

TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH JUMLAH 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 RISKI
1707230116



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 Riski
NPM : 1707230116
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro
Bidang ilmu : Konversi Energi

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

Medan, Oktober 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



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

Dosen Penguji II



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

Dosen Penguji III



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 Riski
Tempat /Tanggal Lahir : Pematang Kuing /25 Juni 1998
NPM : 1707230116
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“ Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah 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, 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 Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2021

Saya yang menyatakan,


Muhammad Riski

ABSTRAK

Turbin air merupakan suatu peralatan konversi energi fluida kerja air dan salah satu jenis turbin air diantaranya adalah turbin pelton. Turbin pelton adalah jenis turbin air yang digunakan pada tinggi jatuh air yang besar dikarenakan jenis turbin ini menggunakan nosel hingga menghasilkan energi listrik yang besar pula. Dalam mencapai performa kinerja dari turbin pelton, sudu mempunyai peranan penting dikarenakan pemanfaatan energi air yang di tembakkan Nosel ke titik lingkaran tusuk ini dilakukan dua kali, yang pertama energi pancaran air pada sudu-sudu pada saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat air akan meninggalkan runner. Adapun yang menjadi tujuan umumnya untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja Turbin Pelton. Adapun tujuan khususnya (1) Mendapatkan nilai torsi yang terjadi pada poros. (2) Menghitung daya yang dihasilkan kerja Turbin. (3) Menganalisa nilai efisiensi dari kerja Turbin. Metode yang digunakan untuk menghitung daya turbin adalah dengan cara membaca pergerakan pertambahan beban yang terjadi setelah turbin berputar. Sebelum turbin berputar beban dihitung dulu berat awalnya. kemudian setelah turbin berputar catat pertambahan berat beban. Dan lakukan pengamatan kecepatan putar turbin saat poros berputar. Pada hasil pengujian optimal pada jumlah 20 Bucket dengan putaran = 583,1 Rpm, Daya = 55,53 Watt , Torsi = 13,53 Nm dan Efisiensi = 1,43 %.

Kata Kunci : Turbin Pelton, Jumlah Bucket, Kinerja Turbin Pelton

ABSTRACT

The water turbine is an energy conversion equipment for the working fluid of water and one type of water turbine is the Pelton turbine. The Pelton turbine is a type of water turbine that is used at large water falls because this type of turbine uses a nozzle to produce large electrical energy as well. In achieving the performance of the Pelton turbine, the blades have an important role because the use of water energy fired by the nozzle to the point of the circular puncture is carried out twice, the first is the energy of the water jet on the blades when the water starts to enter, and the second is the thrust. water on the blades when the water will leave the runner. The general objective is to determine the effect of the number of blades on the performance of the Pelton Turbine. The specific objectives are (1) to obtain the value of the torque that occurs on the shaft. (2) Calculate the power generated by Turbine work. (3) Analyzing the efficiency value of the turbine work. The method used to calculate turbine power is by reading the movement of the increase in load that occurs after the turbine rotates. Before the turbine rotates the load is calculated first its initial weight. then after the turbine rotates note the increase in the weight of the load. And observe the rotational speed of the turbine when the shaft rotates. In the optimal test results on the number of 20 buckets with rotation = 583.1 Rpm, Power = 55.53 Watt, Torque = 13.53 Nm and Efficiency = 1.43%.

Keywords: *Pelton Turbine, Number of Buckets, Pelton Turbine Performance*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah *Subhanahu wa ta'ala* yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiadaterkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Terimakasih kepada ayah saya Ahmad Saini dan ibunda Absah, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
2. Bapak Bakti Suroso, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing serta dekan Fakultas Teknik UMSU, yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
3. Bapak Chandra A. Siregar, S.T,M.T sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesinan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat-sahabat penulis: Vinnie shavira, PADR, Andika Pratama, Dapot Rianto Manurung, Agung Wahyudi, Fahri Singarimbun dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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

Medan, 15 Oktober 2021



Muhammad Riski

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian	14
Tabel 3.2	Job Sheet Variabel Tetap	23
Tabel 3.3	Job Sheet Variabel Tidak Tetap	23
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Tanpa Beban	24
Tabel 4.2	Hasil Pengujian dengan Beban Lampu	24
Tabel 4.3	Hasil Analisa Data	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Prototype</i> Turbin Pelton	6
Gambar 2.2	<i>Whell</i> Turbin	8
Gambar 2.3	Sudu (Bucket)	8
Gambar 2.4	Nosel	9
Gambar 2.5	Rumah Turbin	10
Gambar 3.1	<i>Whell</i> Turbin	15
Gambar 3.2	Sudu	15
Gambar 3.3	Nosel	16
Gambar 3.4	Tachometer	16
Gambar 3.5	Multi Tester	17
Gambar 3.6	Mikrokontrol Ardiuno	17
Gambar 3.7	Load Cell	18
Gambar 3.8	Flow Meter	18
Gambar 3.9	Skema Pengujian Turbin Pelton	19
Gambar 3.10	Diagram Alir Pengujian Jumlah Sudu	20
Gambar 3.11	Desain Sudu	21
Gambar 3.12	Desain <i>Runner</i>	21
Gambar 3.13	Desain Rumah Turbn	22
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Putaran Turbin dengan Debit Air	29
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Antara Torsi dengan Debit Air	29
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Antara Daya Turbin dengan Debit Air	30
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Antara Daya Air dengan Debit Air	30
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Antara Daya Air dengan Debit Air	31

DAFTAR NOTASI

Simbol	Besaran	Satuan
A	Luas ujung nosel	m^2
D_t	Diameter tusuk lingkaran	m
Q	Debit aliran air	m^3/s
V	Kecepatan aliran	m/s
F	Gaya pancaran sudu	N
T	Torsi	Nm
ρ	Masa jenis air	kg/m^3
ω	Kecepatan keliling	Rad/s
n	Putaran turbin	rpm
g	Gaya gravitasi	m/s^3
H	Head pompa	m
B_s	Lebar sudu	m
C_s	Kedalaman sudu	m
M	Lebar bukaan sudu	m
L_s	Panjang sudu	m
P_a	Daya air	watt
P_t	Daya turbin	watt
V_n	Kecepatan pancaran nosel	M
P_g	Daya generator	watt
V	Tegangan listrik	volt
I	Arus listrik	ampere
η_t	Efisiensi turbin	%

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Turbin air merupakan suatu peralatan konversi energi fluida kerja air, dan proses yang terjadi adalah perubahan energi kinetik air menjadi energi mekanis yang berupa putaran poros. Turbin air mengalami kemajuan dan perkembangan yang sangat pesat seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dalam berbagai bentuk dan nosel turbin telah diciptakan oleh manusia dengan prinsip yang sama yakni memanfaatkan energi potensial air. Salah satu jenis turbin air diantaranya adalah turbin pelton.

