

TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT SUDU TURBIN 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 RIZKY FAHREZA
1607230117



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 Rizky Fahreza
NPM : 1607230117
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Studi Eksperimental Pengaruh Sudut Sudu Turbin 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, 11 Oktober 2021

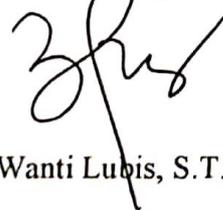
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



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

Dosen Penguji II



Riadini Wanti Lubis, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Beki Suroso, S.T., M.Eng



Program Studi Teknik Mesin
Ketua,

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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Rizky Fahreza
Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 03 Desember 1997
NPM : 1607230117
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Studi Eksperimental Pengaruh Sudut Sudu Turbin 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 serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya 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/kesarjana saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 11 oktober 2021



yang menyatakan,

Muhammad Rizky Fahreza

ABSTRAK

Energi mempunyai peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi dan lingkungan. Energi di Indonesia saat ini masih didominasi oleh energi yang berbasis bahan bakar fosil, yang merupakan sumber energi tak terbarukan. Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) merupakan salah satu solusi krisis energi yang terjadi saat ini. Jenis turbin yang umum digunakan dalam PLTMH adalah Turbin Pelton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut sudu terhadap kinerja turbin Pelton. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan memvariasikan sudut sudu (0° , 10° , dan 15°). Turbin yang diuji memiliki spesifikasi diameter luar 246 mm, jumlah sudu 22 buah. Debit air yang digunakan untuk pengujian turbin sebesar $0,02487 \text{ m}^3/\text{s}$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut sudu sangat berpengaruh terhadap kinerja turbin. Efisiensi turbin tertinggi sebesar 77% diperoleh dengan sudut sudu 10° . Sudut nosel semakin meningkat maka efisiensi turbin semakin menurun.

Kata Kunci: PLTMH, Sudu Sudu, Turbin Pelton

ABSTRACT

Energy plays an important role in achieving social, economic and environmental goals. Energy in Indonesia is currently still dominated by energy based on fossil fuels, which is a non-renewable energy source. Micro hydro power plant (PLTMH) is one solution to the current energy crisis. The type of turbine that is commonly used in MHP is the Pelton Turbine. This study aims to determine the effect of blade angle on Pelton turbine performance. This research was conducted experimentally by varying the angle of the blade (0° , 10° , and 15°). The turbine tested has an outer diameter specification of 246 mm, the number of blades is 22. The water discharge used for turbine testing is $0.02487 \text{ m}^3 / \text{s}$. The results showed that the blade angle greatly affected the performance of the turbine. The highest turbine efficiency of 77% was obtained with a blade angle of 10° . The nozzle angle increases, the turbine efficiency decreases

Keywords: MHP, Angle Angle, Pelton Turbine

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT 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 “Studi Eksperimental Pengaruh Sudut Sudu Turbin Terhadap Unjuk Kerja Prototype 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 laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Bakti Suroso S.T.,M.Eng selaku Dosen Pembimbing dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Chandra A. Siregar, S.T., M.T yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T.,M.T 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 ke teknik mesin kepada penulis.
5. Orang tua penulis : Bapak Lal dan Ibu Rosita, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat-sahabat penulis: Bahrum, Ricky Ramos Tobing, Noto Triprayogo, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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 dunia teknik Mesin.

Medan, 11 Oktober 2021



M. RIZKY FAHREZA

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Kajian Pustaka	3
2.2. Pengertian Dasar Tentang Turbin Pelton	5
2.3. Turbin Pelton	6
2.4. Prinsip Kerja Turbin Pelton	7
2.5. Jenis-Jenis Turbin	7
2.5.1. Turbin Poros Horizontal	7
2.5.2. Turbin Poros Vertikal	7
2.6. Komponen Utama Turbin Pelton	7
2.6.1. <i>Runner</i>	7
2.6.2. <i>Bucket</i>	8
2.6.3. Poros	8
2.6.4. Nozel	9
2.6.5. Rumah turbin	9
2.6.6. Belt Timing	9
2.6.7. <i>Bantalan</i>	10
2.6.8. Generator	10
2.7. Prosedur Analisa Data	11
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.1.1 Tempat	15
3.1.2 Waktu	15
3.2 Alat dan Bahan	16
3.2.1. Alat Penelitian	16
3.2.2. Bahan yang digunakan	19
3.3 Bagan Alir	20
3.4 Rancangan alat penelitian	21

3.4.1. Prosedur kalibrasi alat ukur	21
3.4.2. Gambar sket alat penelitian	22
3.5 Prosedur pengujian	23
3.6 Job sheet	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Sketsa Gambar Variasi Sudut sudu	25
4.2 Parameter Pengukuran Turbin	25
4.3 Perhitungan Debit Air pada Kecepatan 50Hz	27
4.4 Grafik Analisa Data	29
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal dan Kegiatan saat melakukan penelitian	15
Tabel 3.2 Job sheet	24
Tabel 4.1 Job sheet penelitian	25
Tabel 4.2 Parameter penelitian	26
Tabel 4.3 Pengujian tanpa beban	26
Tabel 4.4. Pengujian dengan beban	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan karakteristik Turbin	6
Gambar 2.2 Turbin Pelton	6
Gambar 2.3 <i>Runner</i>	8
Gambar 2.4 <i>Bucket</i>	8
Gambar 2.5 Poros	8
Gambar 2.6 Nosel	9
Gambar 2.7 Rumah turbin	9
Gambar 2.8 Belt timing	9
Gambar 2.9 Bantalan	10
Gambar 2.10 Generator	11
Gambar 3.1 Skema Alat Turbin	16
Gambar 3.2 Skema Data Akuisisi	18
Gambar 3.3 Multitester	19
Gambar 3.4 Thacometer	19
Gambar 3.5 Bagan Alir	20
Gambar 3.6 Sket turbin pelton	22
Gambar 4.1 Sketsa Variasi Sudut sudu	25
Gambar 4.2 Grafik Sudut sudu vs putaran tanpa beban	29
Gambar 4.3 Grafik Sudut sudu vs tegangan	29
Gambar 4.4 Grafik Sudut sudu vs kuat arus tanpa beban	30
Gambar 4.5 Grafik Sudut sudu vs torsi tanpa beban	31
Gambar 4.6 Grafik Sudut sudu vs daya tanpa beban	31
Gambar 4.7 Grafik Sudut sudu vs putaran dengan beban	32
Gambar 4.8 Grafik Sudut sudu vs tegangan dengan beban	32
Gambar 4.9 Grafik Sudut sudu vs kuat arus dengan beban	33
Gambar 4.10 Grafik sudut sudu vs torsi dengan beban	33
Gambar 4.11 Grafik Sudut sudu vs beban lampu	34
Gambar 5.1 Grafik Sudut sudu vs beban lampu	35

DAFTAR NOTASI

Simbol	Besaran	Satuan
A	Luas ujung nosel	m^2
D	Diameter dalam nosel	M
Q	Debit aliran air	m^3/s
V	Kecepatan aliran	m/s
M	Lajualiran masa air	Kg/s
P	Masa jenis air	kg/m^3
ω	Kecepatantangensial	Rad/s
N	Putaran turbin	Rpm
Ph	Daya hidrolis	Watt
G	Gaya grafitasi bumi	m/s^3
H	Head turbin	M
Pk	Dayakinetis air	Watt
Pt	Daya turbin air	Watt
$\cos\theta$	Sudut pancaran air	Posisinospel
Pg	Daya generator	Watt
V	Tegangan listrik	Volt
I	Arus listrik	Ampere
$\cos\phi$	Factor daya	Derajat
η_t	Efisiensi turbin air	%
Ng	Efisiensi generator turbin	Watt

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 mengeksport 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 judul tugas akhir Pengaruh Sudut Sudu Turbin Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro 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 pengaruh sudut sudu turbin terhadap unjuk kerja prototype turbin pelton skala mikro?”.

1.3 Ruang Lingkup

Dengan menggunakan turbin pelton skala mikro maka ruang lingkup yang diperoleh yaitu :

1. Menggunakan Turbin Pelton dengan skala Mikro.
2. Experimen variasi sudut sudu turbin ini 0° , 10° , 15°
3. Menggunakan frekuensi pompa dengan 50Hz.
4. Menggunakan 3 nosel.
5. Menggunakan 22 jumlah sudu.

1.4 Tujuan

Berdasarkan data eksperimental yang di lakukan dengan menggunakan turbin pelton skala mikro maka tujuan yang diperoleh yaitu:

1. Untuk mengetahui putaran turbin dari ketiga pengujian
2. Untuk mengetahui Tegangan yang dihasilkan oleh turbin dari ketiga pengujian
3. Untuk mengetahui hasil terbaik terhadap beban lampu

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Merupakan salah satu bekal mahasiswa sebelum terjun ke dunia industri, sebagai modal persiapan untuk mengaplikasikan ilmu yang telah di peroleh.
2. Hasil penelitian dapat di gunakan sebagai bahan refrensi bagi para penelitian yang ingin mendalami tentang turbin pelton skala Mikro.
3. Mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi yang semakin menipis dan mahal.
4. Untuk dapat digunakan di desa yang masih belum terjangkau oleh listrik.

