,08$$

$$T = 0,729 \text{ Nm}$$

Jadi torsi yang dihasilkan turbin pelton skala mikro pada pengujian beban kerja 36 Watt adalah 0,729 Nm.

3. Perhitungan torsi pada beban kerja 42 Watt

Diketahui :

$$r = 80 \text{ mm} = 0,08 \text{ m}$$

$$F = 1,160 \cdot g$$

$$F = 1,160 \cdot 9,8 = 11,368 \text{ N}$$

Maka :

$$T = F \cdot r$$

$$T = 11,368 \cdot 0,08$$

$$T = 0,909 \text{ Nm}$$

Jadi torsi yang dihasilkan turbin pelton skala mikro pada pengujian beban kerja 42 Watt adalah 0,909 Nm.

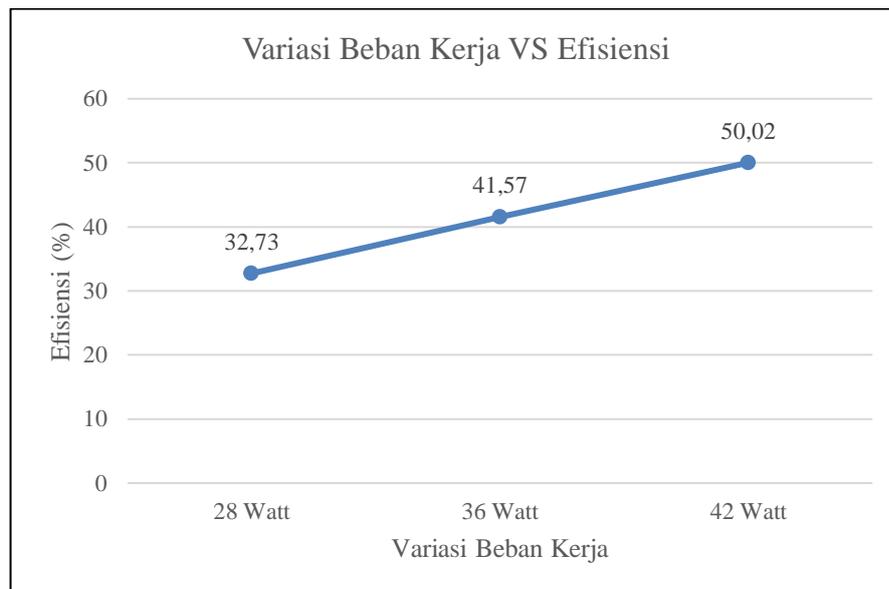
Berdasarkan hasil analisa data perhitungan torsi yang telah dilakukan diatas, maka diperoleh data nilai torsi pada tabel berikut ini.

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Torsi

No.	Variasi Beban Kerja	Torsi (Nm)
1.	Beban Kerja 28 Watt	0,596
2.	Beban Kerja 36 Watt	0,729
3.	Beban Kerja 42 Watt	0,909

4.3. Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Efisiensi

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 4.2, hasil pengukuran hubungan antara variasi beban kerja terhadap efisiensi yang dihasilkan pada turbin pelton skala mikro dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