Turbin pelton adalah jenis turbin air yang digunakan pada tinggi jatuh air yang besar dikarenakan jenis turbin ini menggunakan nosel hingga menghasilkan energi listrik yang besar pula. Jenis turbin air ini memiliki Runner berbentuk pelak dengan jumlah sudu yang berbentuk bucket di sekelilingnya. Runner dihubungkan dengan poros dan seterusnya menggunakan generator. Pancaran air dari nosel pada sudu turbin diubah menjadi energi mekanik yaitu putaran roda turbin. Apabila roda turbin dihubungkan dengan poros generator listrik, maka energi mekanik putaran *whell* turbin diubah menjadi energi listrik pada generator.

Dalam menjadi peforma kinerja dari turbin pelton, sudu mempunyai peranan penting dikarenakan pemanfaatan energi air yang ditembakkan nosel ke titik lingkaran tusuk ini dilakukan dua kali, yang pertama energi pancaran air pada sudu-sudu pada saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat air akan meninggalkan runner.

Berdasarkan latar belakang ini, penulis ingin melakukan pengujian terhadap sebuah turbin pelton dengan cara mempariasikan jumlah sudu untuk mengetahui peforma dari turbin pelton. pengujian yang dilakukan pada turbin pelton tugas akhir yang berjudul

“STUDI EKSPESTRIMENTAL PENGARUH JUMLAH SUDU TURBIN TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN PELTON SKALA MIKRO”

1.2 Rumus Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah “ Bagaimana pengaruh jumlah sudu turbin terhadap unjuk kerja turbin pelton skala mikro? ”.

1.3 Ruang Lingkup 2

Berdasarkan data eksperimental yang dilakukan dengan menggunakan turbin pelton skala mikro maka ruang lingkup yang diperoleh yaitu :

1. Menggunakan turbin pelton dengan skala mikro.
2. Diameter runner menggunakan 246 mm.
3. Menggunakan 3 nosel.
4. Diameter nosel menggunakan 12 mm.
5. Diameter needel menggunakan 10 mm.
6. Variasi jumlah sudu 20, 22, dan 24 buah
7. Sudu turbin berbahan duraluminium.
8. Menggunakan pompa air dabaqua model 410A.
9. Fluida yang digunakan berjenis air dengan kapasitas 200 Liter.
10. Kondisi aliran pada aliran air turbulen.
11. Melakukan percobaan sebanyak 3 kali dalam 1 variabel.
12. Waktu yang digunakan sebanyak 5 menit dalam 1 variabel.

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan Umum

Adapun yang menjadi tujuan umumnya yaitu untuk menganalisa pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja Turbin Pelton.

1.4.2 Tujuan Khusus

Adapun Tujuan khusus dari pengujian Turbin Pelton adalah :

1. Untuk menganalisa torsi yang terjadi pada poros.
2. Untuk menganalisa daya turbin yang dihasilkan Turbin.
3. Untuk menganalisa daya air yang dihasilkan Turbin.
4. Untuk menganalisa efisiensi dari Turbin.

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 diperoleh.
2. Hasil dari penelitian ini diharapkan akan bermanfaat untuk pengembangan turbin pelton.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Perkembangan tentang perancangan turbin pelton skala mikro dengan pengaruh jumlah sudu turbin. Berikut ini merupakan beberapa hasil penelitian yang berkaitan dengan perancangan turbin pelton skala mikro dengan pengaruh jumlah sudu turbin.

Berdasarkan Khairul Umurani, dkk (2018) menunjukkan bahwa adanya pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin pelton *prototype*, sehingga dapat disimpulkan sebagai berikut.

Pada Pengujian ini terdapat dua variasi jumlah bucket yaitu 10 bucket dan 12 bucket. Hasil nilai pengujian yang tertinggi terletak pada jumlah bucket 10 yaitu mendapatkan nilai rpm sebesar 335 rpm, daya yang dihasilkan sebesar 341,5 watt, Torsi yang dihasilkan sebesar 290,76 kg.mm dan efisiensi turbin sebesar 48 %. (Khairul Umurani, dkk (2018))

Berdasarkan Ahmad Marabdi dan Khairul Umurani, dkk (2020) dari analisa yang didapat hasil penelitian turbin whirlpool yang menggunakan jumlah sudu 6 dan 8 dapat disimpulkan bahwa sebagai berikut.

Pada analisa yang didapat bahwa Torsi yang terendah terdapat pada jumlah sudu 6 dengan nilai 7,60858 kg.mm dan torsi yang tertinggi didapat pada jumlah sudu 8 dengan nilai 10,06572 kg.mm. daya turbin yang terendah terdapat pada sudu 6 dengan nilai 0,2654549 Watt dan daya turbin yang tertinggi didapat pada jumlah sudu 8 dengan nilai 1,03288761 Watt. Daya air yang terendah terdapat pada jumlah sudu 6 dengan debit 90 liter/menit dengan nilai 18,2466 Watt dan daya air yang tertinggi terdapat pada jumlah sudu 8 dengan debit 150 liter/menit dengan nilai 30,411 Watt. (Ahmad Marabdi dan Khairul Umurani, dkk (2020))

Berdasarkan Ahmad Yani, dkk (2018) menunjukkan adanya pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin pelton, sehingga dapat disimpulkan bahwa :

1. Kecepatan tangensial maksimum terjadi pada jumlah sudu 14 dengan nilai sebesar 12.769 rad/s, sedangkan kecepatan tangensial minimum terjadi pada jumlah sudu 18 dengan nilai sebesar 12.141 rad/s.
2. Nilai hidrolis yang didapat pada penelitian ini 2.640 Watt.