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 “Rancang Bangun Prototipe Instalasi PLTMH untuk Mengetahui Unjuk Kerja Alternator dengan Variasi Debit Aliran Pada Pengaturan Katup Terhadap Output Daya”, penelitian ini menggunakan turbin pelton dengan sudu berbentuk mangkok yang dibuat dari sendok sayur yang berjumlah 16 sudu dan menggunakan 4 nosel 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 “Rancang Bangun Alat Praktikum Turbin Air dengan Pengujian Bentuk Sudu Terhadap Torsi dan Daya Turbin yang Dihasilkan”, 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 rancang bangun 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]

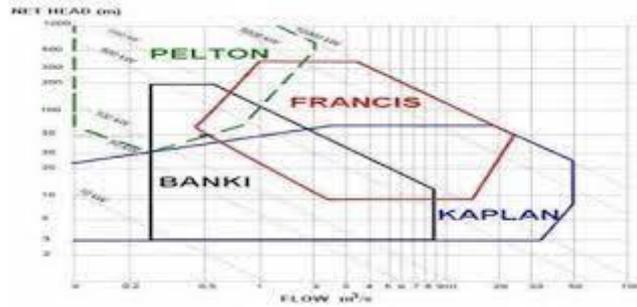
Kristanto, 2016 melakukan penelitian yang berjudul “ Analisa Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Tipe Poros Vertikal”, Sudu turbin dalam penelitian yang dijadikan faktor dalam penelitian adalah jumlah sudu 3, 5 dan 7. Serta di kombinasikan dengan debit aliran 0,0047 m³/s, 0,0056 m³/jam; 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 (D_3) = 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 Pengertian dasar tentang turbin air

Turbin air adalah alat untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA) turbin air merupakan peralatan utama selain generator. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.



Gambar 2.1 Perbandingan karakteristik Turbin (Fakultas Teknik UNTAG Surabaya)

2.3 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 2.2 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).

2.4 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.

2.5 Jenis-Jenis turbin pelton

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

2.5.1 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.

2.5.2 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.

2.6 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.

2.6.1. 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 2.3 Runner

2.6.2. 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 gaya impuls.



Gambar 2.4 Bucket

2.6.3. 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 2.5 Poros

2.6.4. Nozel

Nozel 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 nozel. Air yang keluar dari nozel yang mempunyai kecepatan tinggi akan membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum.



Gambar 2.6 Nozel

2.6.5. Rumah Turbin

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



Gambar 2.7 Rumah Turbin

2.6.6. *Belt Timing*

Belt Timing adalah penerus putaran dari poros turbin keporos selanjutnya (generator). *Belt Timing* juga dapat berfungsi untuk menaikkan putaran. *Belt Timing* biasa disebut transmisi sabuk. Sabuk terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium.



Gambar 2.8 *Belt Timing*

2.6.7. Bantalan(*Bearing*)

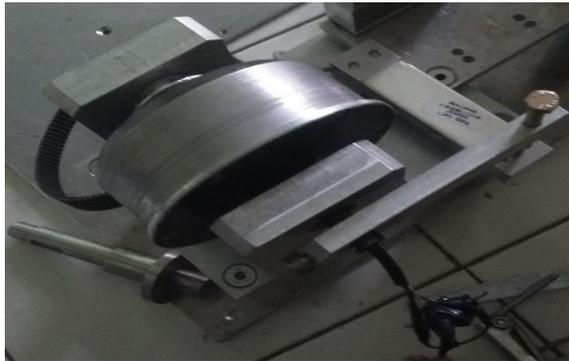
Bantalan merupakan bagian penting dari turbin, alat ini berfungsi sebagai penopang dari poros turbin. Putaran dari poros turbin dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros bekerja dengan baik.



Gambar 2.9 Bantalan(*Bearing*)

2.6.8. Generator

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 Generator

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 di ukur 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.

2.7 Prosedur Analisa Data

1. Menghitung kapasitas air (Q)

Daya air dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$Q = A \cdot v \dots \dots \dots (3.1)$$

2. Luas penampang ujung nozel (A)

Untuk menghitung luas ujung nozel yang menumbuk sudu turbin digunakan persamaan dibawah ini:

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

- A = Luasan ujung nozel (m²)
- d = Diameter dalam nozel (m)

3. Kecepatan aliran (v)

Untuk menghitung kecepatan aliran, digunakan dengan persamaan dibawah ini:

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

- v = Kecepatan aliran (m/s)
- Q = Debit aliran air (m³/s)
- A = Luasan ujung nozel

4. Laju massa air yang mengalir (m)

Untuk menghitung massa aliran digunakan persamaan dibawah ini:

$$m = \rho \cdot Q \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan :

- m = Laju aliran massa air (kg/s)
- ρ = Massa jenis air (kg/m³)
- Q = Debit aliran air (m³/s)

5. Kecepatan anguler / tangensial (ω)

Untuk mendapatkan kecepatan angguler dapat menggunakan persamaaan dibawah ini :

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan :

ω = Kecepatan anguler (rad/s)

n = Putaran turbin

6. Perhitungan daya :

- a. Daya hidrolis; P_h (Watt) adalah daya yang diukur dengan persamaan dibawah ini :

$$P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan :

P_h = Daya hidrolis (Watt)

ρ = Massa jenis air 996,7 (kg/m³)

g = Gaya gravitasi (m/s²)

Q = Debit aliran air (m³/s)

H = Head turbin (m)

- b. Daya kinetik jet air; P_k (Watt) dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$P_k = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \dots\dots\dots(3.7)$$

Keterangan :

P_k = Daya kinetis air (Watt)

ρ = Massa jenis air 996,7 (kg/m³)

A = Luas penampang nozel turbin (m²)

v = Kecepatan aliran (m/s)

- c. Daya turbin; P_t (Watt) dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$P_t = \rho \cdot A \cdot \omega \cdot (\omega - v) \cdot (1 + \cos\theta) \cdot v \dots\dots\dots(3.8)$$

Keterangan :

P_t = Daya turbin air (Watt)

ρ = Massa jenis air 996,7 (kg/m³)

A = Luas penampang nozel turbin (m²)

ω = Kecepatan anguler / tangensial (rad/s)

v = kecepatan aliran (m/s)

$\cos \theta$ = Sudut pancaran air (posisi nozel)

- d. Daya listrik (daya generator); P_g (Watt) dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$P_g = V \cdot I \cdot \cos \theta \dots \dots \dots (3.9)$$

Keterangan :

P_g = Daya generator (Watt)

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

$\cos \theta$ = Faktor daya ($^\circ$)

- e. Efisiensi turbin

Efisiensi turbin dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$\eta_g = \frac{P_g}{P_h} \times 100\% \dots \dots \dots (3.10)$$

Keterangan :

η_g = Efisiensi turbin (%)

P_g = Daya turbin (Watt)

P_h = Daya hidrolis air (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 Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

3.1.2 Waktu Penelitian

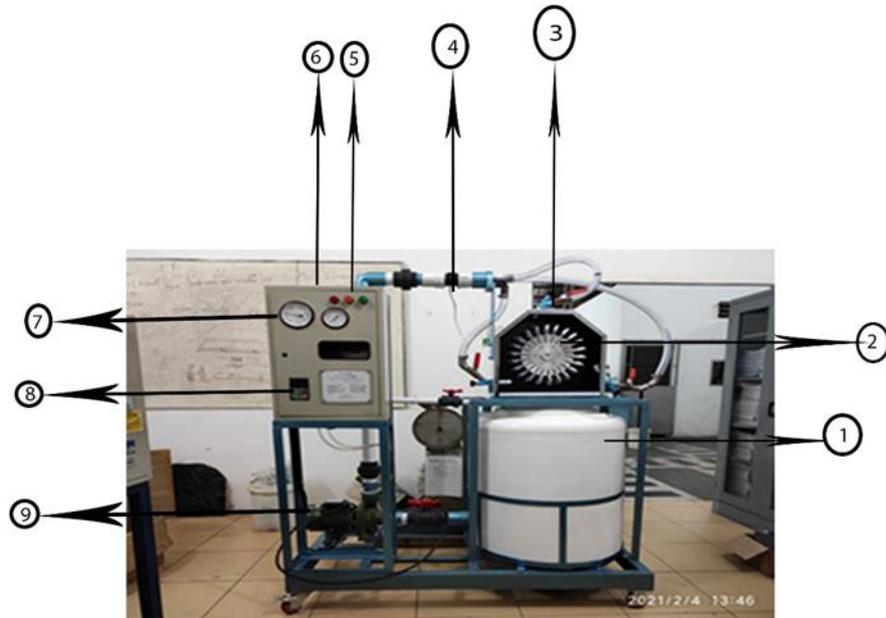
Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan pengujian dilakukan sejak tanggal usulan oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara seperti yang tertera pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1 Bulan	2 Bulan	3 Bulan	4 Bulan	5 Bulan	6 Bulan
1	Study Literatur						
2	Pembuatan runner dengan variasi sudut						
3	Setup alat uji dan kalibrasi alat ukur						
4	Pengujian dan pengambilan data						
5	Analisis data						
6	Seminar Hasil						
7	Sidang Sarjana						

3.1 Alat dan Bahan

3.2.1 Adapun alat yang digunakan adalah:



Gambar 3.1 Skema Alat Turbin

1. Pompa

Pompa yang digunakan adalah jenis pompa air *Dabaqua* Model 401A yang berfungsi untuk menggerakkan fluida dari tempat bertekanan rendah ke tempat dengan tekanan lebih tinggi.

Spesifikasi sebagai berikut :

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

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 tersang.

4. Nosel

Nosel adalah bagian terpenting dari turbin. Nosel berfungsi sebagai pemancar untuk menyemprotkan 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. *Bucket*

Bucket atau juga disebut sudu 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 bahan yang baik dan kuat seperti *duralium* dan bahan lainnya.

7. Tangki air

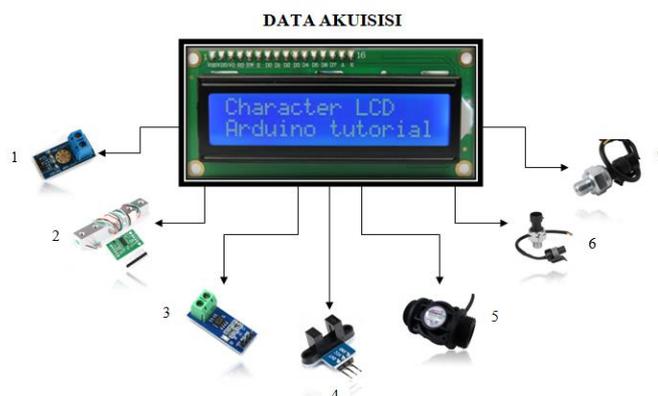
Tangki air atau toren adalah tempat untuk menampung air.