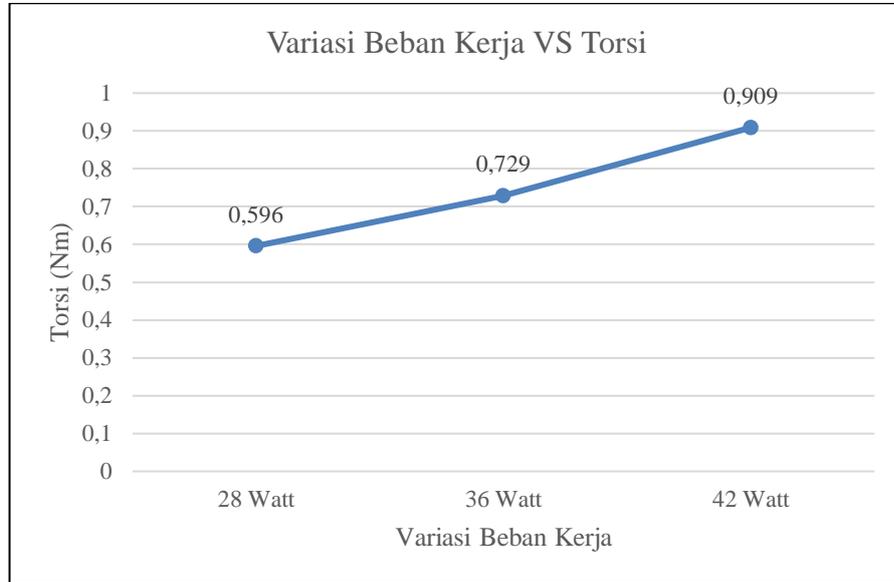


Gambar 4.2. Grafik Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Efisiensi

Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan pengaruh variasi beban kerja terhadap efisiensi yang dihasilkan turbin pelton skala mikro. Pada beban kerja 28 Watt nilai efisiensi turbin pelton skala mikro sebesar 32,73 %, pada beban kerja 36 Watt nilai efisiensi sebesar 41,57 % dan nilai efisiensi pada beban kerja 42 Watt sebesar 50,02 %. Nilai efisiensi terendah pada beban kerja 28 watt dan nilai daya turbin tertinggi pada beban kerja 42 watt.

4.4. Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Torsi

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 4.3, hasil pengukuran hubungan antara variasi beban kerja terhadap torsi yang dihasilkan dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

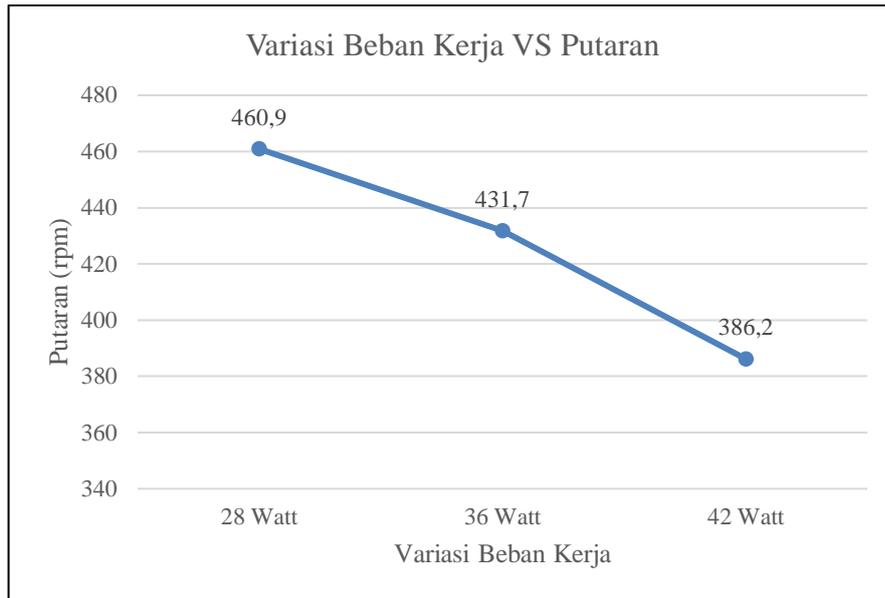


Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Torsi

Berdasarkan Gambar 4.4, menunjukkan pengaruh variasi beban kerja terhadap torsi yang dihasilkan turbin pelton skala mikro. Pada beban kerja 28 Watt nilai torsi turbin pelton skala mikro sebesar 0,596 Nm, pada beban kerja 36 Watt nilai torsi sebesar 0,729 Nm dan nilai torsi pada beban kerja 42 Watt sebesar 0,909 Nm. Nilai torsi terendah pada beban kerja 28 Watt dan nilai torsi turbin tertinggi pada beban kerja 42 Watt.

4.5. Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Putaran (rpm)

Berdasarkan data yang dapat dilihat pada diketahui pada Tabel 4.1, hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk grafik. Berikut dibawah ini adalah grafik hasil pengukuran variasi beban kerja terhadap putaran.