3. Nilai daya kinetik yang didapat pada penelitian ini 3.886 Watt.
4. Daya turbin maksimum yang terjadi pada jumlah sudu 14 dengan nilai daya turbin sebesar 112.26 Watt, sedangkan daya turbin yang terjadi pada jumlah sudu 18 dengan nilai daya turbin sebesar 99.14 Watt.
5. Daya generator listrik maksimum yang terjadi pada jumlah sudu 14 dengan nilai sebesar 0.736 Watt, sedangkan daya generator listrik minimum yang terjadi pada jumlah sudu 18 dengan nilai sebesar 0.661 Watt.
6. Efisiensi turbin maksimum yang terjadi pada jumlah sudu 14 dengan nilai efisiensi turbin sebesar 28.88%, sedangkan efisiensi turbin minimum terjadi pada jumlah sudu 18 dengan nilai efisiensi turbin sebesar 25.512%.
7. Efisiensi generator listrik maksimum terjadi pada jumlah sudu 14 dengan nilai sebesar 0.736%, sedangkan efisiensi generator listrik minimum terjadi pada jumlah sudu 18 dengan nilai sebesar 0.661%. (Ahmad Yani, dkk (2018))

Berdasarkan I Gusti Ngurah Saputra, dkk (2020) menunjukkan hasil pengujian pengaruh jumlah sudu pada prototype PLMTH dengan menggunakan turbin pelton terhadap efisiensi yang dihasilkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil pengukuran kecepatan putaran turbin minimum pada jumlah sudu 18 didapat nilai dengan sebesar 406.8 rpm, sedangkan kecepatan putaran turbin menengah pada jumlah sudu 20 dengan nilai sebesar 466.6 rpm dan kecepatan turbin maksimum pada jumlah sudu 22 dengan nilai sebesar 497.2 rpm.
2. Hasil pengukuran kecepatan putaran generator minimum pada jumlah sudu 18 didapat nilai sebesar 1962.8 rpm, sedangkan kecepatan putaran generator menengah pada jumlah sudu 20 didapat nilai sebesar 1988.8 rpm dan kecepatan putaran generator maksimum pada jumlah sudu 22 didapat nilai sebesar 2133.8 rpm.
3. Hasil pengukuran tegangan generator minimum pada jumlah sudu 18 didapat nilai sebesar 14,65 volt, sedangkan tegangan generator menengah pada jumlah sudu 20 didapat nilai sebesar 15.1 volt dan tegangan

generator maksimum pada jumlah sudu 22 didapat nilai sebesar 15.72 volt.

4. Hasil pengukuran tegangan arus generator minimum pada jumlah sudu 18 didapat nilai sebesar 1.93 A, sedangkan pengukuran tegangan arus generator menengah pada jumlah sudu 20 didapat nilai sebesar 2.01 A dan pengukuran tegangan arus generator pada jumlah sudu 22 didapat nilai sebesar 2.14 A.
5. Hasil perhitungan efisiensi minimum pada jumlah sudu 18 didapat nilai sebesar 3.83 %, sedangkan perhitungan efisiensi menengah pada jumlah sudu 20 didapat nilai sebesar 4.1 % dan perhitungan efisiensi menengah pada jumlah sudu 22 didapat nilai sebesar 4.54 %. (I Gusti Ngurah Saputra, dkk (2020))

Berdasarkan Putu Andi Dinata, dkk (2020) pengujian turbin pelton dengan variasi jumlah sudu terhadap daya output pada prototype pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

1. Kecepatan putar turbin maksimum yang didapatkan pada turbin yang memiliki jumlah sudu 18 adalah 575.3 rpm sebelum dikopel generator dan 497 rpm untuk kondisi setelah dikopel generator. Kecepatan generator rata-rata sebesar 3280,7 rpm sebelum dikopel dengan beban dan 2309 rpm setelah dikopel dengan beban.
2. Tegangan, arus dan daya yang dihasilkan secara berturut-turut yaitu 24.95 volt, 0.42 amper dan 10.479 watt, torsi maksimum sebesar 0.205 Nm pada sudu dengan jumlah 18.
3. Efisiensi terbesar yang diperoleh pada pengujian PLMTH menggunakan turbin pelton 8.52 % pada turbin dengan jumlah sudu 18. (Putu Andi Dinata, dkk (2020))

Berdasarkan Vishal Gupta, dkk (2018) dari hasil pengujian pengaruh jumlah bucket terhadap karakteristik arus diturbin pelton. Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh torsi telah dilakukan pada rezim operasi terukur untuk tiga jumlah bucket yaitu 18, 20 dan 22. Hasil perhitungan sesuai grafik didapat nilai sebesar 0.21 Nm, 0,20 Nm dan 0.19. Terlihat ada pengaruh pada

jumlah bucket karena adanya fluksi besar dalam torsi pada jumlah bucket 18 dan fluksi berkurang seiring nya terjadi penambahan bucket. Hal ini terjadi dikarenakan ada pengurangan waktu untuk pencapaian bucket normal ke jet karena jumlah bucket meningkat.

2. Variasi efisiensi dengan kecepatan untuk runner memprediksikan adanya perubahan. Efisiensi maksimum yang dicapai dengan kecepatan yang hampir sama. Hasil nilai efisiensi maksimum terlihat pada jumlah bucket 20 dengan nilai sebesar 1.01%. (Vishal Gupta, dkk (2018))

Berdasarkan Nanang Setiawan, dkk (2019) dari hasil pengujian pengaruh jumlah sudu dan diameter nozel terhadap kinerja turbin pelton. Maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil penelitian diketahui bahwa daya turbin maksimal dengan jumlah sudu 21 dan diameter nozel 8 mm sebesar 2.15 Watt. Sedangkan jumlah sudu 19 dan diameter nozel 8 mm daya turbin yang didapat sebesar 1.91 Watt, dan daya turbin dengan jumlah sudu 23 dan diameter nozel 8 mm sebesar 1.95 Watt.
2. Daya turbin maksimal dengan jumlah susu 19 dan diameter nozel 10 mm sebesar 1.4 Watt. Sedangkan jumlah sudu 21 dan diameter nozel 10 mm nilai daya turbin didapat 1.49 Watt, dan daya turbin dengan jumlah sudu 23 dan diameter nozel 10 mm sebesar 1.41 Watt. (Nanang Setiawan, dkk (2019))

Berdasarkan I Gusti Putu Andhita Mahayana, dkk (2020) dari hasil pengujian ini telah telah dibangun prototype PLTMH dengan turbin pelton yang memiliki jumlah sudu 18 buah dimana sudu memiliki lebar 5 cm, panjang 4.47 cm, tinggi 1.6 cm dan tebal 0.28 cm dengan diamter total runner sebesar 22 cm. Prototype ini memiliki 1 nozel yang sudut pancaran nozelnya 75° yang pancaran air yang memiliki tekanan yang bernilai 21 psi. Prototype ini mampu menghasilkan debit air sebesar 4.5 L/s, sedangkan daya turbin sebesar 9.809 Watt atau sebanding dengan 10 Watt dan torsi sebesar 0.26 Nm sehingga prototype ini memiliki nilai efisiensi sebesar 1.48%. (I Gusti Putu Andhita Mahayana, dkk (2020))

Berdasarkan Dimas Khairul Anam, dkk (2020) hasil penelitian, pengujian dan pembahasan data mengenai variasi jumlah sudu turbin crossflow. Dapat diambil kesimpulan terhadap karakteristik jumlah sudu pada daya dan efisiensi yang dihasilkan sebagai berikut:

