

TUGAS AKHIR

UJI UNJUK KERJA TURBIN PELTON DENGAN 24 SUDU DAN 3 NOZEL BERDASARKAN VARIASI HEAD

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

Disusun Oleh:

RICKY RAMOS TOBING
1607230064



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

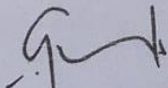
Nama : Ricky Ramos Tobing
NPM : 1607230064
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 24 Sudu Dan 3
Nozel Berdasarkan Variasi Head
Bidang ilmu : Konversi Energi

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, Mei 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



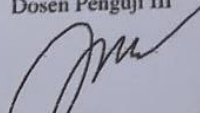
Chandra A. Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji II



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

Dosen Penguji III



Bekti Suroso, S.T., M.Eng

Program Studi Teknik
Ketua



Chandra A. Siregar



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ricky Ramos Tobing
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/11 Agustus 1999
NPM : 1607230064
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujur nya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 24 Sudu Dan 3 Nozel Berdasarkan Variasi Head”,

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, Mei 2022

Saya yang menyatakan,



Ricky Ramos Tobing

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 24 Sudu Dan 3 Nozel Berdasarkan Variasi Head.” 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 Laporan 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 Fakultas Teknik UMSU, yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A. Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar S.T., M.T, sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesinan kepada penulis.
5. Orang tua penulis: Yance Ismail Tobing S.T. dan Maya Kesuma Dewi, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Teman – teman sekelompok Turbin Pelton Skala Mikro, yaitu: Muhammad Rizky Fahreza,S.T Noto Tri Prayoga,S.T Bahrum,S.T Lutfie Auzan,S.T

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

Medan, Mei 2022

Ricky Ramos Tobing

ABSTRAK

Kebutuhan listrik Dewasa ini sangat meningkat, berbagai upaya terus dilakukan mencari potensi baru ataupun dengan mengembangkan teknologinya. Mengingat sumber energi yang digunakan untuk pembangkit energi listrik sebagian besar berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak, gas dan batu bara maka ketergantungan terhadap bahan bakar fosil mengakibatkan menipisnya cadangan sumber energi tersebut. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah “Bagaimana uji unjuk kerja turbin pelton dengan 24 sudu dan 3 nozel berdasarkan variasi head. Pada penyusunan membatasi masalah kedalam ruang lingkup yang akan dibahas dalam tugas akhir ini. Menggunakan turbin pelton dengan skala mikro pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Prestasi Mesin Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan. Untuk mengetahui nilai unjuk kerja yang dihasilkan dari masing-masing variasi yang dilakukan maka diperlukan perhitungan dengan menggunakan rumus-rumus yang ada, data yang digunakan untuk perhitungan adalah data yang ada pada masing-masing variasi percobaan ke 1, 2 dan 3. Berikut merupakan analisa data Head Untuk mendapatkan nilai kita dapat menggunakan rumus seperti berikut: $H = (P_d - P_s) \times (0,703 \text{ m}) / (1 \text{ Psi})$ Dari hasil yang didapatkan pada Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton dengan 24 sudu dan 3 nozel Berdasarkan variasi Head. Adalah hasil Pengujian Yang terbaik adalah pada Frekuensi 45 Hz dengan tanpa beban dapat menghasilkan daya listrik 32.71 Watt, Voltage 20.1 V dan Rpm 522.3 Rpm dengan beban lampu 3 buah masing-masing Watt setelah diberi beban maka Voltage Menjadi 18.2 V, Rpm 396.5 Rpm.

Katakunci: *Variasi* Head Uji unjuk Kerja

ABSTRACT

Need electricity Mature this very increase various effort keep doing look for potency new or with develop the technology . Remember source energy used for generator energy electricity part big originated from ingredients burn fossil as oil , gas and stone coal so dependency to ingredients burn fossil result in thin it out backup source energy that . Based on background the back that has been described then formulation problem from study this is " How " test show work turbine platoon with 24 tablespoons and 3 nozzles based on head variations .On composer limit problem into the room the scope to be discussed in Duty end this.Using turbine platoon with scale micro implementation study done in the laboratory Performance Study Program Machine Technique Machinery ,Faculty Engineering University Muhammadiyah North Sumatra, Jl.Captain Muchtar Basri No.3 Terrain.For know mark show work generated from each variations made so required calculation with use existing formulas data used for calculation is the existing data on each variation test to 1, 2 and Here are data analysis Head For got mark we could use formula as the following : $H (P_d - P_s) \times (0.703 \text{ m}) / (1 \text{ Psi})$ From the results obtained on Test Show Work Turbine Pelton with 24 tablespoons and 3 nozzles Based on Head variation . Is The best test results are at a frequency of 45 Hz with no load it can produce 32.71 Watts of electrical power, 20.1 V Voltage and 522.3 Rpm with a load of 3 lamps, each set after being given a load, the Voltage becomes 18.2 V, Rpm 396.5 Rpm.

Keywords : *Variation* Test Head show Work

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	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	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Kajian Pustaka	4
2.2. Klasifikasi Turbin Air	9
2.3. Turbin Pelton	12
2.4. Prinsip Kerja Turbin Pelton	14
2.5. Komponen Utama Turbin Pelton	14
2.5.1 Rumah Turbin	15
2.5.2 <i>Runner</i>	15
2.5.3 Sudu (<i>Bucket</i>)	16
2.5.4 <i>Nozzle</i>	17
2.5.5 Poros	17
2.5.6 Piringan (<i>Disk</i>)	18
2.5.7 Bantalan	18
2.5.8 <i>Pully</i>	19
2.5.9 <i>Belting</i>	19
2.5.10 Generator AC	20
2.6. Dasar Persamaan Turbin Pelton	21
BAB 3 METODOLOGI	24
3.1 Tempat dan Waktu	24
3.1.1 Tempat Penelitian	24
3.1.2 Waktu Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan	25
3.2.1 Alat Yang Digunakan	25
3.2.2 Bahan Yang Digunakan	29
3.3 Bagan Alir	30
3.4 Prosedur Pengujian	31
3.5 <i>Job Sheet</i>	32

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Perolehan Data	34
4.2 Analisa Data	36
4.2.1 Meter Kolom Air	36
4.2.2 Daya Teori Turbin	38
4.2.3 Rendemen Turbin	40
4.2.4 Daya Listrik <i>Input</i>	41
4.2.5 Unjuk Kerja Turbin	43
4.3 Grafik Analisa Data	47
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian	24
Tabel 3.2 <i>Job sheet</i> Variabel Penelitian	32
Tabel 3.3 <i>Job sheet</i> Penelitian Dengan Beban Lampu	33
Tabel 4.1 Data Penelitian Dengan Beban Lampu	35
Tabel 4.2 Hasil Analisa Penelitian Dengan Beban Lampu	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Turbin Pelton	14
Gambar 2.2	Rumah Turbin	15
Gambar 2.3	<i>Runner</i>	16
Gambar 2.4	<i>Bucket</i>	16
Gambar 2.5	<i>Nozzle</i>	17
Gambar 2.6	Poros	18
Gambar 2.7	Piringan	18
Gambar 2.8	Bantalan	19
Gambar 2.9	<i>Pully</i>	19
Gambar 2.10	<i>Belting</i>	20
Gambar 2.11	Generator	21
Gambar 3.1	Skema Turbin Pelton	25
Gambar 3.2	Data Akuisisi	27
Gambar 3.3	<i>Tachometer</i>	29
Gambar 3.4	Air	29
Gambar 3.5	Bagan Alir	30
Gambar 4.1	Grafik <i>Head</i> Rata-Rata Vs Daya Teori Turbin	47
Gambar 4.2	Grafik <i>Head</i> Rata-Rata Vs Rendemen Turbin	48
Gambar 4.3	Grafik <i>Head</i> Rata-Rata Vs Daya Listrik <i>Input</i>	48
Gambar 4.4	Grafik <i>Head</i> Rata-Rata Vs Daya Listrik <i>Output</i>	49
Gambar 4.5	Grafik <i>Head</i> Rata-Rata Vs Unjuk Kerja Turbin	50

DAFTAR NOTASI

No.	Simbol	Besaran	Satuan
1.	g	Gravitasi Bumi	m/s^2
2.	H	Tinggi Jatuh Air	m
3.	I	Kuat Arus <i>Input</i>	Ampere
4.	η	Unjuk Kerja Turbin	%
5.	η_T	Rendemen Turbin	%
6.	P	Daya Teori Turbin	Watt
7.	P_d	Tekanan <i>Discharge</i>	Psi
8.	P_{in}	Daya <i>Input</i> Turbin	Watt
9.	P_s	Tekanan <i>Suction</i>	Psi
10.	P_T	Daya <i>Output</i> Aktual Turbin	Watt
11.	ρ	Massa Jenis Air	Kg/m^3
12.	V	Kapasitas Aliran Air	m^3/s
13.	V_o	Tegangan <i>Input</i>	Volt

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan listrik Dewasa ini sangat meningkat, berbagai upaya terus dilakukan mencari potensi baru ataupun dengan mengembangkan teknologinya. Mengingat sumber energi yang digunakan untuk pembangkit energi listrik sebagian besar berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak, gas dan batu bara maka ketergantungan terhadap bahan bakar fosil mengakibatkan menipisnya cadangan sumber energi tersebut. Faktor inilah yang menjadi tantangan tersendiri untuk menjauhkan diri dari ketergantungan terhadap minyak bumi, gas alam dan batu bara.

Pengembangan energi begitu pesatnya, Terutama di negara maju dan berkembang. Kita ketahui bahwa energi sangat dibutuhkan bagi kalangan ekonomi sosial dan kemakmuran bagi negara tersebut. Bahkan sudah banyak negara yang mengekspor energi untuk kepentingan negara lain. Energi listrik adalah energi alternatif yang banyak digunakan pada masyarakat yang tidak banyak menimbulkan polusi dan dapat di konversikan ke dalam bentuk lainnya. Pengembangan energi listrik sangat banyak yaitu antara lain menggunakan air, angin, matahari, panas bumi, dan sebagainya.

Untuk menunjang energi yang diperlukan kita bisa menggunakan sumber-sumber tenaga air yang tidak terlalu besar kapasitasnya dengan tujuan ikut memberikan nilai tambah bagi sebagian penduduk yang belum mendapatkan listrik sebagaimana layaknya.

Berdasarkan Ceri Steward Poea dkk (2013), Syamsul Kamal Prajitno (2013), Bono dan Indarto (2008) bahwa permasalahan ketergantungan dengan energi fosil dikurangi dengan melakukan suatu upaya mencari alternatif energi lain yakni energi air. Salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga air menggunakan turbin pelton. Prinsip kerja turbin pelton adalah memanfaatkan daya fluida dan air untuk menghasilkan daya poros. Putaran poros turbin ini akan di ubah oleh generator menjadi tenaga listrik.