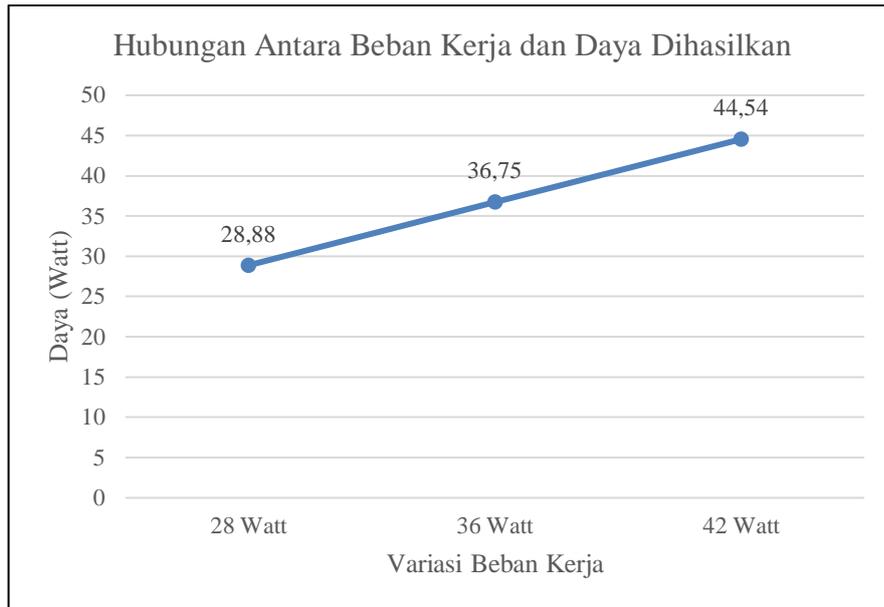


Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Putaran

Berdasarkan Gambar 4.2, menunjukkan pengaruh variasi beban kerja berupa lampu terhadap putaran yang dihasilkan turbin pelton skala mikro. Pada beban kerja 28 Watt nilai putaran turbin pelton skala mikro sebesar 460,9 rpm, pada beban kerja 36 Watt nilai putaran sebesar 431,7 rpm dan nilai putaran pada beban kerja 42 Watt sebesar 386,2 rpm. Nilai putaran turbin pelton skala mikro terendah pada beban kerja 42 watt dan nilai putaran turbin pelton skala mikro tertinggi pada beban kerja terendah yaitu 28 watt.

4.6. Hubungan Antara Variasi Beban Kerja Terhadap Daya

Data hasil pengukuran yang diperoleh dari pengujian ini disajikan dalam bentuk grafik. Berikut dibawah ini adalah grafik hubungan antara variasi beban kerja terhadap daya yang dihasilkan turbin pelton skala mikro.



Gambar 4.5 Hubungan Antara Beban Kerja Terhadap Daya

Berdasarkan Gambar 4.5, menunjukkan pengaruh variasi beban kerja terhadap daya yang diperlukan turbin pelton skala mikro. Pada beban kerja 28 Watt nilai daya turbin pelton skala mikro sebesar 28,88 Watt, pada beban kerja 36 Watt nilai daya sebesar 36,75 Watt dan nilai daya pada beban kerja 42 Watt sebesar 44,54 Watt. Nilai daya terendah pada beban kerja 28 Watt dan nilai daya turbin tertinggi pada beban kerja 42 Watt.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai putaran turbin pelton skala mikro tertinggi pada beban kerja 28 Watt, yaitu sebesar 460,9 rpm dan nilai putaran terendah terjadi pada beban kerja 42 Watt, yaitu sebesar 386,2 rpm.
2. Nilai torsi turbin pelton skala mikro tertinggi pada beban kerja 42 Watt, yaitu sebesar 0,909 Nm dan nilai putaran terendah terjadi pada beban kerja 28 Watt, yaitu sebesar 0,596 Nm.
3. Nilai daya terbesar yang dihasilkan yang dihasilkan turbin pelton skala mikro dengan masing-masing variasi beban kerja adalah :
 - Nilai daya pada beban kerja 28 Watt sebesar 28,88 Watt
 - Nilai daya pada beban kerja 36 Watt sebesar 36,75 Watt
 - Nilai daya pada beban kerja 42 Watt sebesar 44,54 Watt
4. Nilai efisiensi yang dihasilkan turbin pelton skala mikro dengan masing-masing variasi beban kerja adalah sebagai berikut.
 - Nilai efisiensi pada beban kerja 28 Watt sebesar 32,73 %.
 - Nilai efisiensi pada beban kerja 36 Watt sebesar 41,57 %
 - Nilai efisiensi pada beban kerja 42 Watt sebesar 50,02 %