1. Daya tertinggi terdapat pada turbin dengan variasi jumlah sudu 6 pada kapasitas 11.010 L/s dengan nilai daya turbin yang dihasilkan sebesar 2.650 Watt dengan pembebanan 6500 gram sedangkan variasi jumlah sudu 8 dengan nilai daya turbin sebesar 2.494 Watt dengan pembebanan 5000 gram pada kapasitas 11.010 L/s dan variasi jumlah sudu 4 dengan nilai daya turbin sebesar 2.430 Watt pada kapasitas aliran sebesar 11.010 L/s dengan pembebanan 6500 gram.
2. Efisiensi tertinggi terdapat pada turbin dengan variasi jumlah sudu 6 pada kapasitas 10.010 L/s dengan nilai efisiensi sebesar 57.189% dengan pembebanan 6500 gram. Sedangkan jumlah sudu 8 dengan nilai efisiensi sebesar 53.833% pada kapasitas air 11.010 L/s dengan pembebanan 5000 gram dan jumlah sudu 4 dengan nilai efisiensi 52.445% pada pembebanan 6500 gram dan kapasitas aliran sebesar 11.010%. (Dimas Khairul Anam, dkk (2020))

Berdasarkan suwarti, dkk (2019) hasil dari penelitian variasi jumlah sudu dan modifikasi bentuk nozel pada turbin turgo untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

1. Daya mekanik maksimum perbandingan antar nozel lingkaran dan nozel persegi dari variasi jumlah sudu 17, 18, 19 dan 20 terbaiknya pada jumlah sudu 18 menggunakan nozel lingkaran diperoleh daya mekaniknya sebesar 261.722 Watt pada putaran 851.754 rpm, dan daya mekanik terendah terjadi pada nozel persegi yaitu pada sudu 19 sebesar 228.999 Watt pada putaran 1086.85 rpm.
2. Daya generator maksimum perbandingan antara nozel lingkaran dan nozel persegi dari variasi jumlah sudu 17, 18, 19 dan 20 terbaiknya pada jumlah sudu 20 menggunakan nozel lingkaran diperoleh gaya generatornya sebesar 145.537 Watt pada putaran 1076.043 rpm dan gaya generator

terdah juga terjadi pada nozel persegi yaitu pada sudu 19 sebesar 123.047 Watt pada putaran 970.231 rpm.

3. Efisiensi generator maksimum perbandingan antara nozel lingkaran dan nozel persegi dari variasi jumlah sudu 17, 18, 19 dan 20 terbaiknya pada jumlah sudu 18 menggunakan nozel persegi diperoleh efisiensi generator sebesar 59.78% pada putaran 1037.76 rpm dan efisiensi generator terendah juga terjadi pada nozel persegi yaitu pada jumlah sudu 17 sebesar 48.07% pada putaran 973.959 Rpm. (suwarti, dkk (2019)).

2.2. Turbin Pelton

Turbin pelton merupakan jenis turbin implus yang dipakai *head* yang besar. Terdiri dari satu set *runner* yang berisi sudu dipasang secara sejajar pada *disk*. Turbin ini diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu nozel atau lebih. Berikut dibawah ini Gambar 2.1 turbin pelton.



Gambar 2.1 *Prototype* Turbin Pelton

Aliran fluida dalam pipa yang dihasilkan dari *head* akan keluar dengan kecepatan tinggi melalui nozel. Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Tekanan air diubah menjadi kecepatan, pancaran air akan mengenai bagian tengah-tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok kedua arah

sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik (I Gusti Ngurah Saputra dkk, 2020).

2.3. Klarifikasi Turbin Air

Turbin air berdasarkan perubahan momentum atau tekanannya dikelompokkan kedalam dua bagian yaitu turbin tekanan sama (aksi) dan turbin tekanan lebih (reaksi).

- a. Turbin tekanan sama (aksi) ataupun turbin implus adalah sebuah turbin dimana tekanan pancaran air melalui nosel memiliki tekanan yang sama dengan tekanan atmosfer disekitarnya. Sehingga energi tempat dan energi kecepatan. Contohnya turbin pelton dan turbin crossflow.
- b. Turbin tekanan lebih (reaksi) adalah sebuah turbin dimana tekanan air sebelum masuk roda turbin lebih besar dari pada tekanan air saat keluar roda turbin. Secara umum dapat dikatakan bahwa aliran air yang masuk ke roda turbin mempunyai energi penuh, kemudian energi ini dipakai sebagian untuk menggerakkan roda turbin dan sebagian lagi dipergunakan untuk mengeluarkan air keseluruhan pembuangan. Jenis turbin reaksi yang sering digunakan antara lain, turbin prancis, turbin propeler atau kaplan.

2.4. Komponen Utama Turbin Pelton

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

Turbin pelton ditentukan oleh sebuah diameter tangensial pada roda yang dilewati oleh titik tengah semburan air yang berasal dari pancaran. Berikut dibawah ini komponen-komponen turbin pelton.

2.4.1. *Wheel* Turbin

Wheel turbin pelton pada dasarnya terdiri atas piringan dan sejumlah mangkok atau *bucket* yang terpasang disekelilingnya. Piringan terpasang pada poros dengan sambungan pasak dan *stopper*. Berikut dibawah ini Gambar 2.2 *whell* turbin.



Gambar 2.2 *Wheel Turbin*

Kecepatan keliling *wheel* turbin dapat dihitung dengan persamaan: (nanang setiawan 2019). Gambar *Wheel Turbin* dapat dilihat diatas

$$v = 0,44 \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (2.1)$$

Diameter lingkaran tusuk dapat dihitung dengan persamaan :

$$D_t = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot n} \quad (2.2)$$

2.4.2. Sudu (*Bucket*)

Sudu turbin pelton atau disebut sudu yang berbentuk dua buah mangkok. Sudu berfungsi membagi pancaran menjadi 2 bagian. Gaya pada sudu berasal dari pancaran air yang keluar dari nosel, yang dibalikkan setelah membentur sudu, arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum, gaya inilah yang disebut gaya impuls. Berikut dibawah ini Gambar 2.3 sudu (*bucket*) turbin pelton.



Gambar 2.3 Sudu (*bucket*)

Untuk menentukan jumlah sudu (*bucket*) optimal dapat digunakan dengan persamaan berikut : (nanang setiawan 2019)

$$Z = 5,4 \sqrt{\frac{D_t}{d_n}} \quad (2.3)$$

2.4.3. Nosel

Nosel merupakan bagian dari turbin yang sangat penting, yang berfungsi sebagai pemancar aliran air untuk menyemprot ke arah sudu-sudu turbin. Kecepatan aliran meningkat disebabkan oleh 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. Berikut dibawah ini contoh Gambar 2.4 nosel.