Dengan dikembangkan energi listrik yang kecil menggunakan turbin pelton dapat dimungkinkan di buat oleh tenaga kita sendiri, bahan-bahan sendiri dan biaya yang tidak relative mahal. Dengan demikian penulis mengambil tugas Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 24 Sudu Dan 3 Nozel Berdasarkan Variasi Head. Sebagai Penunjang Pembelajaran/Penelitian Bidang Mesin Konversi Energi yang fungsinya untuk memaksimalkan unjuk kerja turbin pelton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah “Bagaimana uji unjuk kerja turbin pelton dengan 24 sudu dan 3 nozel serta variasi head?”.

1.3 Ruang Lingkup

Pada “Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 24 sudu Dan 3 Nozel Berdasarkan Variasi Head”, penyusun membatasi masalah kedalam ruang lingkup yang akan dibahas dalam tugas akhir ini. Adapun ruang lingkup yang akan dibahas dalam Laporan tugas akhir ini adalah:

1. Menggunakan turbin pelton dengan skala mikro.
2. Tinggi jatuh air (*head*) yang diatur dengan menggunakan *Inverter* frekuensi pada pompa sebesar 8,6 m (40 Hz), 8,3 m (45 Hz), dan 8,1 m (50 Hz).
3. Jumlah sudu yang digunakan sebanyak 24.
4. Diameter *runner* yang digunakan sebesar 26 mm.
5. Sudut sudu yang digunakan adalah 0°.
6. Jumlah *nozzle* yang digunakan sebanyak 3.
7. Mengabaikan *Losses* yang ada pada instalasi karena data yang dibutuhkan sudah didapat dari LCD.
8. Banyaknya Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali untuk variasi *head* dengan beban berupa lampu.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian “Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 24 sudu dan 3 nozel berdasarkan variasi Head”, adalah:

1. Dapat menentukan *Head* dari frekuensi pompa untuk melakukan pengujian.
2. Mengetahui rendemen turbin tertinggi dari hasil pengujian.
3. Mengetahui unjuk kerja tertinggi dari hasil pengujian.

1.5 Manfaat

Penelitian “Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton dengan 24 sudu dan 3 nozel berdasarkan variasi head”, adalah:

1. Hasil dari tugas akhir ini dapat menjadi referensi bagi pengembangan turbin pelton dengan memperhatikan tinggi jatuh air (*head*) yang masuk ke turbin.
2. Berguna untuk masyarakat didaerah yang memiliki sumber air dengan debit yang banyak seperti sungai.
3. Mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui seperti minyak bumi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Perkembangan tentang perancangan turbin pelton skala mikro sangat la banyak. Berikut ini merupakan beberapa hasil penelitian yang berkaitan dengan perancangan turbin pelton skala mikro.

Abdurahmansyah, 2019 melakukan penelitian yang berjudul “uji unjuk kerja turbin pelton dengan 24 sudu dan 3 nozel berdasarkan variasi head”, penelitian ini menggunakan turbin pelton dengan sudu berbentuk mangkok yang dibuat dari sendok sayur yang berjumlah 16 sudu dan menggunakan 4 nozel dengan masing-masing berdiameter 6 mm, adapun variasi pengaturan katup yaitu 90°, 100°, 110°, 120°, 130°, 140°, 150°, 160°, 170° dan 180°. Hasil dari penelitian ini mendapatkan daya tertinggi yaitu pada bukaan katup 90° debit 0,005907 m³/s sebesar 48,58 watt sedangkan hasil daya terendah yaitu pada bukaan katup 140° debit 0,004477 m³/s sebesar 6,56 watt. Untuk bukaan katup 150° sampai 180° tidak ada debit keluaran sehingga tidak menghasilkan daya.[1]

Yani, 2017 melakukan penelitian yang berjudul “uji unjuk kerja turbin pelton dengan 24 sudu dan 3 nozel serta variasi head”, dengan menggunakan instalasi turbin air jenis pelton dan dilakukan pengukuran terhadap gaya, putaran dan debit aliran dengan variasi bentuk sudu. Bentuk sudu diantaranya: sudu datar, sudu lengkung, sudu setengah silinder, sudu sendok nasi, dan sudu sendok sayur dengan jumlah sudu 16 pada debit air 0,0005 m³/s. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan rancangan percobaan berskala laboratorium sekaligus hasil uji unjuk kerja turbin air digunakan sebagai alat praktikum mahasiswa jurusan teknik mesin. Hasil penelitian daya turbin maksimum terjadi pada sudu sendok sayur dengan nilai sebesar 5,652 watt, kemudian daya turbin tertinggi kedua terjadi pada sudu sendok nasi nilai sebesar 5,024 watt, urutan daya turbin tertinggi ketiga terjadi pada sudu lengkung sebesar 4,082 watt dan pada sudu setengah silinder nilai sebesar 4,082 watt, sedangkan daya turbin terendah terjadi pada sudu datar nilai sebesar 3,297 watt.[8]

Kristanto, 2016 melakukan penelitian yang berjudul “ Analisa Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Tipe Poros Vertikal”, Sudu turbin dalam penelitian yang dijadikan faktor dalam penelitian adalah jumlah sudu 3, 5 dan 7. Serta di kombinasikan dengan debit aliran 0,0047 m³/s, 0,0056 m³/jam; dan 0,0083 m³/s. Hasil dari penelitian didapatkan daya paling tinggi yang dihasilkan pada sudu 7 dengan debit 0,0083 m³/s sebesar 0,227 watt, efisiensi paling tinggi dihasilkan pada sudu 5 dengan debit 0,0047 m³/s sebesar 10,14 %.[4]

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro
Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik yang berskala 5 kw – 100 kw yang memanfaatkan aliran air sebagai penghasil energi. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan sebagai energi ramah lingkungan. Energi potensial yang berasal dari aliran sungai atau danau yang dibendung, kemudian dialirkan dari ketinggian (head) tertentu untuk menggerakkan turbin yang telah dihubungkan dengan generator listrik. Semakin besar ketinggian (head) air, maka semakin besar energi potensial air yang dapat dirubah menjadi energi listrik. Pembangkit tenaga air merupakan suatu bentuk perubahan energi dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi energi listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Bentuk pembangkit tenaga mikro hidro bervariasi, tetapi prinsip kerjanya adalah sama, yaitu: “Perubahan energi potensial menjadi energi listrik”. [2]

Rantung Jotje dkk, 2013 melakukan penelitian yang berjudul “perencanaan turbin air mikro hidro jenis pelton untuk pembangkit listrik di desa kali kecamatan pineleng dengan head 12 meter” Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan maka dapat ditarik kesimpulan : 1. Dapat dirancang sebuah turbin air Mikro Hidro jenis Pelton untuk digunakan sebagai penggerak pada pembangkit listrik di desa Kali kecamatan Pineleng. 2. Dengan head efektif 12 m dan debit air 0,06 m³ /s dapat dihasilkan daya 4,0 kW, dan diperoleh dimensi-dimensi utama turbin : - Diameter lingkaran tusuk = 202 mm - Diameter jet optimal = 71 mm dengan 1 nosel - Diameter luar runner = 380,8 mm - Jumlah mangkuk = 19 buah - Diameter poros = 45 mm.

Asrori dan Yudyanato Eko,2018 melakukan penelitian yang berjudul “Perencanaan Turbin Air Kapasitas 2 x 1 MW di PLTM Cianten 1 Kabupaten Bogor” Perencanaan turbin didasarkan atas beberapa aspek; (1) Aspek ekonomis yaitu dalam mendesain turbin harus memperhatikan biaya transportasi dan biaya pembangunan power house. (2) Aspek teknik yaitu turbin yang dirancang harus mempunyai parameter sebagai berikut; efisiensi turbin yang paling optimal, performansi dan stabilitas operasi pembangkit yang tinggi, material turbin dan perlengkapannya berstandar internasional, Low and easy maintenance, serta lifetime yang panjang. (3) Aspek produksi yaitu ketersediaan turbin dan perlengkapannya di pasaran (pabrikasi). (4) Rule of thumb yaitu aturan praktis dalam perencanaan yang didasarkan atas pengalaman empiris di lapangan. (5) Hasil-hasil penelitian terbaru dan teknologi terbaru mengenai turbin. Spesifikasi turbin yang digunakan di PLTM C-1 ini adalah sebagai berikut : 2 unit horisontal francis, kapasitas = 1000 kW (1 MW) per unit, putaran (n)= 600 rpm, efisiensi turbin (η_T)= 0,92, putaran spesifik (n_s)= 298,6 rpm (M-kW), runaway speed= 1219 rpm, diameter runner (D3) = 0,769 m, berat runner (WR)= 294,05 kg, berat total turbin (WT)= 3060,37 kg. Stabilitas operasi turbin dinyatakan aman, dimana nilai speed rise dan pressure rise adalah masing-masing berkisar 44,39% dan 19,39 %. Sedangkan nilai Weighted Average Efficiency adalah sebesar 88,67 %.

2.2 Turbin Pelton

Turbin Pelton merupakan suatu jenis turbin yang mengandalkan suatu reaksi impuls dari suatu daya yang dihasilkan dari daya *hidrolisis*. Semakin tinggi *head* yang dimiliki maka semakin baik untuk turbin jenis ini. Pada turbin pelton putaran terjadi akibat pembelokan pada mangkok ganda *Runner* oleh sebab itu turbin pelton disebut juga sebagai turbin pancaran bebas.



Gambar 2.1 Turbin Pelton

Turbin Pelton merupakan pengembangan dari turbin implus yang di temukan oleh S.N Knight pada tahun 1872 dan N.J. Colena pada tahun 1873 dengan memasang mangkok-mangkok pada roda turbin. Setelah itu turbin impuls dikembangkan oleh orang Amerika Laster G. Pelton pada tahun 1880 yang melakukan perbaikan dengan penerapan mangkok ganda simetris, punggung membelah membagi jet menjadi dua paruh yang sama yang dibalikan menyamping (Aida Syarif dkk, 2019).

2.3 Prinsip Kerja Turbin Pelton

Prinsip kerjanya mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik dalam bentuk pancaran air. Pancaran air yang keluar dari mulut nozel diterima oleh mangkok-mangkok pada roda jalan sehingga roda jalan berputar. Dari putaran inilah menghasilkan energi mekanik yang memutar poros generator sehingga menghasilkan energi listrik.

2.4 Jenis-Jenis turbin pelton

Ada beberapa jenis turbin pelton menurut posisi turbinnya (Anjar Susatyo, Lukman Hakim,2003) yaitu :

2.4.1 Turbin Poros Horizontal

Turbin ini digunakan untuk head kecil hingga menengah. Makin banyak aliran air yang dibagi dalam arti makin banyak nosel yang digunakan, makin bisa dipertinggi pula pemilihan kecepatan turbin. Sedangkan makin cepat putaran turbin makin murah harga generatornya. Untuk dapat menghasilkan daya yang sama 1 group turbin dengan 2 roda akan lebih murah daripada dengan dua buah turbin yang masing-masing dengan satu buah roda.

2.4.2 Turbin Poros Vertikal

Dengan bertambahnya daya yang harus dihasilkan turbin, maka untuk turbin pelton dilengkapi dengan 4 s/d 6 buah nosel. Sedangkan penggunaan 1 atau 2 buah pipa saluran air utama tergantung kepada keadaan tempat dan biaya pengadaannya.