8. Inverter

Inverter digunakan untuk mematikan dan menghidupkan arus listrik serta mengatur frekuensi pada pompa.

9. Generator

Generator berfungsi mengubah energi potensial menjadi energi mekanik.



Gambar 3.2 Skema Data Akuisisi

1. Sensor Tegangan

Sensor tegangan berfungsi membaca suatu tegangan pada rangkaian. Prinsip kerjanya adalah membuat perbandingan antara tegangan asli dengan tegangan yang terbaca oleh arduino

2. Sensor Load Cell

Sensor load cell adalah jenis sensor beban yang banyak digunakan untuk mengubah beban atau gaya menjadi perubahan tegangan listrik. Perubahan tegangan listrik tergantung dari tekanan yang berasal dari pembebanan.

3. Sensor Arus

Sensor arus adalah perangkat yang mendeteksi arus listrik (AC atau DC) di kawat, dan menghasilkan sinyal sebanding dengan itu. Sinyal yang dihasilkan bisa tegangan analog, arus atau bahkan digital. Hal ini dapat kemudian digunakan untuk menampilkan arus yang akan diukur dalam ammeter atau dapat disimpan untuk analisis lebih lanjut dalam sistem akuisisi data atau dapat dimanfaatkan untuk tujuan kontrol.

4. Sensor Rpm

Sensor rpm adalah sebuah alat untuk mengukur putaran, khususnya jumlah putaran yang dilakukan oleh sebuah poros dalam satu satuan waktu

5. Sensor Flow Meter

Sensor flow meter adalah sensor yang digunakan untuk mengukur debit air.

6. Sensor Saction

Sensor saction adalah sensor yang menghitung vertikal dari fluida yangb turun karena inlet pompa.

7. Sensor Discharge

Sensor discharge adalah sensor yang alat yang mampu mengukur tekanan.

Adapun alat uji penguji pendukung yang digunakan adalah:

a. *Multitester*

Multitester adalah suatu alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur tiga jenis besaran listrik yaitu arus listrik, tegangan listrik dan hambatan listrik.



Gambar 3.3 Multitester

b. *Tachometer*

Tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran pada poros engkel piringan motor atau mesin lainnya.



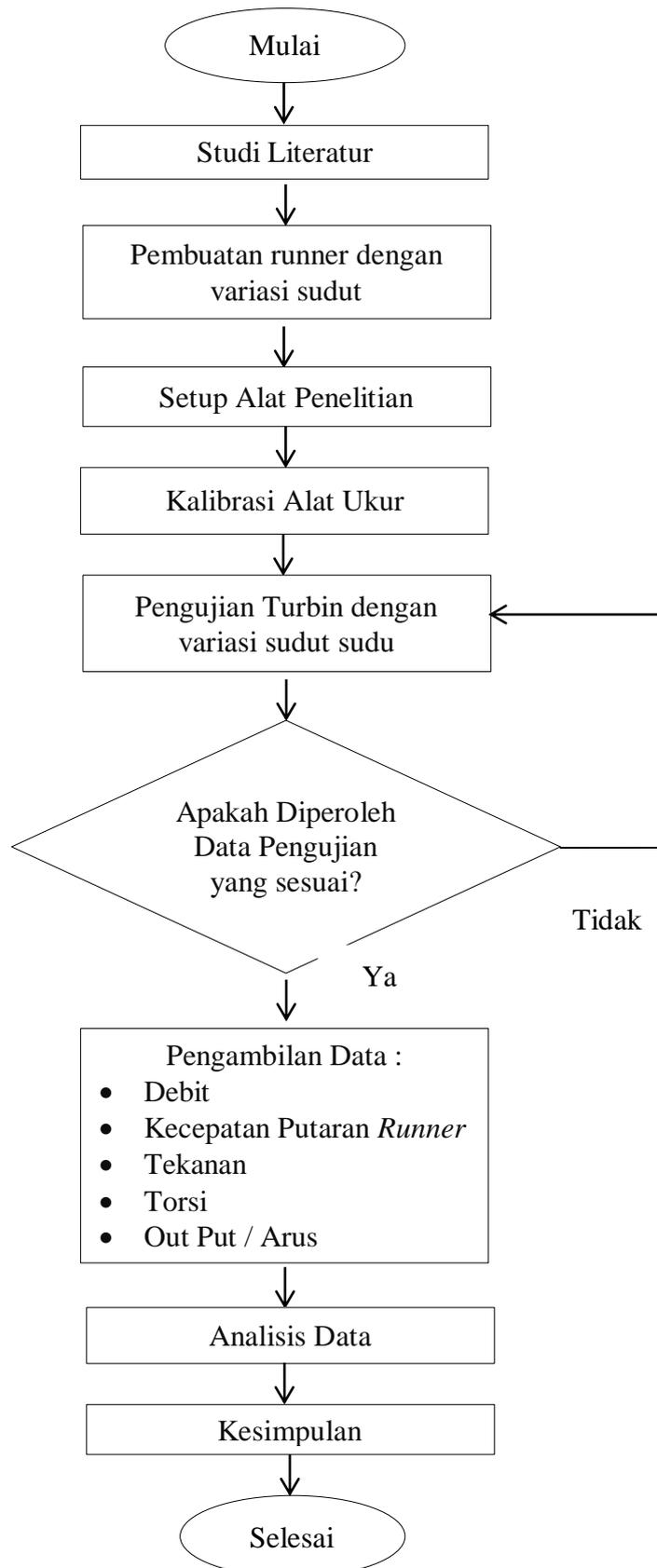
Gambar 3.4 Tachometer

3.2.2 Adapaun bahan yang digunakan adalah:

➤ Air

Air adalah senyawa yang berfungsi bagi semua yang ada di bumi. Air digunakan turbin untuk memutar *runner* dan *bucket* sehingga bisa menghasilkan listrik.

3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.5 Diagram Alir

3.4. Rancangan alat Penelitian

3.4.1 Prosedur kalibrasi Alat Ukur

Pada penelitian ini menggunakan beberapa alat ukur/sensor dalam mempermudah memperoleh data yang akurat tentunya harus dilakukan tindakan kalibrasi alat ukur, adapun tahapan/procedure kalibrasi dari masing-masing sensor adalah sebagai berikut:

1. Flow meter/sensor kecepatan aliran air

Kalibrasi alat ukur flow meter digunakan dengan alat digital

2. Pressure Gauge

Kalibrasi pressure gauge tidak diperlukan dikarenakan kondisi alat baru jadi kita hanya menyesuaikan dengan pressure cell digital.

3. load cell

Kalibrasi load cell dengan cara mengecek lcd sebelum start apakah 0 atau sudah berangka, jika sudah berangka maka kita perlu mengurangi dengan jumlah sebelum start.

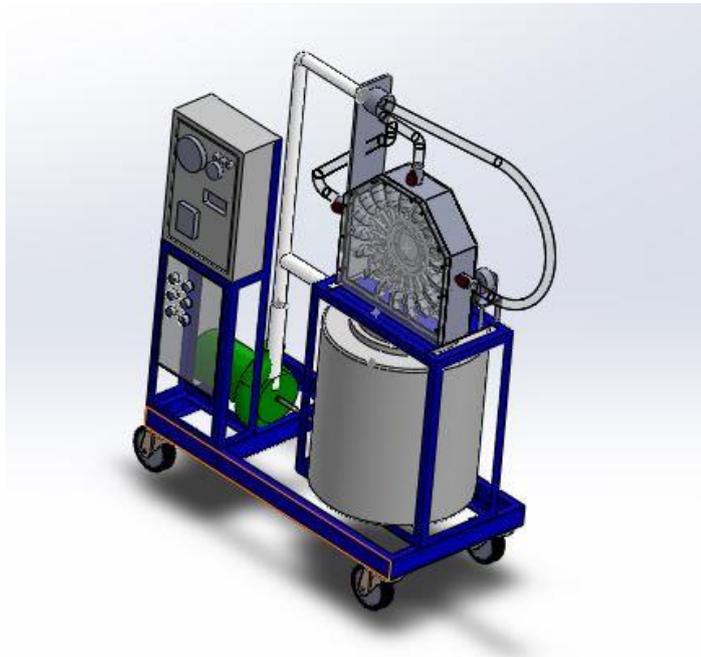
4. rpm

Kalibrasi rpm dilakukan dengan cara melihat display apakah sebelum start tetap nol atau sudah berangka, jika sudah berangka maka kita perlu melakukan pengurangan terhadap hasil yang kita peroleh.

5. voltmeter dan ampere meter

Kalibrasi dengan cara pengurangan sebelum start sitem turbin pelton atau turbin dalam kondisi siaga.

3.4.2 Gambar sket alat penelitian komplit,dilengkapi dengan keterangan-keterangan gambar.



Gambar 3.6 Sket Turbin Pelton

Berikut merupakan penjelasan dari petunjuk gambar 3.5:

1.Tangki air

Tangki air merupakan wadah untuk menyimpan air yang merupakan media untuk menjalankan turbin atau lebih specific runner turbin.kapasitas dari tangki air ini adalah 200 liter.

2.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.

3.Rumah turbin

Rumah turbin berfungsi sebagai tempat nosel terpasang,serta berfungsi membelokan air agar keluar secara teratur.rumah turbin juga berfungsi untuk melindungi runner dari gangguan luar seperti kotoran dan cuaca.

4.Flow meter

Flow meter berfungsi untuk mengetahui debit aliran air yang mengalir pada pipa.