Gambar 2.4 Nosel

Untuk menentukan diameter pancaran air atau nosel maksimum dapat digunakan dengan persamaan berikut : (*nanang setiawan, 2019*)

$$d_n = 0,52 \sqrt{\frac{Q}{H}} \quad (2.4)$$

Jarak pusat pancaran jet ke ujung sudu :

$$l = (1,2 - 1,9) \times d_n \quad (2.5)$$

Sedangkan untuk menghitung kecepatan pancaran jet menggunakan persamaan :

$$V_n = \frac{Q}{A_n} \quad (2.6)$$

$$V_n = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} d_n^2}$$

2.4.4. 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 dan cuaca. Berikut dibawah ini contoh Gambar 2.6 rumha turbin.



Gambar 2.5 Rumah turbin

2.5 Prinsip Kerja Turbin Pelton

Prinsip kerja turbin pelton yaitu merubah gaya potensial air menjadi gaya mekanis yang terjadi akibat reaksi impuls pada *runner* turbin yang menyebabkan *runner* turbin dapat berputar selama ada pancaran air yang menyemprot sudu. Air disemprotkan dari nosel mengenai sudu-sudu turbin, maka *runner* dapat berputar untuk memutar *pulley* turbin yang terhubung ke generator menggunakan *belt* sehingga generator dapat berputar.

2.6 Teori Dasar Aliran (Hidrodinamik)

Air yang mengalir mempunyai energi yang dapat digunakan untuk memutar wheel turbin, karena itu pusat-pusat tenaga air dibangun disungai-sungai dan dipegunungan. Pusat tenaga air tersebut dapat dibedakan menjadi dalam 2 golongan, yaitu pusat tenaga air tekanan tinggi dan pusat tenaga air tekanan rendah. Dari selisih tinggi permukaan air atas TPA dan permukaan air bawah TPB terdapat tinggi air jatuh H . Dengan menggunakan rumus-rumus mekanika fluida, daya turbin dan dimensi bagian-bagian turbin lainnya serta bentuk energi dari aliran air dapat ditentukan.

Dari kapasitas V dari tinggi jatuh air H dapat diperoleh daya yang dihasilkan turbin dengan persamaan :

$$P_t = T \cdot \omega \quad (2.7)$$

Dimana ω adalah kecepatan keliling turbin. Untuk mengetahui nilai dari kecepatan keliling turbin maka digunakan persamaan :

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (2.8)$$

Apabila momen puntir dari suatu poros sudah diketahui maka untuk daya turbin juga dapat dicari menggunakan rumus :

$$T = 9,74 \cdot 10,5 \cdot \frac{P_t}{n} \quad (2.9)$$

Atau

$$T = F \cdot r$$

Turbin air biasanya diketahui kapasitas air, tetapi pada turbin uap dan gas diketahui jumlah massa fluida yang dialirkan. Untuk mengetahui kapasitas daya air digunakan persamaan :

$$P_a = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (2.10)$$

Untuk menentukan efisiensi turbin dapat dihitung dengan persamaan :

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100 \% \quad (2.11)$$

2.7 Jenis-Jenis Turbin Pelton

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

1. Turbin poros horizontal

Turbin ini digunakan untuk head kecil hingga menengah. Makin banyak aliran air yang dibagi dalam arti makin banyak nozel 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 dari pada dengan dua buah turbin yang masing-masing dengan satu buah roda.

2. Turbin poros vertikal

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

2.8 Klasifikasi Arah Aliran Pendorong Turbin Pelton

Turbin air digerakan karena adanya dorongan aliran air yang tinggi sehingga dapat memutar sudu-sudu turbin. Berikut klarifikasi turbin air berdasarkan aliran arah tembak fluida yaitu *overshot*, *undershot* dan *breastshot*. (morong, 2016)

1. *Overshot*

Tipe *overshot* adalah tipe turbin air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian atas turbin. Keuntungan dari tipe *overshot* ialah :

- a. Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85 %
- b. Tidak membutuhkan aliran yang deras.
- c. Konstruksi yang sederhana.
- d. Mudah dalam perawatan.
- e. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan didaerah yang terpencil.

Sedangkan kerugian dari tipe *overshot* yaitu :

- a. Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan sir memerlukan investasi lebih banyak.
- b. Tidak dapat digunakan untuk mesin putaran tinggi.
- c. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.

2. *Undershot*

Tipe *undershot* adalah turbin air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian bawah turbin. Keuntungan dari penggunaan tipe *undershot* ialah :

Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.

- a. Konstruksi lebih sederhana.
- b. Lebih ekonomis.
- c. Mudah untuk dipindahkan.

Sedangkan kerugian dari tipe *undershot* yaitu :

- a. Efisiensi kecil (25% - 70%).
- b. Daya yang dihasilkan relatif kecil.

3. *Breastshot*

Tipe *breastshot* adalah tipe turbin air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu dan bagian tengah turbin. Keuntungan dari tipe *breastshot* yaitu :

- a. Tipe ini lebih efisiensi dari tipe *undershot*.
- b. Dibandingkan tipe *overshot* tinggi jatuhnya lebih pendek.
- c. Dapat diaplikasikan pada sumber air aliran rata.

Sedangkan kerugian dari tipe *breastshot* yaitu :

- a. Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe *undershot* (lebih rumit).
- b. Diperlukan pada arus aliran rata.
- c. Efisiensi lebih kecil dari pada tipe *overshot* (20% - 75%).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

3.1.1. Tempat

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

3.1.2. Waktu Penelitian

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

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Study Literatur dan Desain						
2	Pembuatan Alat dan Pengujian						
3	Pengambilan Data						
4	Analisa Data						
5	Seminar Hasil						
6	Sidang Sarjana						

3.2 Peralatan Pengujian

3.2.1. *Whell* Turbin Pelton

Whell turbin pelton berperan sebagai tempat duduknya sudu untuk mengubah energi fluida yang terkandung pada air menjadi energi listrik, adapun spesifikasi *whell* turbin yang digunakan adalah :



Gambar 3.1 *Whell* Turbin

Jumlah sudu	: 20, 22 dan 24 Buah
Diameter Runner	: 246 mm
Diameter Poros	: 86 mm
Tipe Pasak	: Pasak Baut

3.2.2. Sudu

Sudu adalah salah satu alat utama yang akan diuji. Sudu berperan untuk penghantar energi fluida air pada runner dengan susunan jumlah sudu yang telah ditentukan menjadu suatu putaran. Adapun spesifikasi sudu yang digunakan adalah :