2.5 Komponen Utama Turbin Pelton

Pada dasarnya turbin pelton terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: runner, nosel, rumah turbin. Turbin ini juga dilengkapi oleh transmisi, bantalan, dan bagian kelistrikan.

2.5.1 Runner

Runner turbin pelton pada dasarnya terdiri atas piringan dan sejumlah mangkok atau bucket yang terpasang di sekelilingnya. Piringan terpasang pada poros dengan sambungan pasak dan stopper.



Gambar 2.2 Runner

2.5.2 Bucket

Bucket pelton atau biasa disebut sudu yang berbentuk dua buah mangkok. *Bucket* berfungsi membagi pancaran menjadi 2 bagian. Gaya pada bucket 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 gayaimpuls.



Gambar 2.3 Bucket

2.5.3 Poros

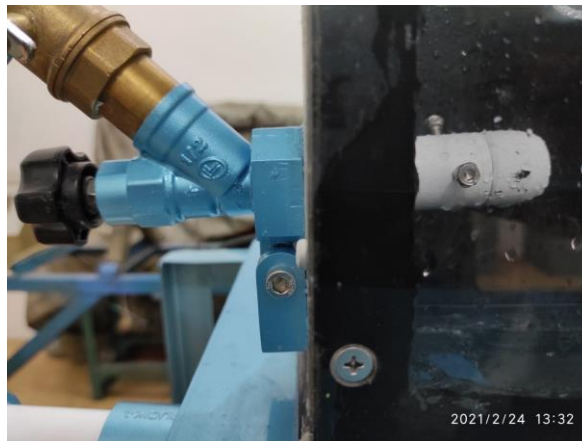
Poros merupakan penerus putaran yang terjadi pada runner. Poros di sambungkan ke runner menggunakan pasak. Putaran poros diteruskan ke transmisi sabuk, yang kemudian menuju ke poros generator.



Gambar 2.4 Poros

2.5.4 Nosel

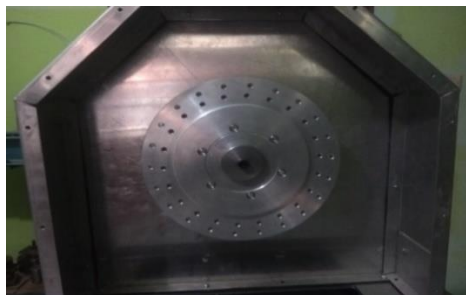
Nosel merupakan bagian dari turbin yang sangat penting, yang berfungsi sebagai pemancar aliran air untuk menyemprot ke arah sudu-sudu turbin. Kecepatan air meningkat disebabkan oleh nosel. Air yang keluar dari nosel yang mempunyai kecepatan tinggi akan membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum.



Gambar 2.6 Nosel

2.5.5 Rumah Turbin

Rumah turbin berfungsi sebagai tempat nosel terpasang, serta berfungsi membelokkan air agar keluar secara teratur. Rumah turbin juga berfungsi untuk melindungi runner dari gangguan luar contohnya kotoran, dancuaca.



Gambar 2.7 Rumah Turbin

2.5.6 *belt timing*

belt timing adalah penerus putaran dari poros turbin keporos selanjutnya (generator). *Pulley* juga dapat berfungsi untuk menaikkan putaran. *Pully* biasa disebut transmisi sabuk. Sabuk terbuat dari karet dan mempunyai penampangtrapesium.



Gambar 2.8 *Pulley*

2.5.7 Bantalan (*bearing*)

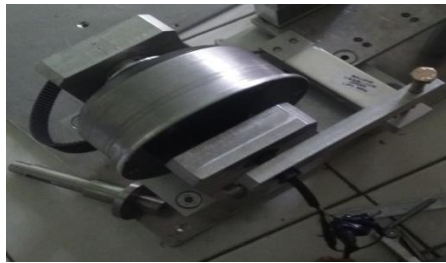
Bantalan merupakan bagian penting dari turbin, alat ini berfungsi sebagai penopang dari poros turbin. Putaran dari poros turbin dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros bekerja dengan baik.



Gambar 2.9 Bantalan

2.5.8 Genenerator

Turbin pelton mikrohidro dapat digunakan untuk menggerakkan generator listrik. Untuk itu perlu adanya komponen tambahan yang disebut generator. Generator berfungsi mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak-balik. Generator arus bolak-balik sering disebut juga sebagai alternator, generator AC (alternating current), atau generator sinkron. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator



Gambar 2.10 kelistikan

Besarnya arus yang dihasilkan oleh motor induksi tergantung pada besarnya putaran alternator dan kekuatan medan magnet. Alternator menghasilkan listrik dengan prinsip yang sama pada generator DC, yakni adanya arus pengumpan yang disebut arus eksitasi saat terjadi medan magnet disekitar kumparan. Dari alternator dapat diukur arus (I) dan tegangan keluaran (V) yang kemudian

digunakan untuk menentukan besarnya daya yang dihasilkan. Generator memiliki 3 bagian yang penting, yaitu :

1) Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar yang 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 puli. Rotor berfungsi menghasilkan medan magnet yang menginduksikan ke stator.

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).

3) Dioda

Dioda mengkonversi arus bolak-balik yang dihasilkan oleh pasangan rotor dan stator menjadi arus searah.

2.6. Perancangan Turbin Pelton

A. Perhitungan Daya yang tersedia

Dari kapasitas air dan tinggi air jatuh dapat diperoleh daya yang dihasilkan turbin yaitu (Dietzel, 1996, hal. 2) :

$$P_{in} = V \cdot \rho \cdot g \cdot H \dots \dots \dots 2.1$$

Dengan :

P = Daya yang tersedia (watt)

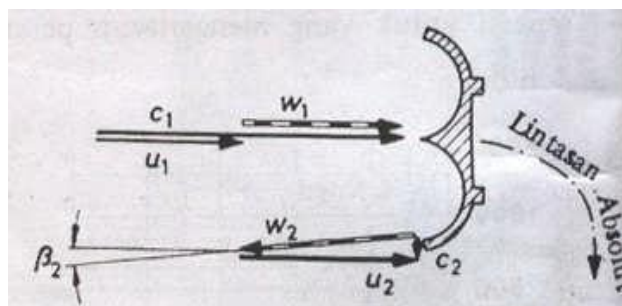
ρ = Massa jenis air (Kg/m³)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

V = Debit air (m³/s)

H = Tinggi air jatuh (m)

Pada turbin tekanan sama (turbin impuls) agar mendapatkan randemen yang baik harus mempunyai hubungan antara kecepatan pancar air c dan kecepatan tangensial u . Bagan kecepatan turbin pelton :



Gambar 2.11 Bagan Kecepatan Turbin Pelton

(Sumber : Dietzel, 1993, hal. 25)

Kecepatan pancar air (c_1)

$$A = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \dots \dots \dots 2.1$$

Kecepatan Tangensial (u)

$$u = \frac{C_1}{2} \dots \dots \dots 2.1$$

B.Nosel

Menghitung luas permukaan pancar air (A)

$$A = \frac{V}{C_1} \dots \dots \dots 2.1$$

Sehingga diameter pancaran air (d)

$$d = 0,54 \cdot \sqrt{\frac{V}{\sqrt{H}}} \dots \dots \dots 2.$$

B.Dimensi Turbin

– Kecepatan spesifik (n_q)

Kecepatan spesifik merupakan suatu besaran yang penting dalam perencanaan turbin, karena digunakan untuk memilih kecepatan putar turbin.

Kecepatan spesifik (n_q) untuk satu nosel dapat dicari dengan rumus :

$$n_q = n \cdot \sqrt{\frac{V}{H \cdot 0,75}} \dots \dots \dots 2.1$$

Dengan :

n = Kecepatan Putaran Turbin (rpm)

V = Kapasitas Aliran (m^3/s)

H = Tinggi jatuh air (m)

– Diameter Lingkaran Tusuk (D)

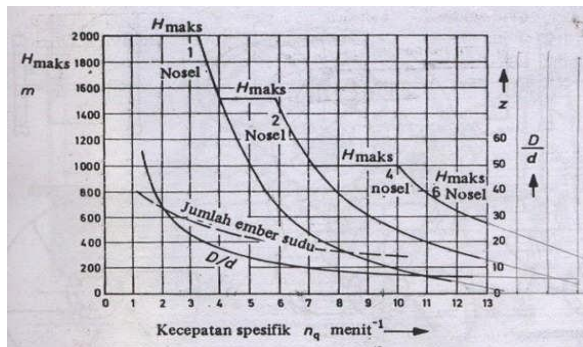
Setelah menentukan kecepatan spesifik didapatkan kecepatan putar turbin.

Diameter piringan rata-rata dapat ditentukan sebagai berikut:

$$D = \frac{60 \cdot u}{\pi \cdot n} \dots \dots \dots 2.1$$

– Perbandingan D/d

Dari perhitungan diameter piringan (disk) rata-rata (D) dan diameter pancar air (d) didapatkan perbandingan D/d . D/d perhitungan dibandingkan D/d pada grafik sehingga dapat diketahui apakah perbandingan D/d memenuhi syarat atau tidak. Dari perbandingan D/d tersebut maka jumlah sudu (z) dapat ditentukan.

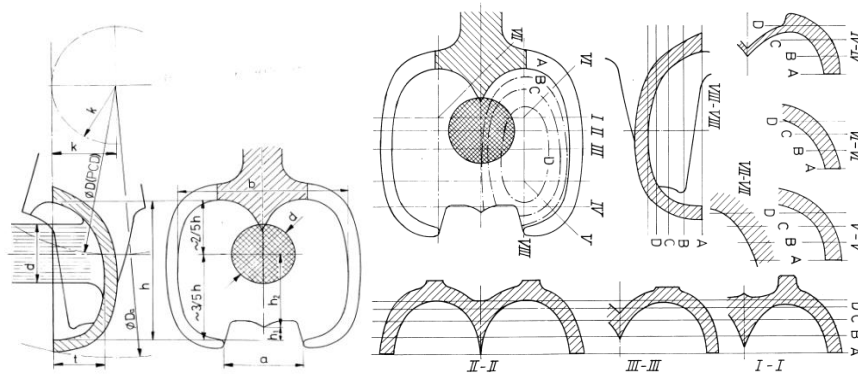


Gambar 2.12 Harga standar untuk perencanaan turbin pelton.

(Sumber: Dietzel, 1993, hal 28)

-Dimensi Sudu

Dimensi sudu di tentukan berdasarkan gambar 2.8 :



Gambar 2.13 Desain Sudu(Markus Enslering, 1991, hal 21,22)

Dimensi sudu dinyatakan dalam persen PCD perbandingan dengan diameter.