5.Lampu indicator

Lampu indicator berfungsi untuk mengetahui aktif atau tidaknya sistem didalam turbin pelton.

6.box panel

Box panel berfungsi untuk wadah atau tempat diletakkannya peralatan computer atau monitoring maupun tekanan pompa.

7.Pressure gauge

Pressure gauge berfungsi untuk mengetahui tekanan air masuk dan tekanan air keluar.

8.Inverter

Inverter berfungsi untuk menghidupkan/mematikan pompa ataupun berfungsi sebagai pengatur kecepatan pompa.

9.Pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal berfungsi sebagai suplai tekanan air ataupun berfungsi untuk mengalirkan air dari tangki air menuju nozzle.

3.5 Prosedur Pengujian

Pengujian pertama pada simulasi Turbin Pelton dengan pengaruh sudu terhadap Variasi Pengarah aliran 0° .

1. Menyalakan pompa untuk mulai mengalirkan fluida.
2. Membuka dan mengatur Kecepatan aliran konstan pada kecepatan 10 m/s
3. Mengatur valve arah aliran nosel dengan sudut Pengarah aliran 0° .
4. Mengamati dan mencatat proses yang terjadi dan putaran yang dihasilkan.
5. Mengamati tegangan dan arus yang dihasilkan setelah 60 menit pengecasan.
6. Menghidupkan lampu untuk melihat kemampuan alat menyuplai daya.
7. Mengulangi percobaan ini untuk besar bukaan valve aliran untuk 80%, 60%, 40% dan 20% serta arah aliran Overshoot Vertical dan Undershot.
8. Mematikan pompa untuk mengakhiri proses percobaan.

Pada pengujian berikutnya variasi sudut sudu dilakukan dengan cara yang sama.

3.6 Job Sheet

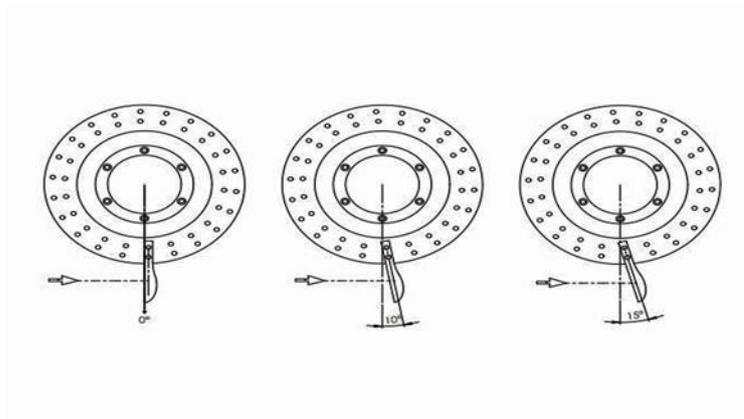
Tabel 3.2 *Job Sheet* Penelitian

No.	Variasi sudut sudu (°)	Percobaan Ke	Jumlah Sudu	Frekuensi (Hz)	Diameter Runner(mm)	Jumlah Nozzle	Bukaan Nozzle
1	0	1	22	50	246	3	Penuh
		2	22	50	246	3	Penuh
		3	22	50	246	3	Penuh
2	10	1	22	50	246	3	Penuh
		2	22	50	246	3	Penuh
		3	22	50	246	3	Penuh
3	15	1	22	50	246	3	Penuh
		2	22	50	246	3	Penuh
		3	22	50	246	3	Penuh

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sketsa gambar variasi sudut sudu



Gambar 4.1 Sketsa Variasi Sudut Sudu

4.2 Parameter pengukuran turbin

Hasil parameter pengukuran turbin adalah dengan cara perbandingan sudut sudu 0° , 10° dan 15° dengan kecepatan motor yang sama 50Hz dapat dilihat dalam tabel di bawah ini.

Tabel 4.1 *Job Sheet* Penelitian

No.	Variasi Sudut Sudu ($^\circ$)	Percobaan Ke	Jumlah Sudu	Frekuensi (Hz)	Diameter Runner (mm)	Jumlah Nozzle	Bukaan Nozzle
1	0	1	22	50	246	3	Penuh
		2	22	50	246	3	Penuh
		3	22	50	246	3	Penuh
2	10	1	22	50	246	3	Penuh
		2	22	50	246	3	Penuh
		3	22	50	246	3	Penuh
3	15	1	22	50	246	3	Penuh
		2	22	50	246	3	Penuh
		3	22	50	246	3	Penuh

Tabel 4.2 Parameter Penelitian

No	Parameter	Sudut sudu 10°	Sudut sudu 0°	Sudut sudu 15°
1	Putaran turbin tanpa beban	579,9 rpm	554,3 rpm	584,7 rpm
2	Putaran turbin setelah ada beban	395,4 rpm	386,2 rpm	390,1 rpm
3	Tegangan tanpa beban	35,8 volt	34,0 volt	35,9 volt
4	Tegangan setelah ada beban	18,3 volt	18,5 Volt	18,0 volt
5	Arus	2,79 amper	2,68 amper	2,71 amper
6	Daya	55,01 watt	44,54 watt	55,34 watt
7	Torsi tanpa beban	1,40 n.m	1,66 n.m	1,50 n.m
8	Torsi setelah ada beban	12,00 n.m	11,37 n.m	12,30 n.m

Tabel 4.3 Pengujian Tanpa Beban

No.	Variasi Sudut Sudu (°)	Percobaan Ke	Putaran (rpm)	Tegangan (volt)	Arus (amper)	Torsi (N.m)	Daya (watt)
1	0	1	554,1	33,9	0,19	1,66	44,54
		2	554,3	33,9	0,20	1,65	44,54
		3	554,3	34,0	0,21	1,66	44,54
2	10	1	579,8	35,7	0,14	1,36	55,01
		2	579,9	35,8	0,15	1,37	55,01
		3	580,0	35,9	0,16	1,37	55,01
3	15	1	540,2	32,7	0,19	1,46	55,34
		2	540,3	32,8	0,20	1,47	55,34
		3	540,5	32,9	0,21	1,47	55,34

Tabel 4.4 Pengujian dengan Beban

No.	Variasi Sudut Sudu(°)	Percobaan Ke	Putaran (rpm)	Tegangan (volt)	Arus (amper)	Torsi (N.m)	Beban (lampu)
1	0	1	554,1	18,4	2,57	11,36	42 watt
		2	554,3	18,4	2,58	11,37	42 watt
		3	386,2	18,5	2,58	11,37	42 watt
2	10	1	579,9	17,7	1,36	11,75	74 watt
		2	580,0	17,8	1,37	11,76	74 watt
		3	395,4	17,8	1,37	11,76	74 watt
3	15	1	540,3	18,3	2,54	12,06	69 watt
		2	540,5	18,4	2,55	12,06	69 watt
		3	390,1	18,4	2,56	12,06	69 watt

4.3 Perhitungan debit air pada kecepatan pompa 50Hz

Untuk mengetahui debit aliran dapat diketahui dari flow meter dengan nilai yang diperoleh sebagai berikut:

$$\text{Diameter Pipa} = 2 \text{ inchi} = 0,0508 \text{ m}$$

$$\text{Diameter Selang} = 3/4 \text{ inchi} = 0,01905 \text{ m}$$

$$\text{Massa jenis fluid} = 1000 \text{ Kg} / \text{ m}^3$$

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

$$\text{Kecepatan Motor} = 50 \text{ Hz}$$

$$\text{Flow meter} = 62 \text{ L/m} \rightarrow 0,00103 \text{ m}^3/\text{s}$$

A. Luas Penampang Pipa.

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

$$A = \frac{3,14}{4} \cdot 0,0508^2$$

$$A = \frac{3,14}{4} \cdot 0,00258$$

$$A = 0,00202 \text{ m}^2$$

B. Luas Penampang Selang.

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

$$A = \frac{3,14}{4} \cdot 0,01905^2$$

$$A = \frac{3,14}{4} \cdot 0,000362$$

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

C. Kecepatan Masuk Pipa.

$$Q = 62 \text{ L/m} \rightarrow 0,00103 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$V = \frac{0,00103}{0,00202}$$

$$V = 0,5099 \text{ m/s}$$

D. Kecepatan Masuk Selang Nozzle.

$$V_2 = \frac{A_1}{A_2} \cdot V_1$$

$$V_2 = \frac{0,00202}{0,0003} \cdot 0,5099$$

$$V_2 = 3,433 \text{ m/s}$$

E. Kecepatan Masuk Air Di Tiap Selang.

$$V = \frac{V_2}{3}$$

$$V = \frac{3,433}{3}$$

$$V = 1,144 \text{ m/s}$$

F. Debit Masuk Nozzle.

$$Q = A \cdot V$$

$$Q = 0,0003 \times 1,144$$

$$Q = 0,00034 \text{ m}^3/\text{s}$$

G. Perhitungan Daya Hidrolis.

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

$$Ph = 1000 \times 9,81 \times 20 \times 0,00034$$

$$Ph = 66,70 \text{ watt}$$

H. Perhitungan Efisiensi Turbin Sudut Sudu 0°

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

$$\eta T = \frac{44,54}{66,70} \cdot 100\%$$

$$\eta T = 66,77\%$$

I. Perhitungan Efisiensi Turbin Sudut Sudu 10°

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

$$\eta T = \frac{55,01}{66,70} \cdot 100\%$$

$$\eta T = 82,47\%$$

J. Perhitungan Efisiensi Turbin Sudut Sudu 15°

$$\eta T = \frac{P_{Out}}{P_{In}} \cdot 100\%$$

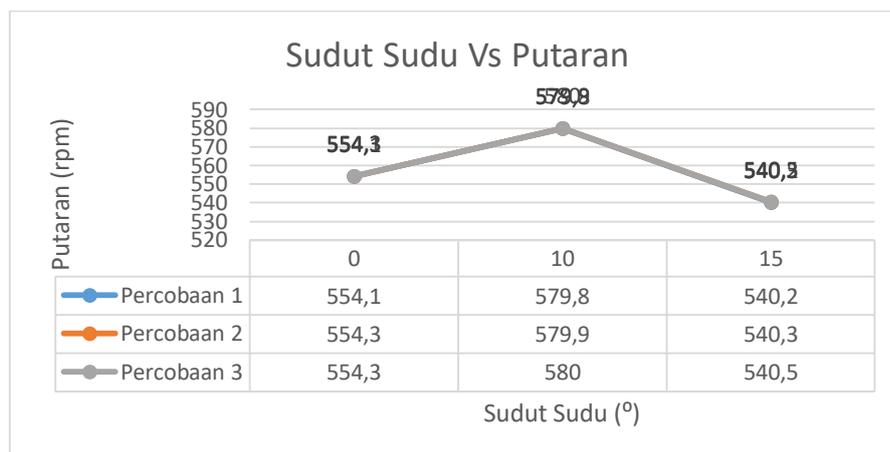
$$\eta T = \frac{55,34}{66,70} \cdot 100\%$$