5.2 Saran

Pada pelaksanaan penelitian ini masih banyak terdapat kekurangan sehingga menghambat kegiatan penelitian. Adapun saran yang diajukan penulis yaitu pada penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan lebih banyak variasi beban kerja agar mendapatkan hasil yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Armansyah, & Sudaryanto. (2016). Pengaruh Penguatan Medan Generator Sinkron Terhadap Tegangan Terminal. *Jurnal Teknik Elektro UISU*, 1(3), 48–55.
- Hutagalung, S. N., Panjaitan, M., & Pendahuluan, I. (2017). *PROTOTYPE RANGKAIAN INVERTER DC KE AC 900 WATT*. 6, 64–66.
- Indriani, A. (2015). Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Kutub dan Jarak Celah Magnet Rotor Terhadap Performan Generator Sinkron Fluks Radial. *Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 9(2).
- Irawan, H. (2018). *Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Bukaannya Katup Dan Beban Lampu Menggunakan Inverter*. 03(01), 27–31.
- Mahayana, I. G. P. A., Jasa, L., & Janardana, I. G. N. (2013). *RANCANG BANGUN PROTOTYPE PLTMH DENGAN TURBIN PELTON SEBAGAI MODUL PRAKTIKUM*. 7(4), 1–6.
- Ridwan Yusuf, M., Hasbi, M., & Samhuddin. (2019). *Analisa Pengaruh Variasi Tekanan dan Jarak Semprot Nozzle Terhadap Daya Output Pada Instalasi Turbin Pelton*. 4(1), 1–10.
- Saputra, I. G. N., Jasa, L., & Wijaya, I. W. A. (2020). *PENGARUH JUMLAH SUDU PADA PROTOTYPE PLTMH DENGAN MENGGUNAKAN TURBIN PELTON TERHADAP EFISIENSI YANG DIHASILKAN*. 7(4), 161–172.
- Umurani, K., Siregar, A. ., & Al-Amin, S. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi FT UMSU*, 3(2), 103–111.
- Utama, H. S., & Kusriyanto, M. (2017). *PROTOTYPE PEMBANGKIT MIKROHIDRO TERINTEGRASI BEBAN KOMPLEMEN*. 55–66.

LAMPIRAN

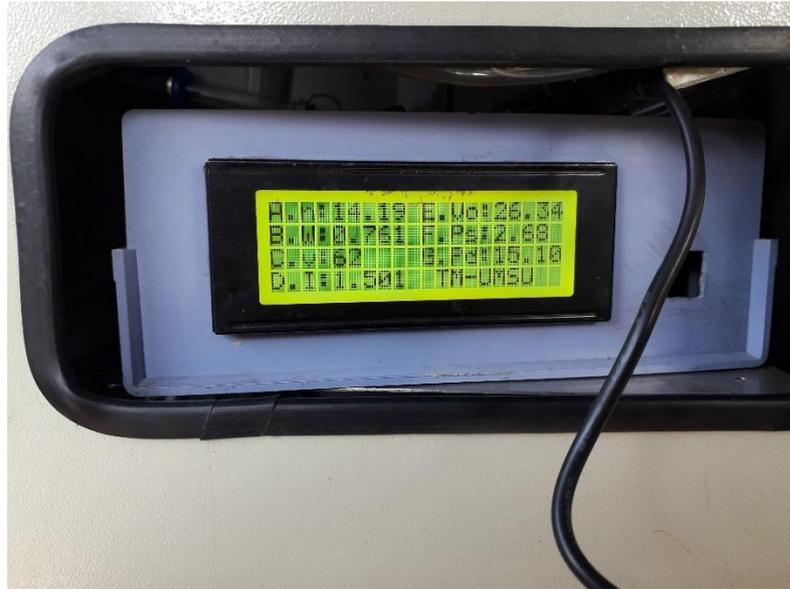
Dokumentasi Pelaksanaan Pengujian







Gambar Pengujian Pada Beban Kerja 28 Watt







Gambar Pengujian Pada Beban Kerja 42 Watt







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

Peserta seminar
 Nama : Muhammad Nurhidayat
 NPM : 1707230109
 Judul Tugas Akhir : Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Beban Kerja Terhadap Turbin Pelton Skala Mikro.