Lebar sudu ditentukan sebesar :

$$0,34. D \dots \dots \dots 2.1$$

Panjang sudu ditentukan sebesar :

$$0,38. D \dots \dots \dots 2.1$$

Tinggi sudu ditentukan sebesar :

$$0,12. D \dots \dots \dots 2.1$$

B.Poros

Diameter poros dihitung dengan persamaan (Sularso , 2004) sebagai berikut :

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \frac{Pd}{n} \dots \dots \dots 2.1$$

$$ta = \frac{\sigma B}{(Sf1.Sf2)} \dots \dots \dots 2.1$$

$$ds = \left[\frac{5,1}{\tau\alpha} \cdot Kt \cdot Cb \cdot T \right]^{\frac{1}{3}} \dots \dots \dots 2.1$$

Dengan :

- Ds = Diameter minimal poros (mm)
- P = Daya yang ditransmisikan (kW)
- Fc = Faktor koreksi (Sularso,2004,hal.7)
- n = Putaran poros (rpm)
- Pd = $f_c \times P$ (kW)
- T = Momen puntir rencana(kg.mm)
- $\tau\alpha$ = Tegangan geser yang terjadi
- σ_B = Kekuatan tarik bahan (kg/mm²)
- $Sf1$ dan $Sf2$ = Faktor keamanan
- Cb = Faktor Cb nilainya 1,2 sampai 2,3. Jika diperkirakan tidak terjadi pembebanan lentur maka $Cb = 1$.
- Kt = Faktor Kt dipilih 1,0 jika beban dikenakan secara halus 1,0 – 1,5 jika dikenakan sedikit beban kejutan atau tumbukan, dan 1,5 – 3,0 jika beban kejutan atau tumbukan besar.

Tabel 2.2. Faktor – factor koreksi daya yang akan ditransmisikan f_c

Daya yang akan ditransmisikan	f_c
Daya rata - rata yang diperlukan	1,2 - 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 - 1,2
Daya normal	1,0 - 1,5

B.Kecepatan pancarair

Untuk mengetahui kecepatan pancar air dari setiap nosel, dapat dihitung dengan persamaan.

$$v = \frac{V}{A} \dots\dots\dots 2.1$$

Dengan :

v = Kecepatan pancar air (m/s)

V = Debit (m³/s)

A = Luas penampang nosel (mm²)

b. Daya yang dihasilkan turbin

$$P_{out} = V \cdot I \dots\dots\dots 2.15$$

dengan :

P_{out} = Daya yang dihasilkan turbin (Watt)

V = Tegangan(Volt)

I = Arus (Ampere)

c. Efisiensi Turbin

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100\% \dots\dots\dots 2.16$$

dengan :

η = Efisiensi yang dihasilkan turbin (%)

P_{out} = Daya yang di hasilkan turbin (Watt)

P_{in} = Daya yang tersedia (Watt)

BAB 3 METODOLOGI 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

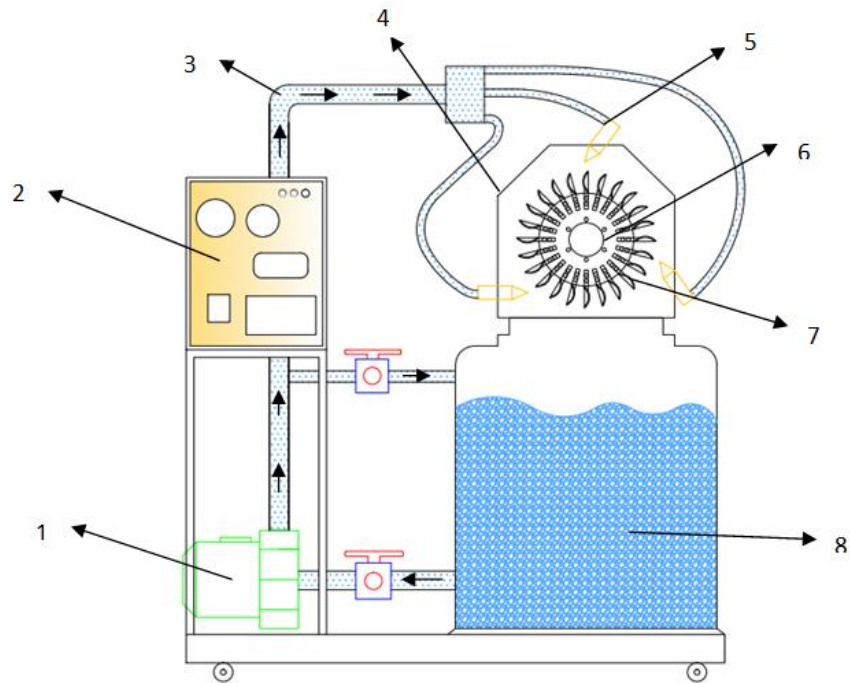
Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan pengujian dilakukan sejak tanggal usulan oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara seperti yang tertera pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		November 2021	Desember 2021	Januari 2022	Februari 2022	Maret 2022	Mei 2022
1	Study Literatur						
2	Desain Dan Pembuatan Alat Uji						
3	Pengujian Dan Pengambilan Data						
4	Analisa Data						
5	Seminar Hasil						
6	Sidang Sarjana						

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat yang Digunakan



Gambar 3.1 Sekema Turbin Pelton

1) Motor pompa

Motor pompa air *Dabaqua* Model 401A digunakan sebagai sumber tenaga yang digunakan untuk menyembrotkan air kesudu turbin dengan Spesifikasi sebagai berikut :

Model 401A	
Tegangan	= 380 v
Frekuensi	= 50 Hz
Daya Keluaran	= 430 Watt
Kapasitas Maksimum	= 600 L/Min
Daya Masuk	= 1050 Watt
Tinggi Hisap	= 8 m
Tinggi Dorongan	= 13,5 m
Tinggi Total Maks	= 21,5 m

2) *Box Panel*

Box Panel adalah tempat menyalurkan dan mendistribusikan energi listrik dari panel daya ke beban (konsumen) baik untuk instalasi tenaga maupun untuk instalasi penerangan, untuk mengatur frekuensi pompa karena terdapat *inverter* frekuensi didalam box panel dan juga terdapat LCD (*Liquid Cristal Display*) untuk pembacaan hasil pengujian yang didapat dari sensor.

3) Pipa PVC

Pipa PVC digunakan untuk mengalirkan bahan fluida seperti air dari satu tempat ke tempat tertentu.

4) Rumah Turbin

Rumah Turbin berfungsi sebagai tempat dudukan komponen-komponen dari turbin, serta berfungsi membelokkan air agar keluar secara teratur. Rumah turbin juga berfungsi untuk melindungi *runner* dari gangguan luar contohnya kotoran dan cuaca.

5) *Nozzle*

Nozzle atau Nosel merupakan bagian dari turbin yang sangat penting, yang berfungsi sebagai pemancar aliran air untuk menyemprot kearah sudu-sudu turbin. Kecepatan air meningkat disebabkan oleh nosel. Air yang keluar dari nosel yang mempunyai kecepatan tinggi akan membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum.

6) *Runner*

Runner berfungsi untuk merubah energi potensial fluida menjadi energi mekanik, *Runner* atau biasa disebut *disk*, adalah bagian dari *runner*. Bahan *disk* yang baik digunakan adalah bahan yang kuat, dan diusahakan seringan mungkin. Piringan berfungsi sebagai tempat *bucket* dipasang.

7) *Bucket/sudu*

Bucket pelton atau biasa disebut *sudu* yang berbentuk dua buah mangkok. *Bucket* berfungsi membagi pancaran menjadi 2 bagian. Gaya pada *bucket* 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.

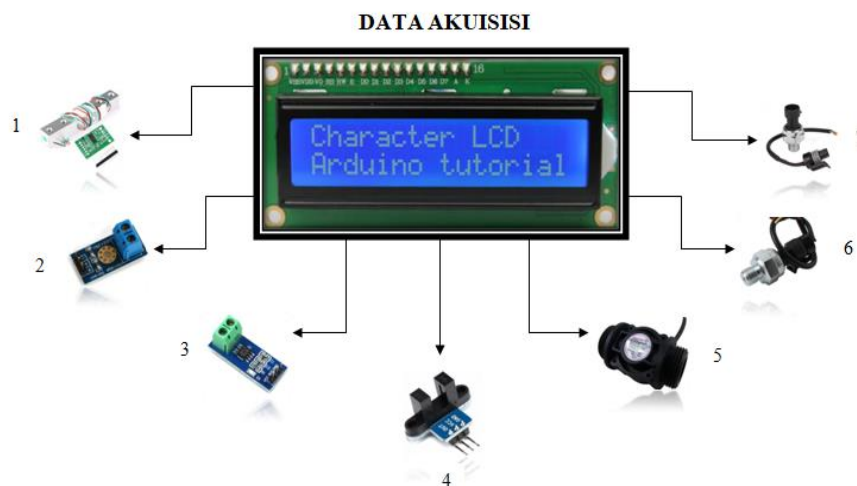
8) *Reservoir*

Fungsi *reservoir* sangat sederhana, yaitu sebagai media atau wadah penyimpanan air dengan kapasitas besar maupun kecil.

9) *Inverter*

Fungsi utama inverter adalah untuk mengubah daya arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik standar (AC).

Adapun sensor yang digunakan untuk mendeteksi hasil yang kemudian ditampilkan pada LCD (*Liquid Cristal Display*), yaitu:



Gambar 3.2 Data Akuisisi

1) Sensor *Load cell*

Sensor *load cell* adalah jenis sensor beban yang banyak digunakan untuk mengubah beban atau gaya menjadi perubahan tegangan listrik.

2) Sensor Tegangan

Sensor tegangan berfungsi membaca nilai tegangan suatu rangkaian. Arduino dapat membaca nilai tegangan dengan memanfaatkan pin analog.

3) Sensor Arus

Sensor arus adalah perangkat yang mendeteksi arus listrik di kawat, dan menghasilkan sinyal sebanding dengan itu.

4) Sensor Kecepatan

Sensor kecepatan putaran dengan basis mikrokontroller Arduino adalah alat yang dirancang sebagai sensor putaran yang keluarannya adalah tegangan yang merepresentasikan dari jumlah putaran yang dinyatakan dalam rpm (Rotasi per Menit).

5) Sensor *Flow Meter*

Sensor *flow meter* adalah alat yang digunakan untuk menentukan keberadaan bahan aliran (cair, gas, bubuk) dalam jalur aliran, dengan semua aspek aliran itu sendiri, termasuk kecepatan atau laju aliran dan massa atau total volume material yang mengalir dalam lorong.

6) Sensor *Discharge*

Sensor *discharge* merupakan sebuah alat yang mampu mengukur suatu tekanan dengan cara mengubah tegangan mekanis menjadi sinyal listrik.

7) Sensor *Suction*

Sensor *suction* adalah untuk menghitung ketinggian vertikal dari fluida yang turun karena gravitasi *inlet* pompa.