$$\eta T = 82,96\%$$

4.4 Grafik Analisa Data

Setelah melakukan pengambilan data didapat hasil dari masing-masing variasi yang telah diuji. maka selanjutnya adalah membuat grafik dengan menggunakan sudut sudu pada masing-masing variasi agar dapat dilihat pengaruh sudut sudu terhadap Turbin Pelton Skala Mikro. Grafik dapat dilihat sebagai berikut

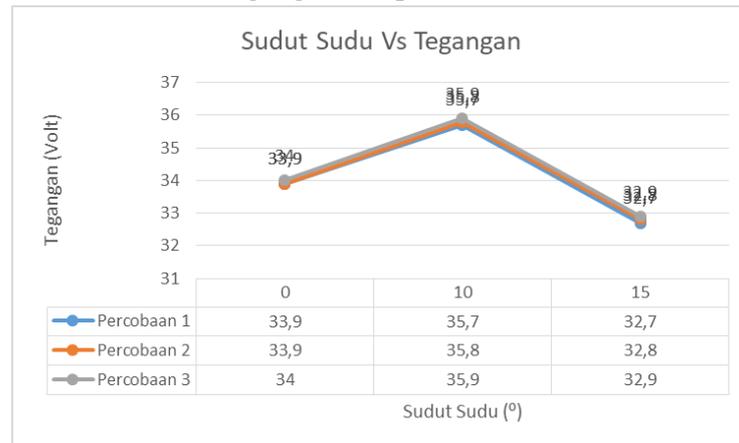
1. Grafik Sudut Sudu vs Putaran Tanpa Beban



Gambar 4.1 Sudut Sudu Vs Putaran Tanpa Beban

Dari grafik 4.1 dapat dilihat bahwa Sudut Sudu 0° pada percobaan 2 dan 3 menghasilkan putaran lebih besar yaitu 554,3 rpm dan yang terkecil adalah Sudut Sudu 15° pada percobaan 1 menghasilkan putaran 540,2 rpm.

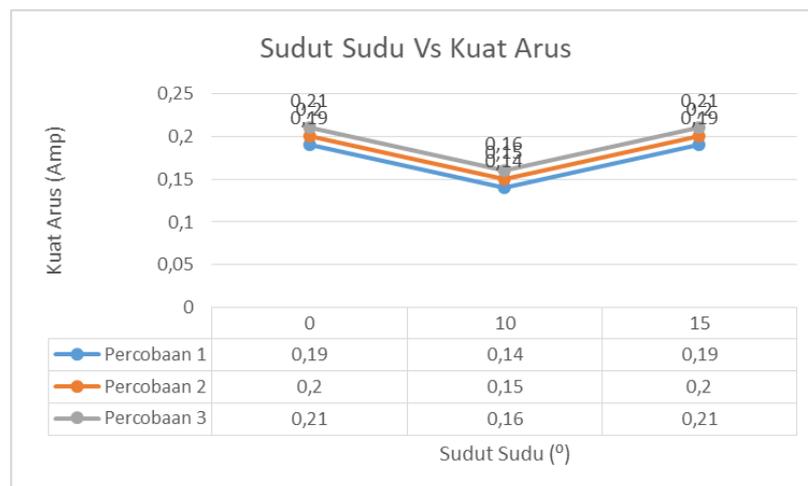
2. Grafik Sudut sudu Vs Tegangan Tanpa Beban



Gambar 4.2 Sudut sudu Vs Tegangan

Dari grafik 4.2 dapat dilihat bahwa Sudut sudu 10° pada percobaan 3 menghasilkan tegangan lebih besar yaitu 35,9 volt sedangkan sudut sudu 15° pada percobaan 1 menghasilkan tegangan lebih kecil yaitu 32,9 volt.

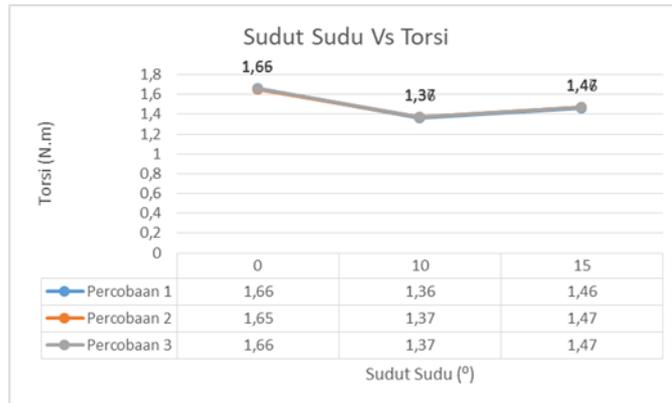
3. Grafik Sudut sudu Vs Kuat Arus Tanpa beban



Gambar 4.3 Sudut *sudu* Vs Kuat Arus Tanpa Beban

Dari grafik 4.3 dapat dilihat bahwa Sudut sudu 0° dan 15° menghasilkan kuat arus lebih besar yaitu 0,21 amper sedangkan pada Sudut Sudu 10° pada percobaan 1 menghasilkan kuat arus lebih kecil yaitu 0,14 amper

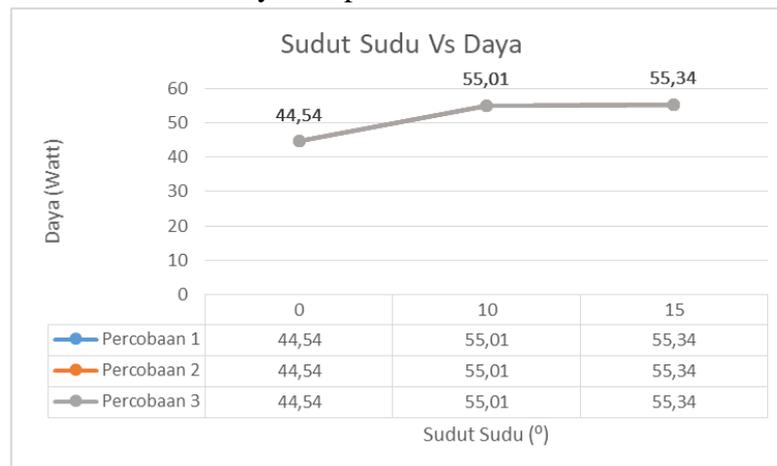
4. Grafik Sudut Sudu Vs Torsi Tanpa Beban



Gambar 4.4 Sudut sudu Vs Torsi Tanpa Beban

Dari grafik 4.4 dapat dilihat bahwa Sudut sudu 0° pada percobaan 1 dan 3 menghasilkan torsi lebih besar yaitu 1,66 N.m dan pada Sudut sudu 10° pada percobaan 1 menghasilkan torsi lebih kecil yaitu 1,37 N.m

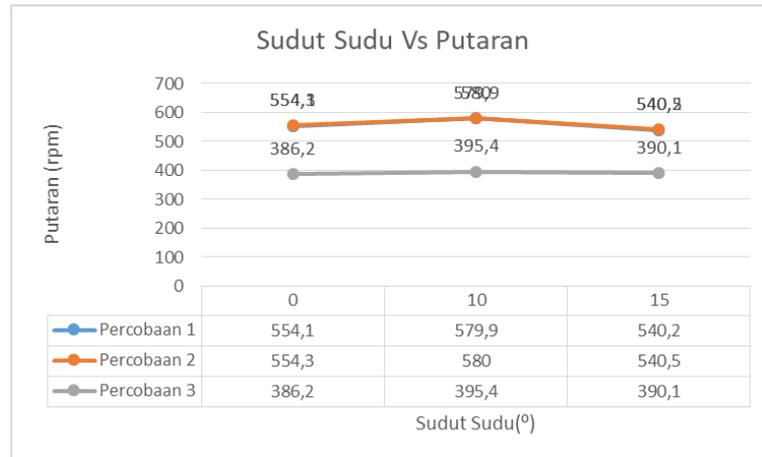
5. Grafik Sudut Sudu Vs Daya Tanpa Beban



Gambar 4.5 Sudut Sudu Vs Daya Tanpa Beban

Dari grafik 4.5 dapat dilihat bahwa pada Sudut Sudu 15° percobaan 1,2 dan 3 menghasilkan daya lebih besar yaitu 55,34 watt sedangkan pada Sudut Sudu 0° pada percobaan 1,2 dan 3 menghasilkan daya lebih kecil yaitu 44,54 watt.