Panjang	: 95 mm
Lebar	: 66 mm
Kedalaman	: 16 mm
Tebal	: 3 mm



Gambar 3.2 Sudu

3.2.3. Nosel

Nosel berfungsi sebagai alat pemancar air berkecepatan tinggi yang diarahkan tepat pada sudu turbin untuk memutar poros turbin. Adapun spesifikasi nosel yang digunakan adalah :

Jumlah Nosel	: 3 Buah
Diameter Nosel	: 12 mm
Diameter Needle	: 10 mm



Gambar 3.3 Nosel

3.2.4. Tachometer

Tachometer berfungsi untuk mengukur jumlah putaran pada sebuah poros turbin dalam satuan waktu. Adapun spesifikasi tachometer yang digunakan adalah :

Merek	: DT6236B Nankai
Ketepatan	: 0,05% + 1 digital
Mendeteksi Jarak	: 50mm-500mm



Gambar 3.4 Tachometer

3.2.5. Multi Tester

Multitester berfungsi untuk mengukur tegangan yang dihasilkan oleh turbin. Berikut dibawah ini gambar multi tester.

Merek	: DT9205A
DC voltage	: 200m-1000V \pm 0,5%
AC voltage	: 200m-700V \pm 1,0%
DC current	: 2m-200m-20A \pm 1,8%



Gambar 3.5 Multi Tester

3.2.6. Mikrokontrol Ardiuno

Mikrokontrol ardiuno uno digunakan untuk mengontrol dan menerjemahkan data ataupun input sinyak yang ditangkap oleh sensor pembaca seperti sensor loadcell dan flowmeter dan menerjemahkannya dalam bentuk data yang dapat dibaca secara visual. Spesifikasi ardiuno yang digunakan :

Tipe ardiuno	: ardiuno mega 2560
Digital pin	: 54 pin
Analog input Pin	: 16 Pin
Flash memori	: 256 KB diantaranya 8 KB digunakan oleh bootloader



Gambar 3.6 Mikrokontrol Ardiuno

3.2.7. Load Cell

Load cell berfungsi sebagai pembaca berat beban yang diletakan diatas poros turbin sebag pengujian untuk mengetahui torsi yang terjadi pada poros. Load cell yang digunakan adalah load cell 50 kg.



Gambar 3.7 Load Cell

3.2.8. Flow Meter

Flow meter adalh suatu alat yang digunakan untuk mengukur debit suatu air dengan satuan Liter/menit.



Gambar 3.8 Flow Meter

3.3 Skema Pengujian Jumlah Sudu Turbin pelton

Berikut dibawah ini adalah skema pengujian jumlah bucket



Gambar 3.9 Skema Pengujian Turbin Pelton

Keterangan :