Adapun alat parameter pendukung yang digunakan adalah :

a. *Tachometer*

Tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran pada poros engkel piringan motor atau mesin lainnya. Ada 3 fungsi yang bisa dipilih pada *switch tachometer*, yaitu rpm (*resolution per minute*) untuk menghitung jarak yang ditempuh seperti yang terlihat pada gambar dibawah:



Gambar 3.3 Tachometer

3.2. Bahan Yang Digunakan:

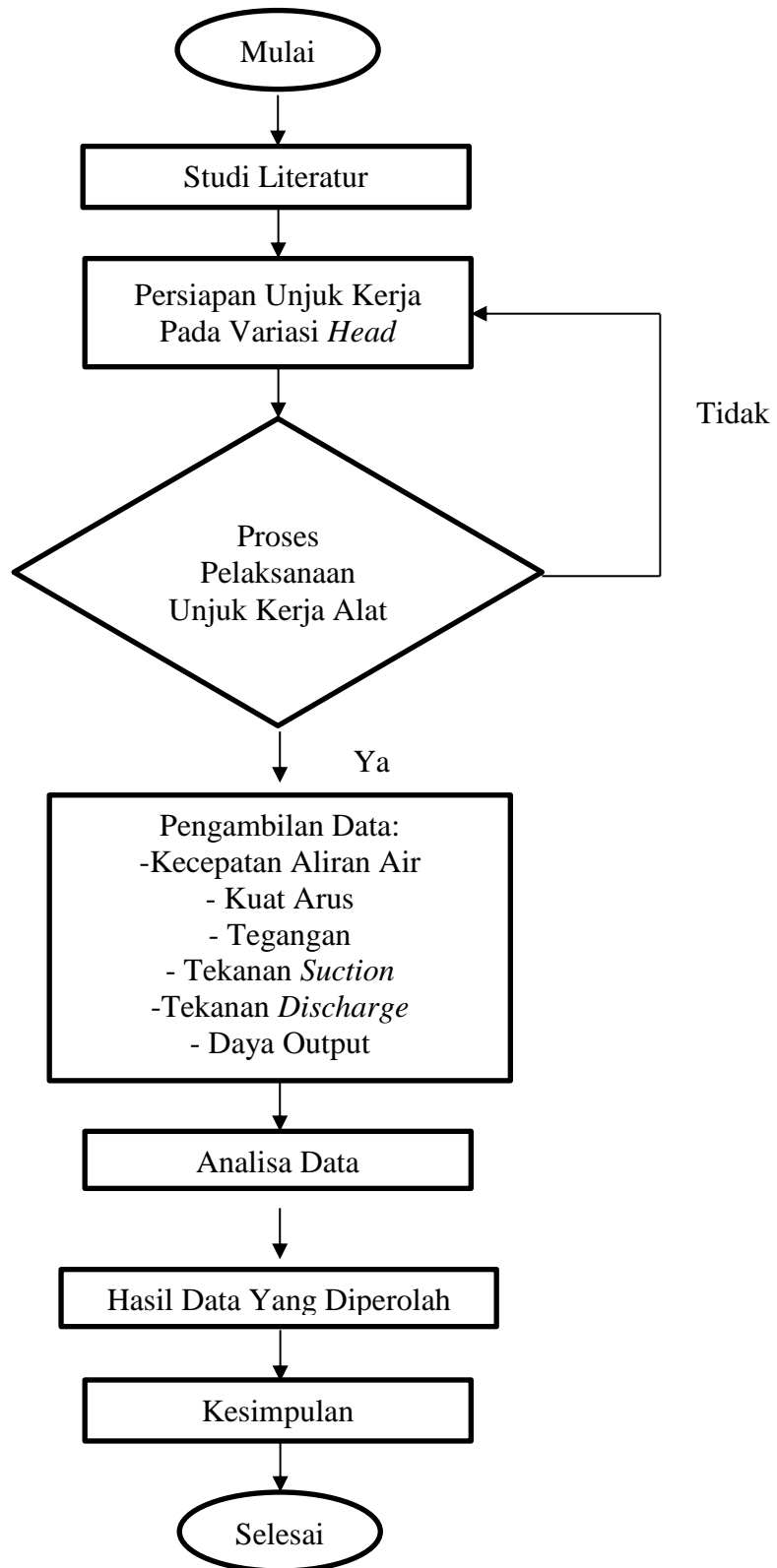
A. Air

Air digunakan untuk memutar sudu turbin saat disemprotkan oleh *nozzle*. Berikut dibawah ini gambar 3.11 Air.



Gambar 3.4 Air

3.3 Bagan Alir



Gambar 3.5 Bagan Alir

3.4 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan pada penelitian Turbin Pelton dengan mengatur variasi *Head*.

1. Memeriksa instalasi Turbin Pelton.
2. Mengisi air kedalam drum air hingga terisi berkisar $\frac{3}{4}$ volume drum.
3. Tutup Rumah Turbin.
4. Sambungkan cok listrik turbin pelton ke sumber listrik 3 fasa.
5. Dinyalakan MCB, *Inverter* Frekuensi dan LCD.
6. Jalankan program Arduino yang sudah diprogram melalui laptop, kemudian dihubungkan ke LCD.
7. Mengatur *head* menggunakan *Inverter* frekuensi sebesar 8,6 m (40 Hz), dan pastikan *Inverter* DC to AC pada keadaan *ON* untuk data dengan beban.
8. Saat *runner* Turbin sudah berputar, lihat data beban, kecepatan alir, kuat arus, tegangan, tekanan *suction*, tekanan *discharge* yang tertera pada LCD kemudian dicatat data tersebut.
9. Melihat kecepatan putaran generator dengan menggunakan *tachometer digital* yang dihubungkan pada poros generator, kemudian dicatat kecepatan putaran tersebut.
10. Melihat daya *output* pada LCD, lalu lihat lampu yang menyala pada saat pengujian, kemudian dicatat data tersebut.
11. Ulangi langkah 1 – 4 dengan mengatur *head* menggunakan *inverter* frekuensi sebesar 8,3 m (44 Hz) dan 8,1 m (48 Hz) untuk mendapatkan data selanjutnya.
12. Mengatur kembali frekuensi ke 0 Hz, kemudian *OFF*-kan *Inverter* DC to AC.
13. Di *OFF*-kan alat pengukuran, *OFF*-kan MCB, lepas cok listrik turbin pelton dari sumber listrik 3 fasa. Buka rumah turbin kemudian di buang air dari dalam drum air. Lalu disimpan kembali peralatan.
14. Mengolah data penelitian yang didapatkan.
15. Menganalisa data penelitian untuk mengetahui hubungan antara variabel yang telah ditentukan.

16. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan

3.5 Job Sheat

Tabel 3.2 *Job sheet* Variabel Penelitian

Variasi						
No.	Frekuensi (Hz)	Percobaan Ke	Jumlah Sudu	Diameter <i>runner</i> (mm)	Sudut Sudu (°)	Jumlah <i>Nozzle</i>
1.	40	1	24	266	0°	3
		2	24	266	0°	3
		3	24	266	0°	3
2.	45	1	24	266	0°	3
		2	24	266	0°	3
		3	24	266	0°	3
3.	50	1	24	266	0°	3
		2	24	266	0°	3
		3	24	266	0°	3

Tabel 3.3 *Job sheet* Penelitian Dengan Beban Lampu

No.	Variasi Frekuensi (Hz)	Percobaan Ke	Putaran (Rpm)	Beban (Kg)	Kecepatan Alir Air (Lpm)	Kuat Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Tekanan Suction (Psi)	Tekanan Discharge (Psi)	Output (Watt)
1.	40	1								
		2								
		3								
2.	45	1								
		2								
		3								
3.	50	1								
		2								
		3								

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perolehan Data

Perolehan data hasil percobaan turbin pelton diambil dari pembacaan pada LCD dengan hasil yang didapat sebagai berikut: Tegangan dan kuat arus yang dihasilkan oleh putaran generator dengan menggunakan sensor tegangan dan kuat arus pada arduino. Kecepatan aliran air dengan menggunakan sensor *flowmeter*. Putaran turbin dan beban pada putaran dengan menggunakan sensor beban (*load cell*). Dan tekanan *suction* dan tekanan *discharge* dengan menggunakan sensor tekanan *suction* dan sensor tekanan *discharge* pada *box panel*.

Dari data-data yang telah terkumpul melalui percobaan, maka semua data-data yang telah didapatkan akan dirangkum kedalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Penelitian Dengan Beban Lampu

No.	Variasi Frekuensi (Hz)	Percobaan Ke	Putaran (Rpm)	Beban (Kg)	Kecepatan Alir Air (Lpm)	Kuat Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Tekanan Suction (Psi)	Tekanan Discharge (Psi)	Output (Watt)
1	40	1	369,3	0,38	31	0,553	20,64	1,97	14,28	7,65
		2	369,1	0,38	31	0,550	20,64	1,97	14,28	7,61
		3	369,1	0,37	31	0,551	20,63	1,97	14,27	7,61
2.	45	1	365,4	0,62	34	1,321	19,42	2,42	14,36	19,63
		2	365,4	0,61	34	1,321	19,40	2,40	14,35	19,60
		3	365,3	0,62	34	1,321	19,41	2,42	14,36	19,63
3.	50	1	365,0	0,79	37	1,508	20,27	2,79	14,43	29,22
		2	364,8	0,79	37	1,506	20,25	2,79	14,41	29,19
		3	364,7	0,78	37	1,507	20,27	2,78	14,42	29,20

4.2 Analisa Data

Untuk mengetahui nilai unjuk kerja yang dihasilkan dari masing-masing variasi yang dilakukan maka diperlukan perhitungan dengan menggunakan rumus-rumus yang ada, data yang digunakan untuk perhitungan adalah data yang ada pada masing-masing variasi percobaan ke 1, 2 dan 3. Berikut merupakan analisa data:

4.2.1 Meter Kolom Air

Untuk mendapatkan nilai Meter Kolom Air, kita dapat menggunakan rumus seperti berikut:

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

1. Melakukan Perhitungan pada data percobaan menggunakan frekuensi pompa 40 Hz yang diujikan:

a. Percobaan Ke 1

$$\begin{aligned} H &= (P_d - P_s) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\ &= (14,28 \text{ Psi} - 1,97 \text{ Psi}) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\ &= 8,654 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Percobaan Ke 2

$$\begin{aligned} H &= (P_d - P_s) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\ &= (14,27 \text{ Psi} - 1,97 \text{ Psi}) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\ &= 8,654 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Percobaan Ke 3

$$\begin{aligned} H &= (P_d - P_s) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\ &= (14,27 \text{ Psi} - 1,97 \text{ Psi}) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\ &= 8,647 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Head_{rata-rata} \text{ 40 Hz} = \frac{(8,654 + 8,654 + 8,647) \text{ m}}{3} = 8,652 \text{ m}$$

2. Melakukan Perhitungan pada data percobaan menggunakan frekuensi pompa 45 Hz yang diujikan:

a. Percobaan Ke 1

$$\begin{aligned} H &= (P_d - P_s) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\ &= (14,36 \text{ Psi} - 2,42 \text{ Psi}) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\ &= 8,394 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Percobaan Ke 2

$$\begin{aligned}
 H &= (P_d - P_s) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\
 &= (14,35 \text{ Psi} - 2,40 \text{ Psi}) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\
 &= 8,401 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c. Percobaan Ke 3

$$\begin{aligned}
 H &= (P_d - P_s) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\
 &= (14,36 \text{ Psi} - 2,42 \text{ Psi}) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\
 &= 8,394 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Head}_{\text{rata-rata } 45 \text{ Hz}} = \frac{(8,394 + 8,401 + 8,394) \text{ m}}{3} = 8,396 \text{ m}$$

3. Melakukan Perhitungan pada data percobaan menggunakan frekuensi pompa 50 Hz yang diujikan:

a. Percobaan Ke 1

$$\begin{aligned}
 H &= (P_d - P_s) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\
 &= (14,43 \text{ Psi} - 2,79 \text{ Psi}) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\
 &= 8,183 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Percobaan Ke 2

$$\begin{aligned}
 H &= (P_d - P_s) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\
 &= (14,41 \text{ Psi} - 2,79 \text{ Psi}) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\
 &= 8,169 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c. Percobaan Ke 3

$$\begin{aligned}
 H &= (P_d - P_s) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\
 &= (14,42 \text{ Psi} - 2,78 \text{ Psi}) \times \frac{0,703 \text{ m}}{1 \text{ Psi}} \\
 &= 8,183 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$Head_{rata-rata} 50 \text{ Hz} = \frac{(8,183+8,169+8,183) \text{ m}}{3} = 8,178 \text{ m}$$

4.2.2 Daya Teori Turbin

Untuk mendapatkan nilai Daya Teori Turbin, kita dapat menggunakan rumus seperti berikut.

$$P = V \cdot H \cdot \rho \cdot g$$

Air yang digunakan adalah air dengan suhu ruangan yaitu 30 °C maka massa jenis air ρ adalah 996 Kg/m³.