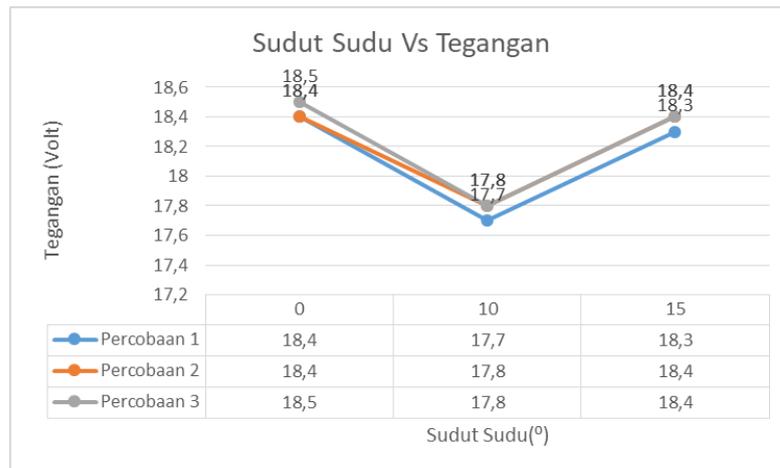
6. Grafik Sudut Sudu Vs Putaran dengan Beban



Gambar 4.6 Grafik Sudut Sudu Vs Putaran dengan Beban

Dari grafik 4.5 dapat dilihat bahwa pada Sudut Sudu 10° percobaan 1 dan 2 menghasilkan putaran lebih besar yaitu 395,4 rpm sedangkan pada Sudut Sudu 0° pada percobaan 2 menghasilkan putaran lebih rendah yaitu 386,2 rpm.

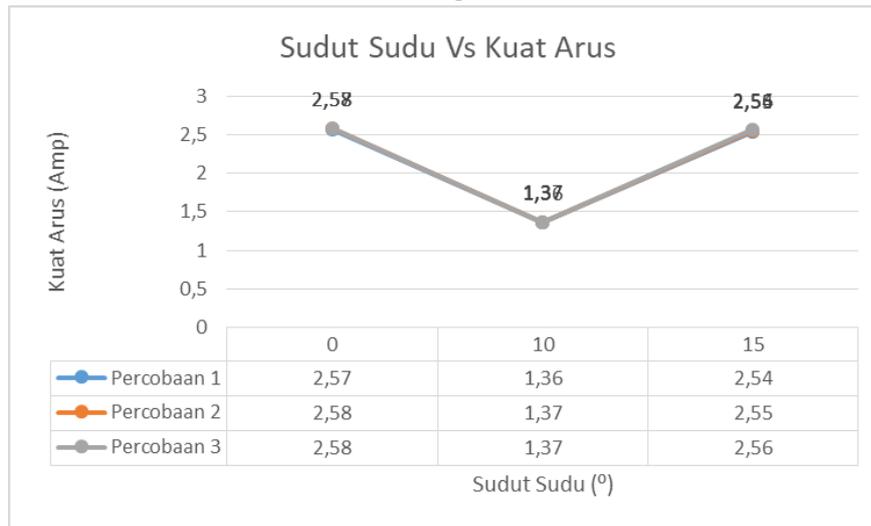
7. Grafik Sudut Sudu Vs Tegangan dengan Beban



Gambar 4.7 Grafik Sudut Sudu Vs Tegangan dengan Beban

Dari grafik 4.7 dapat dilihat bahwa pada Sudut sudu 0° percobaan 3 menghasilkan tegangan lebih besar yaitu 18,5 volt sedangkan pada Sudut sudu 10° pada percobaan 1 menghasilkan tegangan lebih kecil yaitu 17,8 volt.

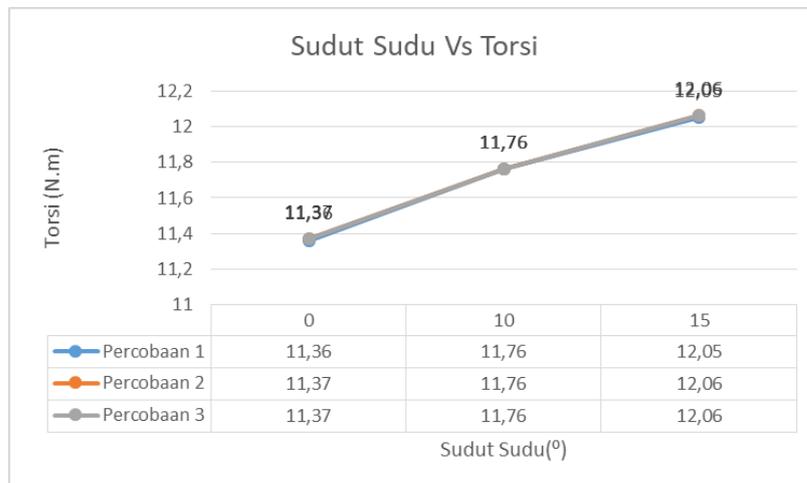
8. Grafik Sudut Sudu Vs Kuat Arus dengan Beban



Gambar 4.8 Grafik Sudut Sudu Vs Kuat Arus dengan Beban

Dari grafik 4.8 dapat dilihat bahwa pada Sudut sudu 0° percobaan 2 dan 3 menghasilkan kuat arus lebih besar yaitu 2,58 amper sedangkan pada Sudut sudu 10° percobaan 1 menghasilkan kuat arus lebih kecil yaitu 1,37 amper.

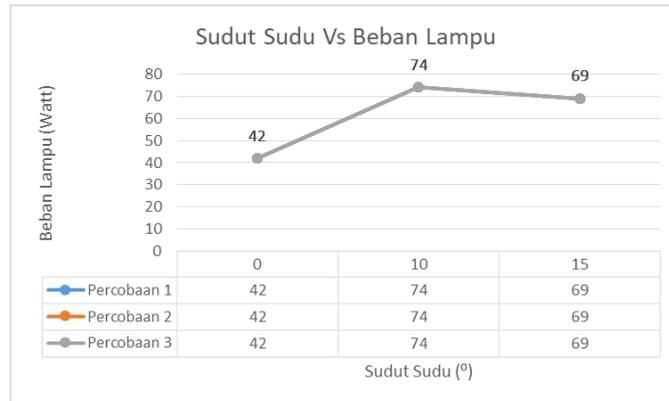
9. Grafik Sudut Sudu Vs Torsi dengan Beban



Gambar 4.9 Grafik Sudut Sudu Vs Torsi dengan Beban

Dari grafik 4.9 dapat dilihat bahwa pada Sudut Sudu 15° percobaan 2 dan 3 menghasilkan torsi lebih tinggi yaitu 12,06 N.m sedangkan pada Sudut Sudu 0° pada percobaan 2 menghasilkan torsi lebih rendah yaitu 11,37 N.m.

10. Grafik Sudut Sudu Vs Beban Lampu



Gambar 4.10 Grafik Sudut Sudu Vs Beban Lampu

Dari grafik 4.10 dapat dilihat bahwa pada Sudut sudu 10° percobaan 1,2 dan 3 menghasilkan beban lampu lebih besar yaitu 74 watt sedangkan pada Sudut sudu 0° pada percobaan 1,2 dan 3 menghasilkan beban lampu lebih kecil yaitu 42 watt.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pada pengujian tanpa beban sudut Sudu 0° pada percobaan 2 dan 3 menghasilkan putaran lebih kecil yaitu 554,3 rpm dan yang terkecil adalah Sudut Sudu 15° pada percobaan 1 menghasilkan putaran 540,2 rpm.
2. Pada pengujian dengan beban Sudut Sudu 10° percobaan 1 dan 2 menghasilkan putaran lebih besar yaitu 395,4 rpm sedangkan pada Sudut Sudu 0° pada percobaan 2 menghasilkan putaran lebih rendah yaitu 386,2 rpm..
3. proses pengujian dengan beban, maka diperoleh hasil dari sudut sudu 0° , 10° dan 15° , maka hasil tenaga listrik yang terbaik dihasilkan oleh sudut sudu 10° yaitu 74watt.
4. Sudut sudu 10° percobaan 2 menghasilkan listrik sebesar 74watt sedangkan pada Sudut sudu 15° pada percobaan 3 menghasilkan tenaga listrik lebih kecil yaitu 69watt dan kemudian tenaga listrik yang terkecil didapatkan dari sudut sudu 0° , maka hasil terbaik didapatkan pada pengujian 2 yaitu sudut 10° .

5.2 Saran

Adapun saran dalam pengujian sudut sudu turbin pelton skala mikro sebagai berikut:

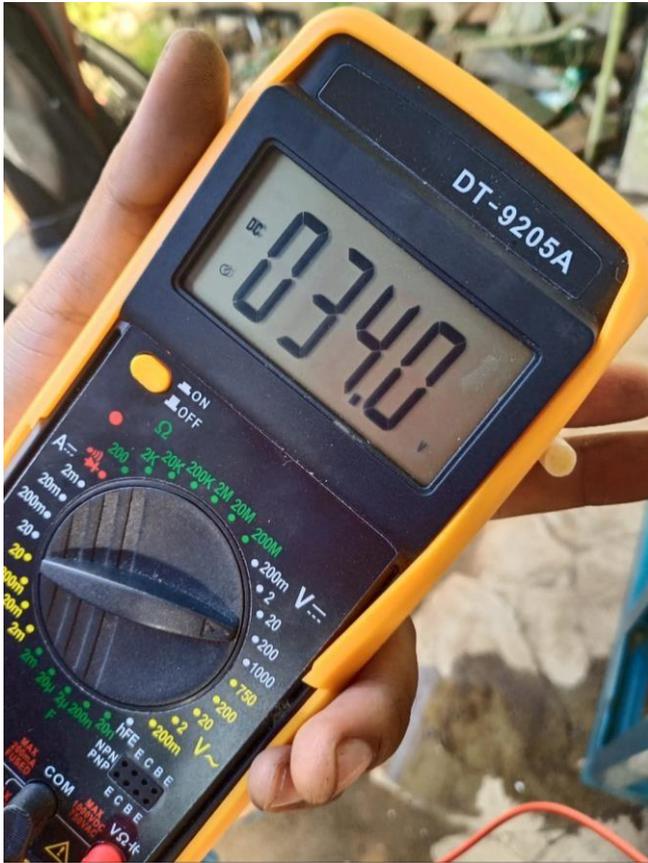
1. untuk mempermudah dalam pengujian agar mengganti atau memperbaiki mekanisme dibagian akrilik rumah turbin agar tidak terjadi kebocoran yang begitu deras.
2. Agar ditambahkan aki sebagai media cadangan arus, supaya tegangan listrik yang keluar lebih stabil.
3. Agar kedepannya penggunaan listrik pada turbin hanya digunakan sebentar dan setelah arus stabil, pompa dapat bekerja dengan sendirinya dengan menggunakan arus yang diperoleh dari system pembangkit didalam turbin pelton.