1. Pompa air dabaqua model 410A

5 Sudu (*Bucket*)

2. Inverter

6. *Runner*

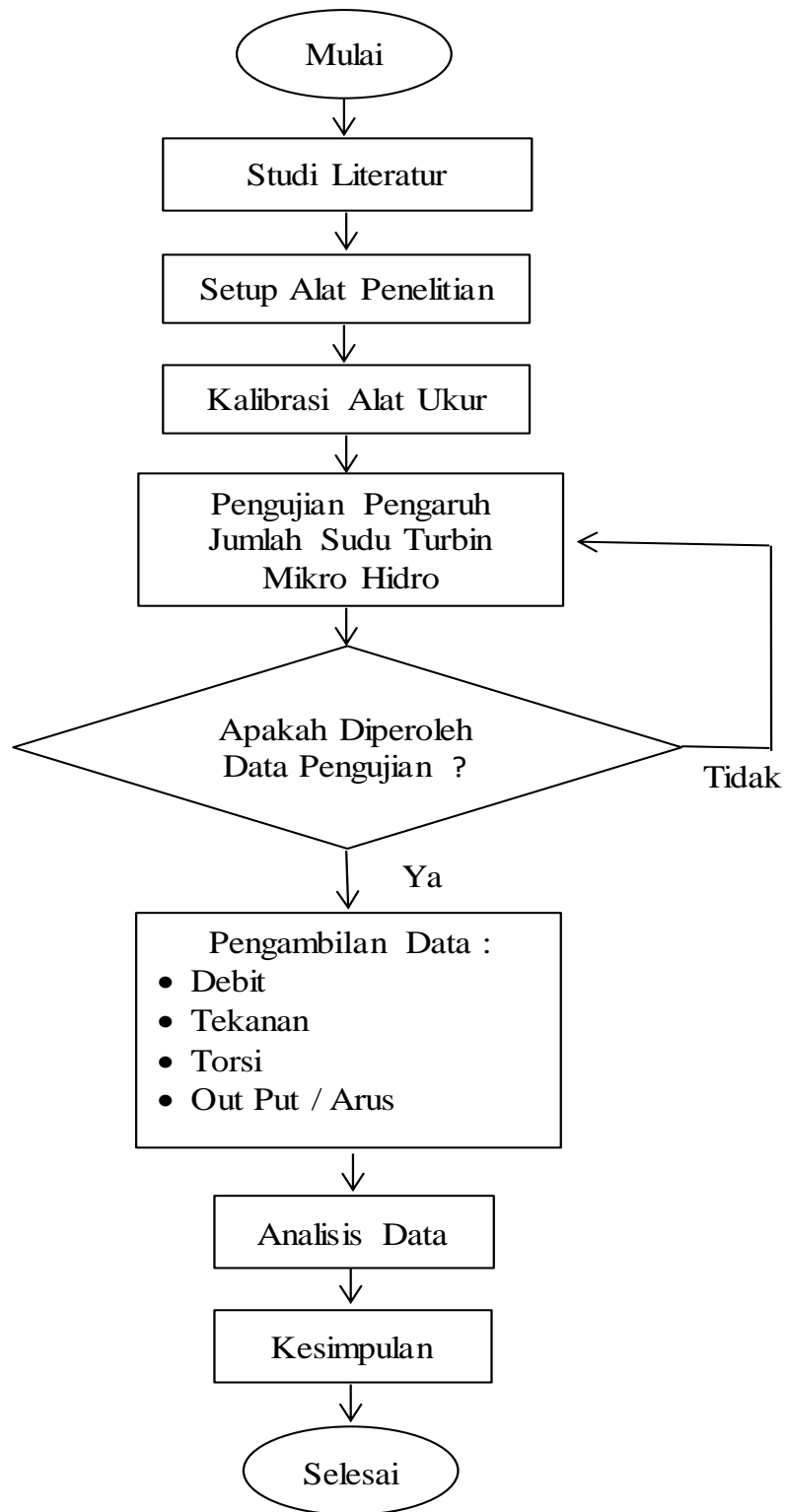
3. Flow meter

7. Nosel

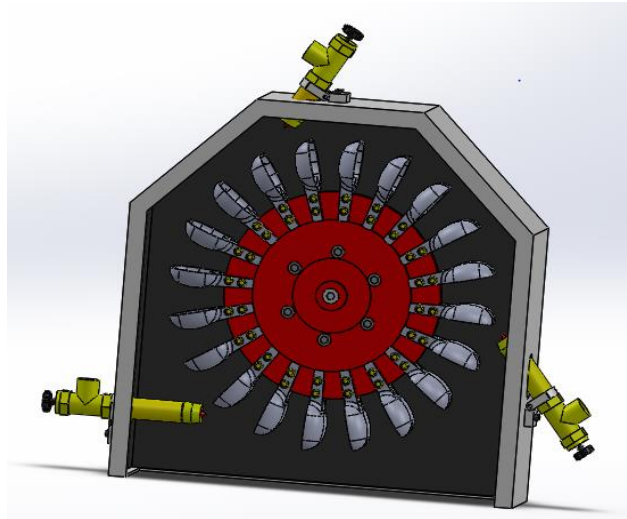
4. Katup nosel

8. Drum air

3.4 Diagram Alir Pengujian Jumlah Sudu



Gambar 3.10 Diagram Alir Pengujian Jumlah Sudu



Gambar 3.13 Desain Rumah Turbin

3.6 Prosedur Pengujian

Percobaan pertama pada penelitian turbin pelton dengan variasi jumlah sudu.

1. Menyiapkan alat penelitian turbin pelton dan menyediakan alat seperti obeng negatif/positif, kunci L dan kunci pas 10.
2. Mengisi air tawar kedalam bak penampung air dengan kapasitas 200 Liter.
3. Memasang *needle* nosel dengan diameter 10 mm.
4. Memasang diameter nosel dengan diameter 12 mm.
5. Memasang *runner* dengan diameter 246 mm.
6. Memasang sudu berjumlah 20 buah.
7. Memasang plat tutup pada rumah turbin.
8. Pastikan posisi katup pada 3 nosel dalam keadaan membuka full.
9. Pastikan semua kondisi alat dalam keadaan baik.
10. Tekan tombol run untuk menghidupkan pompa air pada inverter.
11. Menentukan putaran pompa pada 50 Hz
12. Mencatat hasil putaran turbin, flow air, tegangan, arus yang dihasilkan oleh tubin pada LCD.
13. Mengulang langkah pada nomor 6 sampai dengan 13 pada variasi jumlah sudu : 20, 22 dan 24 buah.
14. Menganalisa data penelitian untuk mengetahui hubungan antara variabel yang telah ditentukan.

15. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan.

3.7 Metode pengukuran

Metode yang digunakan untuk menghitung daya turbin adalah dengan cara membaca pergerakan pertambahan beban yang terjadi setelah turbin berputar. Sebelum turbin berputar beban dihitung dulu berat awalnya. Kemudian setelah turbin berputar catat pertambahan berat beban. Dan lakukan pengamatan kecepatan putar turbin saat poros berputar.

3.8 Job Sheet Penelitian

Tabel 3.2 Job Sheet Variabel Tetap

No.	Variasi Jumlah Sudu	Percobaan Ke	Frekuensi (Hz)	Flow (m/s)	Diameter runner (mm)	Sudut Sudu	Jumlah Nosel	Bukaan Nosel
1	20	1	50	62	246	0°	3	Penuh
		2		62	246	0°	3	Penuh
		3		62	246	0°	3	Penuh
2	22	1	50	62	246	0°	3	Penuh
		2		62	246	0°	3	Penuh
		3		62	246	0°	3	Penuh
3	24	1	50	62	246	0°	3	Penuh
		2		62	246	0°	3	Penuh
		3		62	246	0°	3	Penuh

Tabel 3.3 Job Sheet Variabel Tidak Tetap

No.	Variasi Jumlah Sudu	Percobaan Ke	Frekuensi (Hz)	Flow (m/s)	Putaran (rpm)	Torsi (kg.m m)	Tegangan (volt)	Arus (amp)
1	20	1	50	62	-	-	-	-
		2		62	-	-	-	-
		3		62	-	-	-	-
2	22	1	50	62	-	-	-	-
		2		62	-	-	-	-
		3		62	-	-	-	-
3	24	1	50	62	-	-	-	-
		2		62	-	-	-	-
		3		62	-	-	-	-

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil pengujian

Data hasil pengujian turbin ini diambil menggunakan alat ukur *tachometer* untuk mengetahui putaran turbin yang dihasilkan terlihat pada lampiran 1. Untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan turbin menggunakan alat ukur *multitester* terlihat pada lampiran 1, kemudian untuk mengetahui debit aliran diukur menggunakan sensor flowmeter terlihat pada lampiran 1, untuk mengukur beban pada putaran turbin menggunakan sensor load cell terlihat pada lampiran 1.

4.2 Pengolahan Data Perhitungan

Data yang didapat dari hasil pengujian kemudian diolah dengan melakukan perhitungan untuk mencari Debit air, Torsi, Daya turbin, Daya air dan Efisiensi Turbin. Berikut dibawah ini tabel hasil penelitian jumlah sudu turbin pelton

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tanpa Beban

No	Variasi Jumlah Sudu	Percobaan Ke	Debit Air (L/m)	Putaran Turbin (rpm)	Torsi (kg.mm)	Tegangan (volt)	Arus (ampere)
1	20	1	57	582,9	0,16	35,0	0,28
		2	56	583	0,16	35,1	0,29
		3	57	583,1	0,17	35,5	0,29
2	22	1	61	571	0,13	34,4	0,19
		2	57	570,8	0,14	34,1	0,21
		3	57	571,1	0,15	34,8	0,21
3	24	1	57	553,8	0,12	33,5	0,17
		2	57	554	0,13	33,9	0,18
		3	57	554,3	0,13	34,0	0,18

Tabel 4.2 Hasil Pengujian dengan Beban Lampu

No	Variasi Jumlah Sudu	Percobaan Ke	Debit Air (L/m)	Putaran Turbin (rpm)	Torsi (kg.mm)	Tegangan (volt)	Arus (amp)	Beban (lampu)
1	20	1	57	397,1	1,1	23,0	0,43	74watt
		2	56	397,4	1,32	23,5	0,44	74watt
		3	57	397,4	1,33	23,9	0,44	74watt
2	22	1	61	385,8	1,22	18,1	0,41	56watt
		2	57	386,1	1,24	18,2	0,42	56watt
		3	57	386,2	1,25	18,5	0,42	56watt
3	24	1	57	390,1	1,14	17,9	0,38	38watt
		2	57	390,5	1,16	18,0	0,38	38watt

4.4 Analisa Perhitungan Terhadap Unjuk Kerja Turbin

Dalam menghitung pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini dengan jumlah sudu 20, 22 dan 24 buah. Adapun perhitungan sebagai berikut.