1. Melakukan Perhitungan pada data percobaan menggunakan Head_{rata-rata} 8,652 m yang diujikan:

a. Percobaan Ke 1

$$\begin{aligned} P &= V \cdot H \cdot \rho \cdot g \\ &= 31 \text{ L/min} \cdot 8,654 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= (31 \text{ L/min} \cdot \frac{0,0000167 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ L/min}}) \cdot 8,654 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 0,000517 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 8,654 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 43,774 \text{ Nm/s} \\ &= 43,774 \text{ Watt} \end{aligned}$$

b. Percobaan Ke 2

$$\begin{aligned} P &= V \cdot H \cdot \rho \cdot g \\ &= 31 \text{ L/min} \cdot 8,654 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= (31 \text{ L/min} \cdot \frac{0,0000167 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ L/min}}) \cdot 8,654 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 0,000517 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 8,654 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 43,774 \text{ Nm/s} \\ &= 43,774 \text{ Watt} \end{aligned}$$

c. Percobaan Ke 3

$$\begin{aligned} P &= V \cdot H \cdot \rho \cdot g \\ &= 31 \text{ L/min} \cdot 8,647 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= (31 \text{ L/min} \cdot \frac{0,0000167 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ L/min}}) \cdot 8,647 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,000517 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 8,647 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= 43,739 \text{ Nm/s} \\
&= 43,739 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

2. Melakukan Perhitungan pada data percobaan menggunakan.
Head_{rata-rata} 8,396 m yang diujikan.:

a. Percobaan Ke 1

$$\begin{aligned}
P &= V \cdot H \cdot \rho \cdot g \\
&= 34 \text{ L/min} \cdot 8,394 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= (34 \text{ L/min} \cdot \frac{0,0000167 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ L/min}}) \cdot 8,394 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= 0,000568 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 8,394 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= 46,568 \text{ Nm/s} \\
&= 46,568 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

b. Percobaan Ke 2

$$\begin{aligned}
P &= V \cdot H \cdot \rho \cdot g \\
&= 34 \text{ L/min} \cdot 8,401 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= (34 \text{ L/min} \cdot \frac{0,0000167 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ L/min}}) \cdot 8,400 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= 0,000568 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 8,400 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= 46,607 \text{ Nm/s} \\
&= 46,607 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

c. Percobaan Ke 3

$$\begin{aligned}
P &= V \cdot H \cdot \rho \cdot g \\
&= 34 \text{ L/min} \cdot 8,394 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= (34 \text{ L/min} \cdot \frac{0,0000167 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ L/min}}) \cdot 8,394 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= 0,000568 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 8,394 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= 46,568 \text{ Nm/s} \\
&= 46,568 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

4. Melakukan Perhitungan pada data percobaan menggunakan.
Head_{rata-rata} 8,178 m yang diujikan:

a. Percobaan Ke 1

$$\begin{aligned}
P &= V \cdot H \cdot \rho \cdot g \\
&= 37 \text{ L/min} \cdot 8,183 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= (37 \text{ L/min} \cdot \frac{0,0000167 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ L/min}}) \cdot 8,183 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= 0,000618 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 8,183 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= 49,403 \text{ Nm/s} \\
&= 49,403 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

b. Percobaan Ke 2

$$\begin{aligned}
P &= V \cdot H \cdot \rho \cdot g \\
&= 37 \text{ L/min} \cdot 8,169 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= (37 \text{ L/min} \cdot \frac{0,0000167 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ L/min}}) \cdot 8,169 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= 0,000618 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 8,169 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= 49,318 \text{ Nm/s} \\
&= 49,318 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

c. Percobaan Ke 3

$$\begin{aligned}
P &= V \cdot H \cdot \rho \cdot g \\
&= 37 \text{ L/min} \cdot 8,183 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= (37 \text{ L/min} \cdot \frac{0,0000167 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ L/min}}) \cdot 8,183 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= 0,000618 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 8,183 \text{ m} \cdot 996 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\
&= 49,403 \text{ Nm/s} \\
&= 49,403 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

4.2.3 Rendemen Turbin

Untuk mendapatkan nilai Rendemen Turbin, kita dapat menggunakan rumus seperti berikut:

$$\eta_T = \frac{P_T}{P} \times 100 \%$$

1. Melakukan Perhitungan pada data percobaan menggunakan Head_{rata-rata} 8,652 m yang diujikan:

a. Percobaan Ke 1

$$\begin{aligned}
\eta_T &= \frac{P_T}{P} \times 100\% \\
&= \frac{7,65 \text{ Watt}}{43,774 \text{ Watt}} \times 100 \% \\
&= 17,476 \%
\end{aligned}$$

b. Percobaan Ke 2

$$\begin{aligned}\eta_T &= \frac{P_T}{P} \times 100\% \\ &= \frac{7,61 \text{ Watt}}{43,774 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 17,385 \%\end{aligned}$$

c. Percobaan Ke 3

$$\begin{aligned}\eta_T &= \frac{P_T}{P} \times 100\% \\ &= \frac{7,61 \text{ Watt}}{43,739 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 17,399 \%\end{aligned}$$

2. Melakukan Perhitungan pada data percobaan menggunakan $Head_{rata-rata}$ 8,396 m yang diujikan:

a. Percobaan Ke 1

$$\begin{aligned}\eta_T &= \frac{P_T}{P} \times 100\% \\ &= \frac{19,63 \text{ Watt}}{46,568 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 42,154 \%\end{aligned}$$

b. Percobaan Ke 2

$$\begin{aligned}\eta_T &= \frac{P_T}{P} \times 100\% \\ &= \frac{19,60 \text{ Watt}}{46,607 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 42,054 \%\end{aligned}$$

c. Percobaan Ke 3

$$\begin{aligned}\eta_T &= \frac{P_T}{P} \times 100\% \\ &= \frac{19,63 \text{ Watt}}{46,568 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 42,154 \%\end{aligned}$$

3. Melakukan Perhitungan pada data percobaan menggunakan $Head_{rata-rata}$ 8,178 m yang diujikan:

a. Percobaan Ke 1

$$\begin{aligned}\eta_T &= \frac{P_T}{P} \times 100\% \\ &= \frac{29,22 \text{ Watt}}{49,403 \text{ Watt}} \times 100 \%\end{aligned}$$

$$= 59,146 \%$$

b. Percobaan Ke 2

$$\begin{aligned}\eta_T &= \frac{P_T}{P} \times 100\% \\ &= \frac{29,19 \text{ Watt}}{49,318 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 59,187 \%\end{aligned}$$

c. Percobaan Ke 3

$$\begin{aligned}\eta_T &= \frac{P_T}{P} \times 100\% \\ &= \frac{29,20 \text{ Watt}}{49,403 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 59,106 \%\end{aligned}$$

4.2.4 Daya Listrik *Input*

Untuk mendapatkan nilai Daya Listrik *Input*, kita dapat menggunakan rumus seperti berikut:

$$P_{in} = V_o \cdot I$$

1. Melakukan Perhitungan pada data percobaan menggunakan.

*Head*_{rata-rata} 8,652 m yang diujikan:

a. Percobaan Ke 1

$$\begin{aligned}P_{in} &= V_o \cdot I \\ &= 20,64 \text{ V} \cdot 0,553 \text{ A} \\ &= 11,414 \text{ Watt}\end{aligned}$$

b. Percobaan Ke 2

$$\begin{aligned}P_{in} &= V_o \cdot I \\ &= 20,64 \text{ V} \cdot 0,550 \text{ A} \\ &= 11,352 \text{ Watt}\end{aligned}$$

c. Percobaan Ke 3

$$\begin{aligned}P_{in} &= V_o \cdot I \\ &= 20,63 \text{ V} \cdot 0,551 \text{ A} \\ &= 11,367 \text{ Watt}\end{aligned}$$

2. Melakukan Perhitungan pada data percobaan menggunakan.

*Head*_{rata-rata} 8,396 m yang diujikan:

a. Percobaan Ke 1

$$\begin{aligned}P_{in} &= V_o \cdot I \\ &= 19,42 \text{ V} \cdot 1,321 \text{ A} \\ &= 25,654 \text{ Watt}\end{aligned}$$

b. Percobaan Ke 2

$$\begin{aligned}P_{in} &= V_o \cdot I \\ &= 19,40 \text{ V} \cdot 1,321 \text{ A} \\ &= 25,627 \text{ Watt}\end{aligned}$$

c. Percobaan Ke 3

$$\begin{aligned}P_{in} &= V_o \cdot I \\ &= 19,41 \text{ V} \cdot 1,321 \text{ A} \\ &= 25,641 \text{ Watt}\end{aligned}$$

3. Melakukan Perhitungan pada data percobaan menggunakan.
 $Head_{rata-rata}$ 8,178 m yang diujikan:

a. Percobaan Ke 1

$$\begin{aligned}P_{in} &= V_o \cdot I \\ &= 20,27 \text{ V} \cdot 1,508 \text{ A} \\ &= 30,567 \text{ Watt}\end{aligned}$$

b. Percobaan Ke 2

$$\begin{aligned}P_{in} &= V_o \cdot I \\ &= 20,25 \text{ V} \cdot 1,506 \text{ A} \\ &= 30,497 \text{ Watt}\end{aligned}$$

c. Percobaan Ke 3

$$\begin{aligned}P_{in} &= V_o \cdot I \\ &= 20,27 \text{ V} \cdot 1,507 \text{ A} \\ &= 30,547 \text{ Watt}\end{aligned}$$