DAFTAR HADIR

TANDA TANGAN

Pembimbing – I : Bakti Suroso.S.T.M.Eng

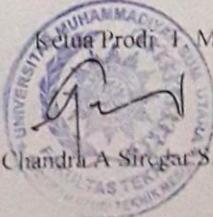
Pembanding – I : Khairul Umurani.S.T.M.T

Pembanding – II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T

[Handwritten signatures of Bakti Suroso, Khairul Umurani, and Ahmad Marabdi]

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1707230116	MUHAMMAD RISMI	<i>[Signature]</i>
2	1707230063	FADHLY MUJAHID	<i>[Signature]</i>
3	1707230252	Reddy putra Hamawan	<i>[Signature]</i>
4	1607230077	Jadi Rorian Akbar	<i>[Signature]</i>
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 22 Shafar 1443 H
05 Oktober 2021 M

Ketua Prodi I. Mesin

 Chandra A Siregar S.T.M.T

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

NAMA : Muhammad Nurhidayat
NPM : 1707230109
Judul T.Akhir : Studi Eksperimental pengaruh variasi Beban Kerja Terhadap Turbin Pelton Skala Mikro.

Dosen Pembimbing - I : Bekti Suroso.S.T.M.Eng
Dosen Pemanding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pemanding - 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 :

..... *Penyusunan*

..... *Metode*

..... *Hasil*

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

.....

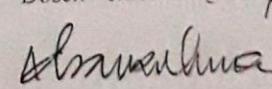
.....

.....

Medan 22 Shafar 1443H
05 Oktober 2021M

Diketahui
Ketua Prodi, T. Mesin

Chandra A Siregar S.T.M.T

Dosen Pemanding- I

Khairul Umurani S.T.M.T

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

NAMA : Muhammad Nurhidayat
NPM : 1707230109
Judul T.Akhir : Studi Eksperimental pengaruh variasi Beban Kerja Terhadap Turbin Pelton Skala Mikro.

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

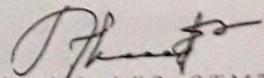
KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
Tambahkan dokumentasi set-up dan prosedur di Bab.4.
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 22 Shafar 1443H
05 Oktober 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi Mesin

Chandra A Siregar S.T.M.T

Dosen Pembimbing- II

Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T



UMSU

Terpercaya

yang kami tinjau dan disebutkan
dalam pengumuman

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 PENGHJUKAN
DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 230/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 : MUHAMMAD NURHIDAYAT
Npm : 1707230109
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : VII (TUJUH)
Judul Tugas Akhir : STUDI EXPERIMENTAL PENGARUH VARIASI BEBAN TERHADAP UNJUK KERJA 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 Mfansury Siregar, ST., MT

NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI BEBAN KERJA
TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN PELTON SKALA MIKRO

Nama : MUHAMMAD NURHIDAYAT
NPM : 1707230109

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.	Jumat 24/9/2021	Perbaiki Daftar Pustaka.	<i>Jm</i>
8.	Sabtu 25/9/2021	ACC Seminar hasil.	<i>Jm</i>

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



BIODATA DIRI

Nama : Muhammad Nurhidayat
Tempat & Tanggal Lahir : Dusun Baru, 25 September 1999
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Dusun Baru Desa Bandar Tengah Kec. Bandar
Khalifah Kab. Serdang Bedagai Prov. Sumatera
Utara
Umur : 22 Tahun
Status : Belum Menikah
Kewarganegaraan : Indonesia
No. Hp : 082237565589
Email : muhammaddnurhidayat25@gmail.com

LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2005-2011 : SD Negeri 105433 Pokok Jengkol
2011-2014 : MTs Swasta Al-Muslimin Paya Pasir
2014-2017 : SMK Negeri 2 Tebing Tinggi
2017-2021 : Tercatat Sebagai Mahasiswa Program Studi
Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Sumatera Utara