DAFTAR PUSTAKA

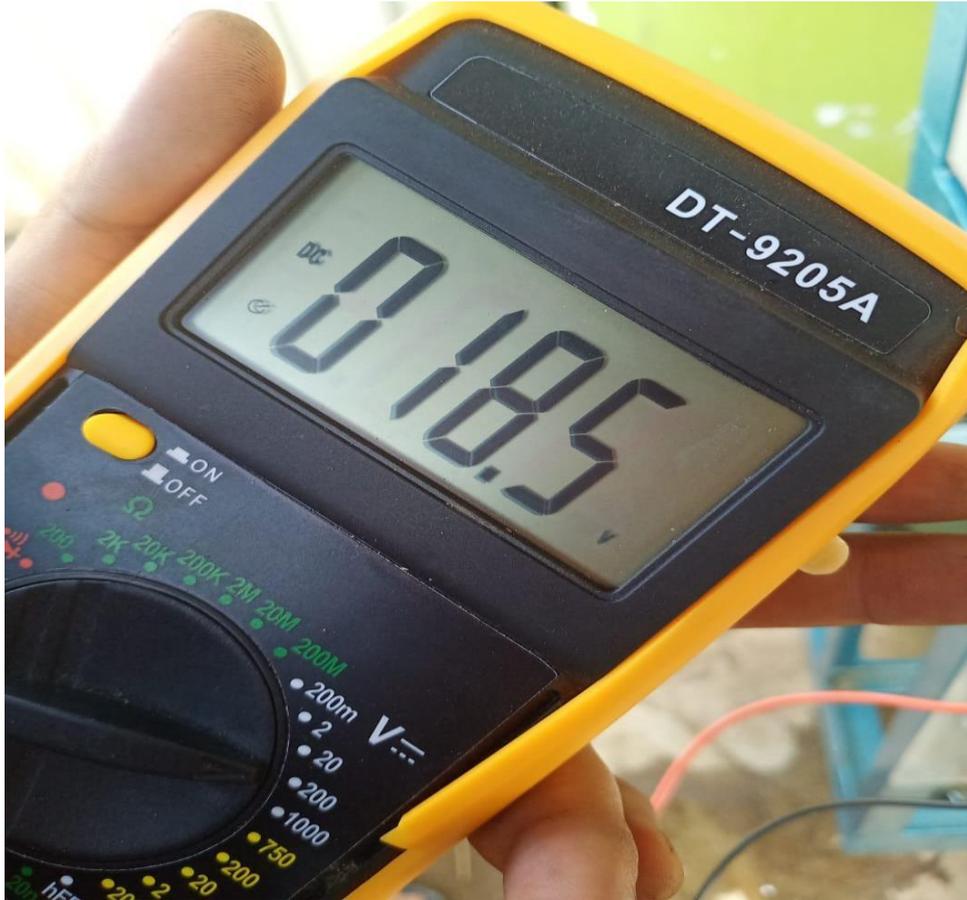
- Mafruddin, dkk (2018) *Studi Eksperimental Sudut Nosel Dan Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Cross-flow*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro.
- Assauri S, dkk (2016) *Pengaruh Variasi Jumlah Nozzle Terhadap Daya Listrik Yang Dihasilkan Pada Prototype Turbin Pelton*. 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.
- Sitompul A Wibowo, (2011) *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Turbin Pelton*. Laporan Tugas Akhir . Yogyakarta :Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma
- https://id.wikipedia.org/wiki/Sensor_arus
- <https://id.wikipedia.org/wiki/Takometer#:~:text=Takometer%20atau%20kadang%20kita%20sebut,kecepatan%20perputaran%20per%20menitnya.>
- <https://id.wikipedia.org/wiki/Air>
- <https://djunulis.wordpress.com/2017/03/13/sensor-tegangan-arduino/>
- <https://www.samrasyid.com/2020/12/pengertian-sensor-beban-load-cell.html>