4.2.5 Unjuk Kerja Turbin

Untuk mendapatkan nilai Unjuk Kerja Turbin, kita dapat menggunakan rumus seperti berikut:

$$\eta = \frac{P_T}{P_{in}} \times 100 \%$$

1. Melakukan Perhitungan pada data percobaan menggunakan
 $Head_{rata-rata}$ 8,652 m yang diujikan:

a. Percobaan Ke 1

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_T}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{7,65 \text{ Watt}}{11,414 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 67,023 \%\end{aligned}$$

b. Percobaan Ke 2

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_T}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{7,61 \text{ Watt}}{11,352 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 67,037 \%\end{aligned}$$

c. Percobaan Ke 3

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_T}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{7,61 \text{ Watt}}{11,367 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 66,947 \%\end{aligned}$$

2. Melakukan Perhitungan pada data percobaan menggunakan $Head_{rata-rata}$ 8,396 m yang diujikan:

a. Percobaan Ke 1

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_T}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{19,63 \text{ Watt}}{25,654 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 76,519 \%\end{aligned}$$

b. Percobaan Ke 2

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_T}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{19,60 \text{ Watt}}{25,627 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 76,481 \%\end{aligned}$$

c. Percobaan Ke 3

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_T}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{19,63 \text{ Watt}}{25,641 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 76,558 \%\end{aligned}$$

3. Melakukan Perhitungan pada data percobaan menggunakan

$Head_{rata-rata}$ 8,178 m yang diujikan:

a. Percobaan Ke 1

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_T}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{29,22 \text{ Watt}}{30,567 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 95,593 \% \end{aligned}$$

b. Percobaan Ke 2

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_T}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{29,19 \text{ Watt}}{30,496 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 95,716 \% \end{aligned}$$

c. Percobaan Ke 3

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_T}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{29,20 \text{ Watt}}{30,547 \text{ Watt}} \times 100 \% \\ &= 95,591 \% \end{aligned}$$

Setelah melakukan analisa data dengan menggunakan rumus, hasil analisa data tersebut dimasukkan kedalam tabel hasil analisa sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil Analisa Penelitian Dengan Beban Lampu

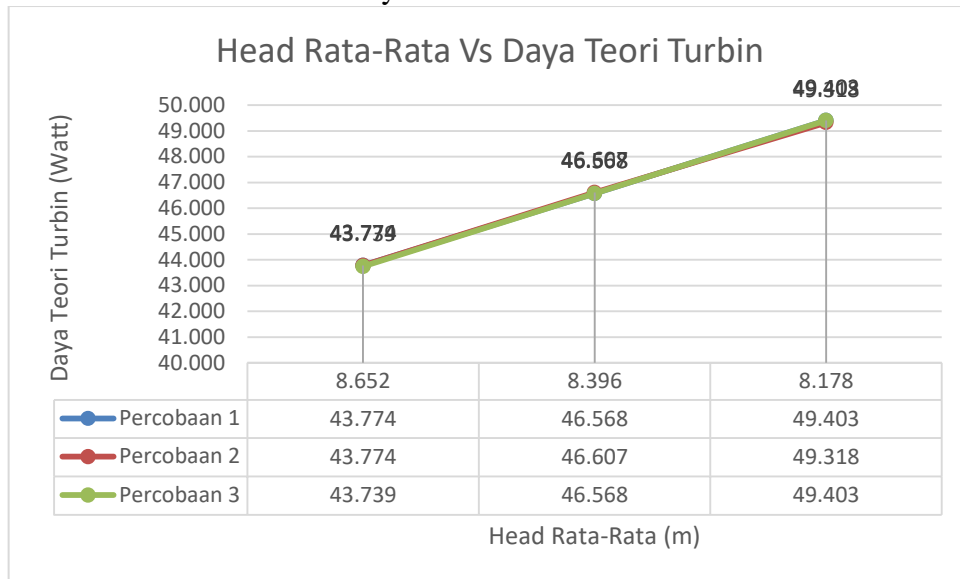
No.	Variasi Frekuensi (Hz)	Meter Kolom Air / Head (m)	Head Rata-Rata (m)	Kecepatan Alir Air (Lpm)	Daya Teori Turbin (Watt)	Rendemen Turbin (%)	Daya Listrik Input (Watt)	Daya Listrik Output (Watt)	Unjuk Kerja Turbin (%)
1.	40	8,654	8,652	31	43,774	17,476	11,414	7,65	67,023
		8,654		31	43,774	17,385	11,352	7,61	67,037
		8,647		31	43,739	17,399	11,367	7,61	66,947
2.	45	8,394	8,396	34	46,568	42,154	25,654	19,63	76,519
		8,401		34	46,607	42,054	25,627	19,60	76,481
		8,394		34	46,568	42,154	25,641	19,63	76,558
3.	50	8,183	8,178	37	49,403	59,146	30,567	29,22	95,593
		8,169		37	49,318	59,187	30,497	29,19	95,716
		8,183		37	49,403	59,106	30,547	29,20	95,591

4.3 Grafik Analisa Data

Setelah dilakukan analisa data dan didapat hasil pada masing-masing variasi yang telah diuji, maka selanjutnya adalah membuat grafik dengan menggunakan $Head$ rata-rata pada masing-masing variasi agar dapat dilihat

pengaruh *Head* terhadap Turbin Pelton Skala Mikro. Grafik dapat dilihat sebagai berikut:

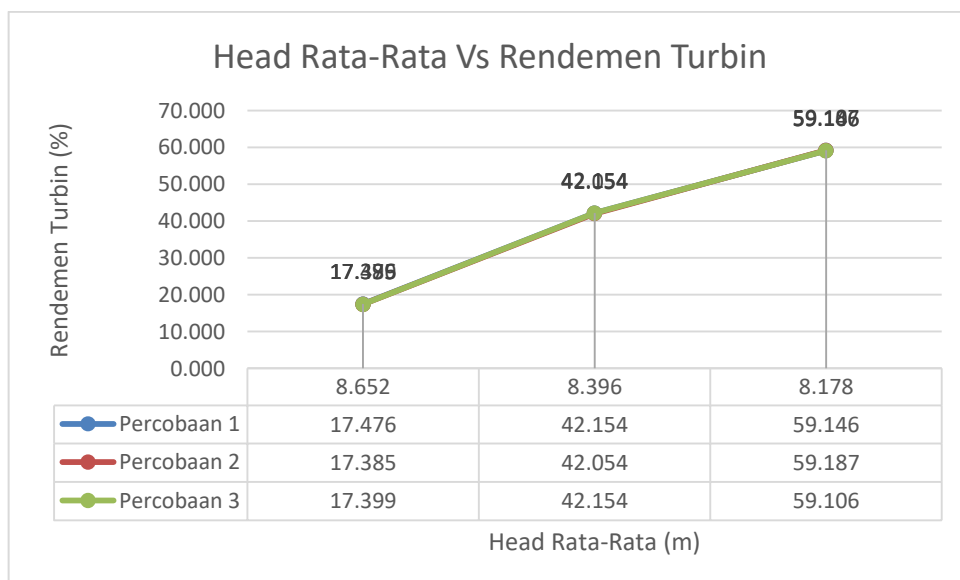
1. Grafik *Head* Rata-Rata Vs Daya Teori Turbin



Gambar 4.1 Grafik *Head* Rata-Rata Vs Daya Teori Turbin

Dari grafik 4.1 dapat dilihat bahwa *head* rata-rata 8,178 m dan kecepatan alir air 37 Lpm pada percobaan 1 dan 3 menghasilkan daya teori yang paling besar yaitu 49,403 Watt dan *head* rata-rata 8,652 m dan kecepatan alir air 31 Lpm pada percobaan 3 menghasilkan daya teori paling kecil yaitu 43,739 Watt.

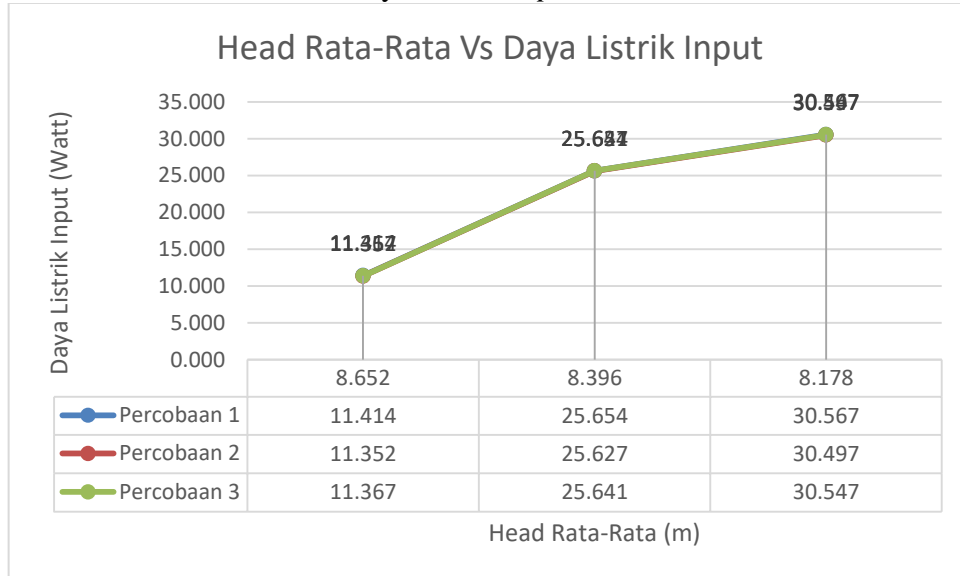
1. Grafik *Head* Rata-Rata Vs Rendemen Turbin



Gambar 4.2 Grafik *Head* Rata-Rata Vs Rendemen Turbin

Dari grafik 4.2 dapat dilihat bahwa *head* rata-rata 8,652 m percobaan 2 menghasilkan rendemen paling kecil yaitu 17,385 %, sementara pada *head* rata-rata 8,178 m percobaan 2 menghasilkan rendemen paling tinggi yaitu 59,187 %.

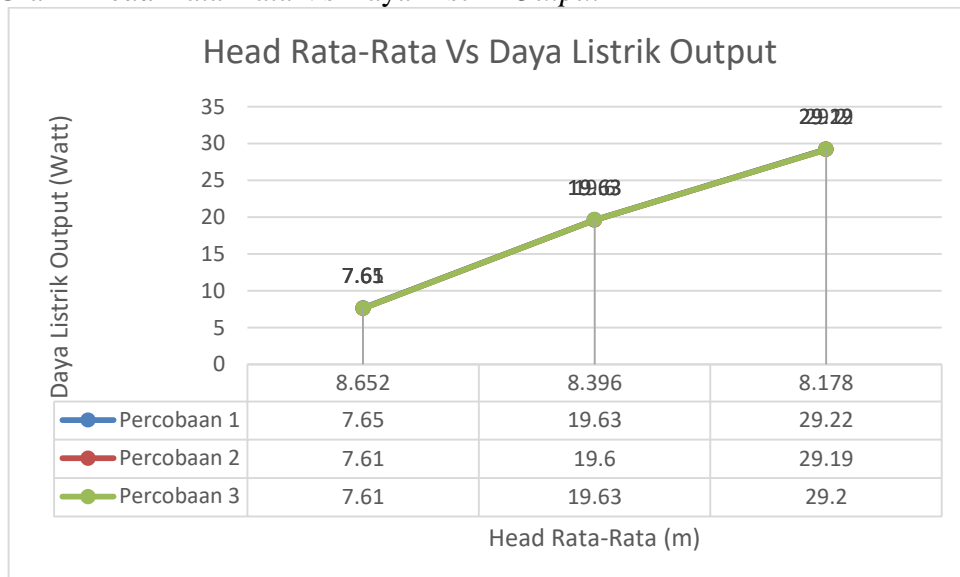
3. Grafik *Head* Rata-Rata Vs Daya Listrik *Input*



Gambar 4.3 Grafik *Head* Rata-Rata Vs Daya Listrik *Input*

Dari Grafik 4.4 dapat dilihat bahwa *Head* rata-rata 8,652 m percobaan 2 dan 3 menghasilkan daya listrik *output* paling kecil yaitu 7,61 Watt, sementara *Head* rata-rata 8,178 m percobaan 1 menghasilkan daya listrik *output* paling besar yaitu 29,22 Watt.

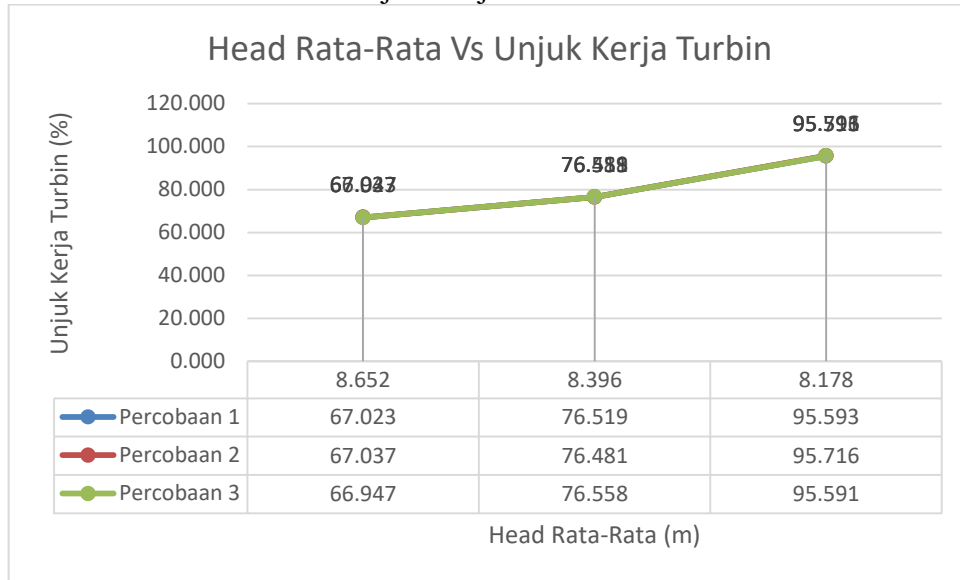
4. Grafik *Head* Rata-Rata Vs Daya Listrik *Output*



Gambar 4.4 Grafik *Head* Rata-Rata Vs Daya Listrik *Output*

Dari Grafik 4.4 dapat dilihat bahwa *Head* rata-rata 8,652 m percobaan 2 dan 3 menghasilkan daya listrik *output* paling kecil yaitu 7,61 Watt, sementara *Head* rata-rata 8,178 m percobaan 1 menghasilkan daya listrik *output* paling besar yaitu 29,22 Watt.

5. Grafik *Head* Rata-Rata Vs Unjuk Kerja Turbin



Gambar 4.5 Grafik *Head* Rata-Rata Vs Unjuk Kerja Turbin

Dari grafik 4.5 dapat dilihat bahwa *Head* rata-rata 8,652 m percobaan 3 menghasilkan unjuk kerja paling kecil yaitu 66,947 %, sementara *Head* rata-rata 8,178 m percobaan 2 menghasilkan unjuk kerja paling besar yaitu 95,716 %.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil yang didapatkan pada Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton dengan 24 sudu dan 3 nozel Berdasarkan variasi Head. yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) hasil Pengujian Yang terbaik adalah pada Frekuensi 45 Hz dengan tanpa beban dapat menghasilkan daya listrik 32.71Watt, Voltage 20.1 V dan Rpm 522.3 Rpm dengan beban lampu 3 buah masing-masing Waat setelah diberi beban maka Voltage Menjadi 18.2 V, Rpm 396.5 Rpm.

- 2) hasil Pengujian Yang Kurang stabil adalah pada Frekuensi 40 Hz dengan tanpa beban dapat menghasilkan daya listrik 17.11 Watt, Voltage 188 V dan Rpm 522.3 Rpm dengan beban lampu 4 buah masing-masing Waat setelah diberi beban maka Voltage Menjadi 18.2 V, Rpm 453.9 Rpm.

- 3) hasil Pengujian Yang Kurang Baik adalah pada Frekuensi 50 Hz dengan tanpa beban dapat menghasilkan daya listrik 44.54 Watt, Voltage 188 V dan Rpm 554.3 Rpm dengan beban lampu 6 buah masing-masing Waat setelah diberi beban maka Voltage Menjadi 18.2 V, Rpm 396.5 Rpm.

5.2 Saran

Adapun saran yang penulis sampaikan kepada pembaca dan peneliti selanjutnya mengenai Turbin Pelton Skala Mikro adalah:

- 1) Pastikan instalasi pada turbin pelton dalam keadaan baik dan bagus terutama pada bagian rumah turbin.
- 2) Selalu teliti pada saat melakukan percobaan dan utamakan selalu kesehatan dan keselamatan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Mafruddin,dkk (2018) *Studi Eksperimental Sudut Nosel Dan Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Cross-flow*.Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro.
- Assauri S, dkk (2016) *Pengaruh Variasi Jumlah Nozzle Terhadap Daya Listrik Yang Dihasilkan Pada Prototype Turbin Pelton*.Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang.
- Yani A, dkk (2018) *Analisis Jumlah Sudu Mangkuk Terhadap Kinerja Turbin Pelton Pada Alat Praktikum Turbin Air*. Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Industri Bontang.
- Syarif A, dkk (2018) *Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Turbin Pelton*. Jurusan Teknik Kimia Program Studi Sarjana Terapan Teknik Energi, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Irawan H, dkk (2018) *Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Bukaannya Katup Dan Beban Lampu Menggunakan Inverter*.Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Poe C Steward, dkk (2013) *Perencanaan Turbin Air Mikro Hidro Jenis Pelton Untuk Pembangkit Listrik Di Desa Kali Kecamatan Pineleng Dengan Head 12 Meter*. Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- SitompulAWibowo, (2011)*Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Turbin Pelton*. Laporan Tugas Akhir . Yogyakarta :Program Studi Teknik Mesin,Universitas Sanata Dharma

LAMPIRAN

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Ricky Ramos Tobing
NPM : 1607230064
Judul Tugas Akhir : Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 24 Sudu Dan 3 Nozel Serta Variasi Head

Dosen Pembanding - I : Chandra A Siregar, ST, MT
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT
Dosen Pembimbing - I : Bakti Suroso, ST, M.Eng

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
- perbaiki diagram alir
- perbaiki prosedur
- buat dokumentasi: perencanaan, pembuatan dan pengujian
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 13 Ramadan 1443 H
14 April 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II

Ahmad Marabdi Siregar
Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT

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

Nama : Ricky Ramos Tobing
NPM : 1607230064
Judul Tugas Akhir : Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 24 Sudu Dan 3 Nozel Serta Variasi Head

Dosen Pembanding - I : Chandra A Siregar, ST, MT
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT
Dosen Pembimbing - I : Bekti Suroso, ST, M.Eng

KEPUTUSAN

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


.....
- Lihat buku tugas akhir
- Abstract
- Bab IV secara keseluruhan
- Bab V
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan, 13 Ramadan 1443 H
14 April 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin


Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I

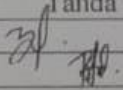



Chandra A Siregar, ST, MT

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

Peserta seminar

Nama : Ricky Ramos Tobing
 NPM : 1607230064
 Judul Tugas Akhir : Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 24 Sudu Dan 3 Nozel Serta Variasi Head

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Bakti Suroso, ST, M.Eng		:.....
Pemanding – I	: Chandra A Siregar, ST, MT		:.....
Pemanding – II	: Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT		:.....
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230232	Muhammad Irfan	
2	1507230187	FATEH ASILMI	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 13 Ramadan 1443 H
 14 April 2022 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

* menjabar surat ini agar disebutkan
sifat 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 : 381/III.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 2 Maret 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : RICKY RAMOS TOBING
Npm : 1607230064
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : XI (SEBELAS)
Judul Tugas Akhir : UJI UNJUK KERJA TURBIN PELTON DENGAN 24 SUPV DAN 3 NOZEL
SERTA VARIASI HEAD
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, 18 Rajab 1442 H
02 Maret 2021 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST, MT
Munawar Alfansury Siregar, ST, MT
NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

UJI UNJUK KERJA TURBIN PELTON DENGAN 22 SUDU DAN 3 NOZEL
BERDASARKAN VARIASI HEAD

Nama : Ricky Ramos Tobing
NPM : 16072300064

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

No Hari/Tanggal Kegiatan Paraf

1. Senin / 13 - 09 - 2021 - Perbaiki BAB I
- Rumusan Masalah.
- Pendahuluan.
2. Rabu / 15 - 09 - 2021 - Tinjauan Pustaka.
- Perbaiki Gambar.
3. Kamis / 16 - 09 - 2021 - Tambahkan Beberapa
Jurnal Internasional
dan Nasional.
4. Sabtu / 18 - 09 - 2021 - Tambahkan data
Aquisisi.
5. Senin / 20 - 09 - 2021 - Perbaiki diagram
Aur.
6. Selasa / 21 - 09 - 2021 - Perjelas tujuan dan
Variabel yang digunakan.
7. Rabu / 22 - 09 - 2021 - Perbaiki kesimpulan
dan Saran.
8. Kamis / 23 - 09 - 2021 - Perbaiki daftar
Pustaka.
9. Sabtu / 25 - 09 - 2021

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama	: Ricky Ramos Tobing
NPM	: 1607230064
Tempat/Tanggal Lahir	: Medan/11 Agustus 1999
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Agama	: Islam
Status Perkawinan	: Lajang
Alamat	: Jl Rumah Potong Hewan Mabar
Kecamatan	: Medan Deli
Kabupaten	: Kota Medan
Provinsi	: Sumatera Utara
Nomor Hp	: 082170224911
E-mail	: Rickyramos800@gmail.com
Nama Orang Tua	
Ayah	: Yance Ismail Tobing S.T
Ibu	: Maya Kesuma Dewi

PENDIDIKAN FORMAL

2004-2010	: SD Bahagia Mabar
2010-2013	: SMP Martadinata Medan
2013-2016	: SMK Trittech Informatika Medan
2016-2021	: SI Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