LAMPIRAN







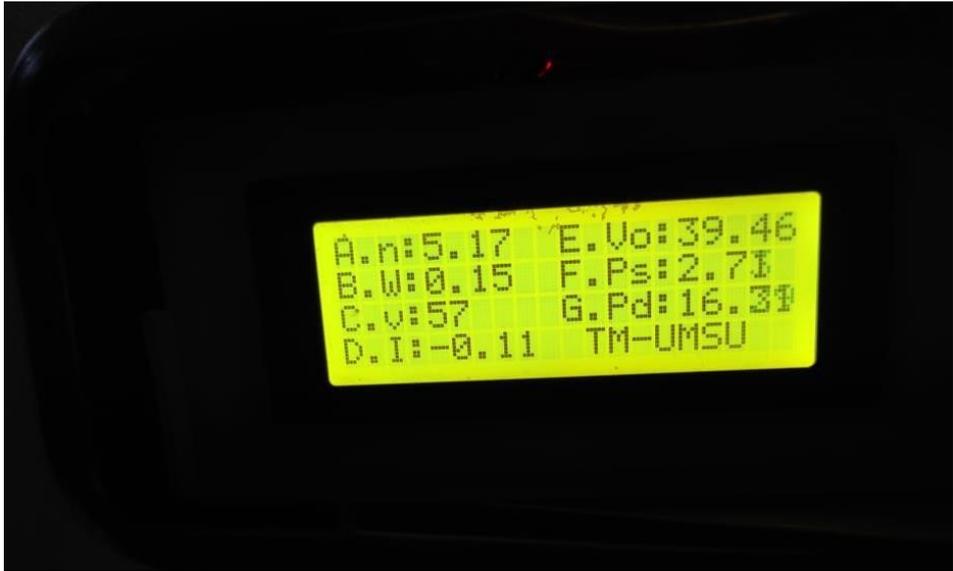








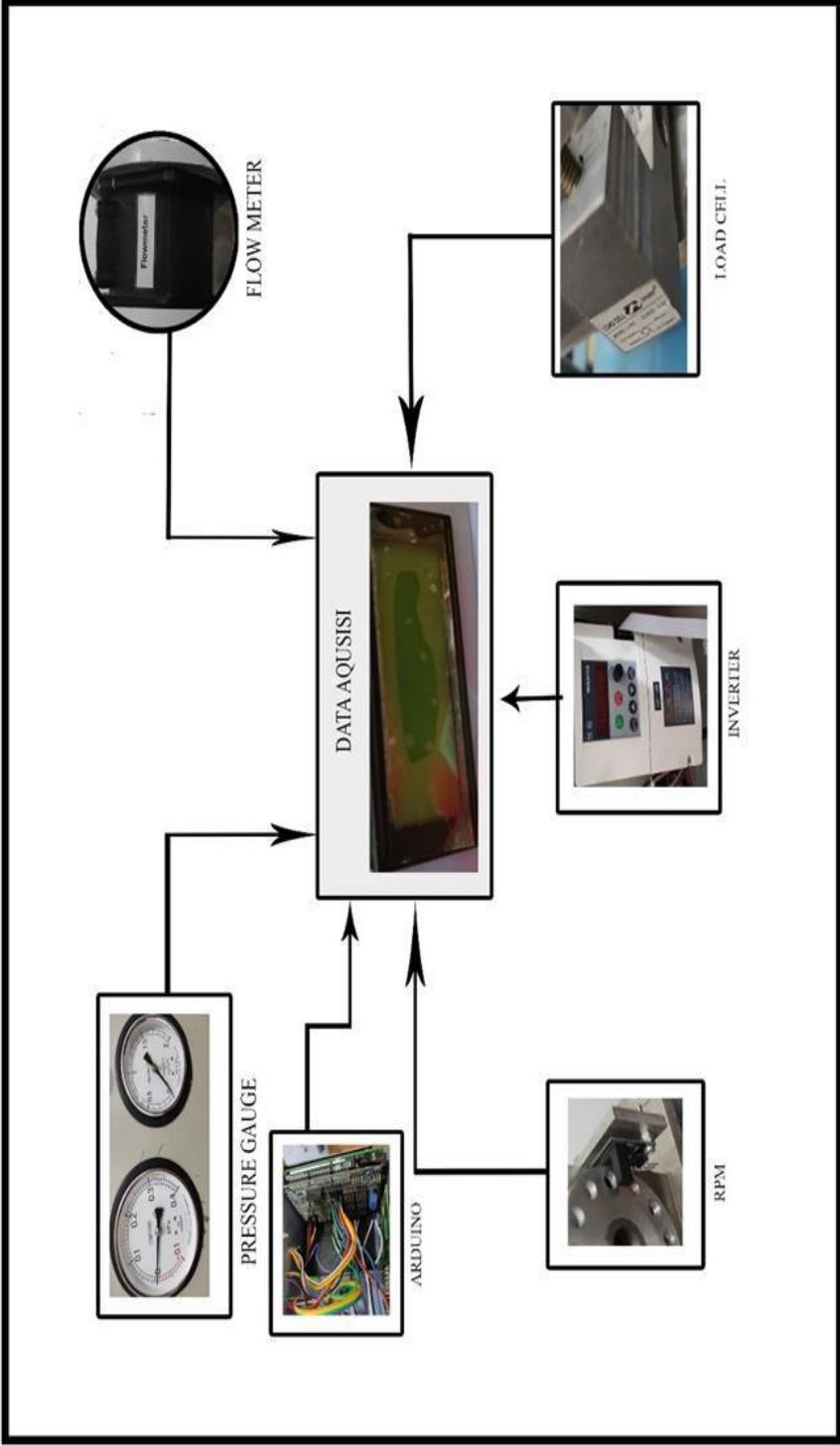




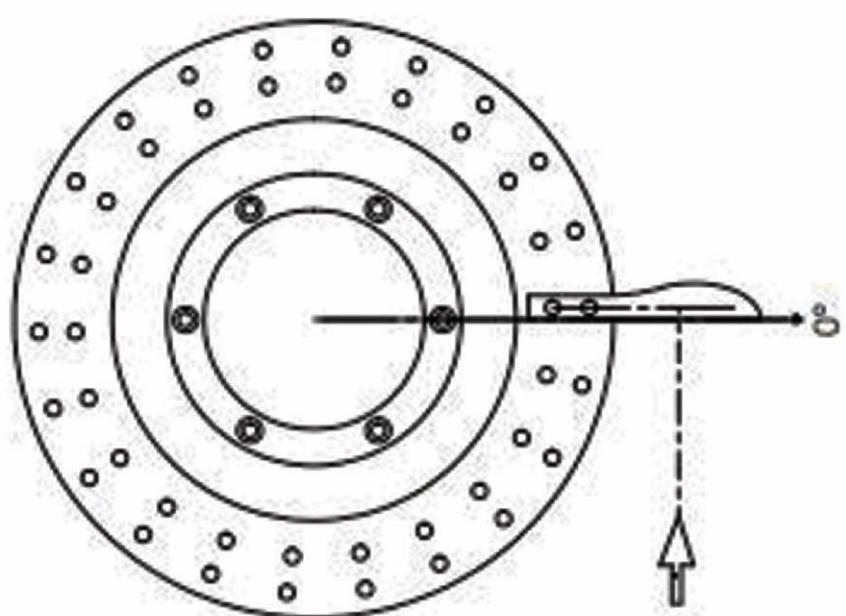
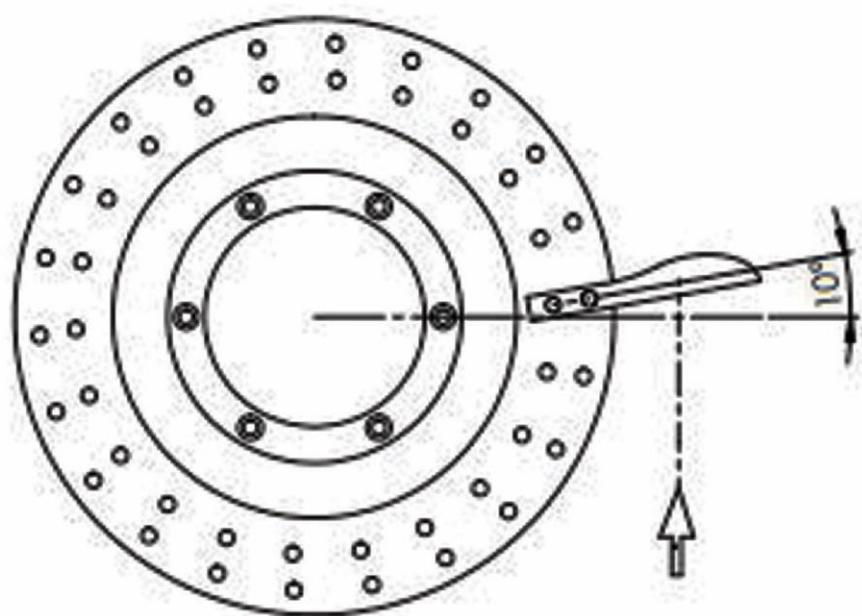
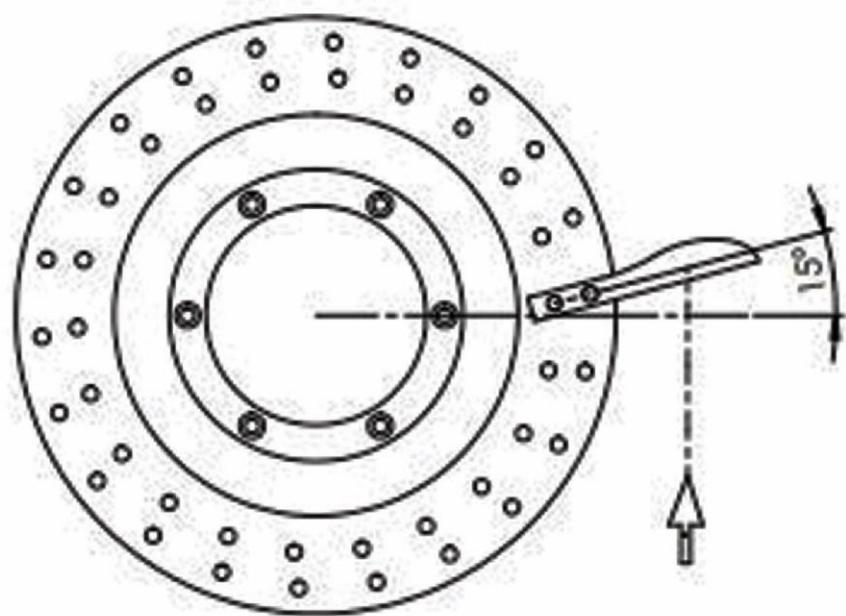








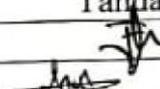
SKEMA DATA AQUSISI



**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020 – 2021**

Peserta seminar
 Nama : Muhammad Rizky Fahreza
 NPM : 1607230117
 Judul Tugas Akhir : Studi Eksperimental Pengaruh Sudut Sudu Turbin Terhadap Untuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Bekti Suroso.S.T.M.Eng	:
Pemanding – I : Chandra A Siregar.S.T.M.T	:
Pemanding – II : Riadini Wanty Lubis.S.T.M.T	:

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	14072301829	FADHURROHMAN	
2	1707230047	Habib Kusnawan	
3	1707230112	FERI PRANATA	
4	1607230117	M.Rizky Fahreza	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 14 Ramadhan 1442 H
28 April 2021 M

Ketua Prodi. T. Mesin

 Affandi.S.T.M.T


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

NAMA : Muhammad Rizky Fahreza
NPM : 1607230117
Judul T.Akhir : Studi Eksperimental Pengaruh Sudut Sudu Turbin Terhadap Untuk Ker-
Ja Turbin Pelton Skala Mikro.

Dosen Pembimbing – I : Bektri Suroso.S.T.M.Eng
Dosen Pembanding - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Riadini Wanty Lubis.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 : *lihat buku tugas akhir*
.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 24 Ramadhan 1442H
28 April 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.P.M.T.



Dosen Pembanding- I

Chandra A Siregar.S.T.M.T

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

NAMA : Muhammad Rizky Fahreza
NPM : 1607230117
Judul T.Akhir : Studi Eksperimental Pengaruh Sudut Sudu Turbin Terhadap Untuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro.

Dosen Pembimbing - I : Bektri Suroso.S.T.M.Eng
Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Riadini Wanty Lubis.S.T.M.T

KEPUTUSAN

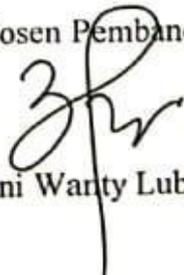
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - Tata tulis Abstrak
 - Masukkan teori Segit. Kecepatan digb 2
 - Tentukan parameter dari unguke kerja.
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 24 Ramadhan 1442H
28 April 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T



Dosen Pembimbing- II

Riadini Wanty Lubis.S.T.M.T



UMSU

Menjawab surat ini agar disebutkan
per dan tanggalnya

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

Jalan Kapten Muchtar 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 : 90/III.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 16 Januari 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD RIZKY FAHREZA
Npm : 1607230117
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : IX (SEMBILAN)
Judul Tugas Akhir : STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT SUDU TURBIN
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, 3 Jumadil Akhir 1442 H

16 Januari 2021 M



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT SUDU TURBIN TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN PELTON SKALA MIKRO

Nama : Muhammad Rizky Fahreza
NPM : 1607230117

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	JUMAT/22-01-2021	- Perbaiki: Latur belakang dan rumusan masalah	
2	RABU/27-01-2021	- Perjelas tujuan dan variabel yang digunakan	
3	SABTU/30-01-2021	- Tambahkan beberapa jurnal internasional dan nasional	
4	SABTU/13-02-2021	- Tambahkan data akuisisi	
5	KAMIS/25-02-2021	- Perbaiki diagram alir	
6	SENIN/07-03-2021	- Perbaiki gambar	
7	JUMAT/19-03-2021	- Perbaiki kesimpulan dan saran	
8	SELASA/23-03-2021	- Perbaiki daftar pustaka	
9	SENIN/05-04-2021	Ac seminar hasil	
10	REB. 17-10-2021	Ac sidang akhir	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Muhammad Rizky Fahreza
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 03 Desember 1997
Alamat : Jl. Cempaka Mas No. 51 E
E-Mail : fahrezarizky64@gmail.com
No. Hp : 085761784864

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. TK Islam Al-Azhar Kelapa Gading : 2002-2004
2. SDN 124395 : 2004-2010
3. SMP YP. Keluarga : 2010-2013
4. SMK NU 2 : 2013-2016
5. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara : 2016-2021

C. PENGALAMAN PRAKTIK KERJA & MAGANG

1. Praktik Kerja Industri – Bengkel AUTO 2000 Gatsu : 5 Januari 2015 s/d
31 Maret 2015
2. Magang Bersertifikat di PTPN II : 1 April 2019 s/d 30
September 2019