4.4.1 Pengaruh 20 jumlah sudu terhadap efisiensi turbin

1. Head pompa (ΔP)

Head pompa turbin dapat dihitung dengan persamaan :

$$\Delta P = P_d - P_s$$

$$\Delta P = 14,39 - 2,91$$

$$\Delta P = 11 \text{ Mpa}$$

2. Kecepatan keliling (ω)

Kecepatan keliling turbin dapat dihitung dengan persamaan :

$$\omega = \frac{2 \cdot g \cdot n}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 397,4}{60}$$

$$\omega = 41,594 \text{ rad / s}$$

3. Torsi (T)

Untuk mendapatkan torsi maka dapat dihitung dengan persamaan :

$$T = F \cdot r$$

$$T = 1,38.80 \text{ mm}$$

$$T = 110,4 \text{ Kg.mm} = 1,082 \text{ Nm}$$

4. Daya turbin (P_t)

Untuk mendapatkan daya turbin maka dihitung dengan persamaan :

$$P_t = T \cdot \omega$$

$$P_t = 1,082.41,594$$

$$P_t = 45,00 \text{ Watt}$$

5. Daya air (P_a)

Adapun daya air dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_a = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$$

$$P_a = 1000 \cdot 9,81 \cdot 11 \cdot 0,00095$$

$$P_a = 102,51 \text{ watt}$$

6. Efisiensi (η_t)

Dengan mengetahui P_t dan P_a maka efisiensi turbin dapat dihitung dengan persamaan :

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

$$\eta_t = \frac{45,00}{102,51} \times 100\%$$

$$\eta_t = 43,89\%$$

4.4.2 Pengaruh 22 jumlah sudu terhadap efisiensi turbin

1. Kecepatan keliling (ω)

Kecepatan keliling turbin dapat dihitung dengan persamaan :

$$\omega = \frac{2 \cdot g \cdot n}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 390,7}{60}$$

$$\omega = 40,893 \text{ rad / s}$$

2. Torsi (T)

Untuk mendapatkan torsi maka dapat dihitung dengan persamaan :

$$T = F \cdot r$$

$$T = 1,25 \cdot 80 \text{ mm}$$

$$T = 100 \text{ Kg} \cdot \text{mm} = 0,980 \text{ Nm}$$

3. Daya turbin (P_t)

Untuk mendapatkan daya turbin maka dihitung dengan persamaan :

$$P_t = T \cdot \omega$$

$$P_t = 0,980 \cdot 40,893$$

$$P_t = 40,07 \text{ watt}$$

4. Daya air (P_a)

Adapun daya air dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_a = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$$

$$P_a = 1000 \cdot 9,81 \cdot 11 \cdot 0,00095$$

$$P_a = 102,51 \text{ Watt}$$

5. Efisiensi (η_t)

Dengan mengetahui P_t dan P_a maka efisiensi turbin dapat dihitung dengan persamaan :

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

$$\eta_t = \frac{40,07}{102,51} \times 100\%$$

$$\eta_t = 39,08\%$$

4.4.3 Pengaruh 24 jumlah sudu terhadap efisiensi turbin

1. Kecepatan keliling (ω)

Kecepatan keliling turbin dapat dihitung dengan persamaan :

$$\omega = \frac{2 \cdot g \cdot n}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 386,2}{60}$$

$$\omega = 40,422 \text{ rad / s}$$

2. Torsi (T)

Untuk mendapatkan torsi maka dapat dihitung dengan persamaan :

$$T = F \cdot r$$

$$T = 1,16 \cdot 80 \text{ mm}$$

$$T = 92,8 \text{ Kg.mm} = 0,910 \text{ Nm}$$

3. Daya turbin (P_t)

Untuk mendapatkan daya turbin maka dihitung dengan persamaan :

$$P_t = T \cdot \omega$$

$$P_t = 0,910.40,422$$

$$P_t = 36,78 \text{ Watt}$$

4. Daya air (P_a)

Adapun daya air dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_a = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$$

$$P_a = 1000 \cdot 9,81 \cdot 11 \cdot 0,00095$$

$$P_a = 102,51 \text{ watt}$$

5. Efisiensi (η_t)

Dengan mengetahui P_t dan P_a maka efisiensi turbin dapat dihitung dengan persamaan :

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

$$\eta_t = \frac{36,78}{102,51} \times 100\%$$

$$\eta_t = 35,87\%$$

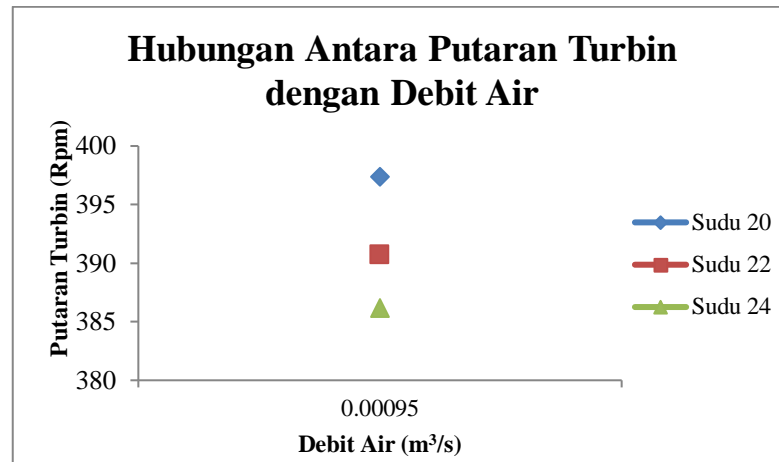
4.4 Performa Hasil Analisa Data Jumlah Sudu Turbin

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

Tabel 4.3 Hasil Analisa Data

No	Variasi jumlah sudu	Head Pompa (Mpa)	Debit Air (m^3/s)	Kecepatan Keliling (rad/s)	Torsi (Nm)	Daya Turbin (Watt)	Daya Air (P_a)	Efisiensi (%)
1	20	11	0,00095	41,594	1,082	45,00	102,51	43,89
2	22	11	0,00095	40,893	0,980	40,07	102,51	39,08
3	24	11	0,00095	40,422	0,910	36,78	102,51	35,87

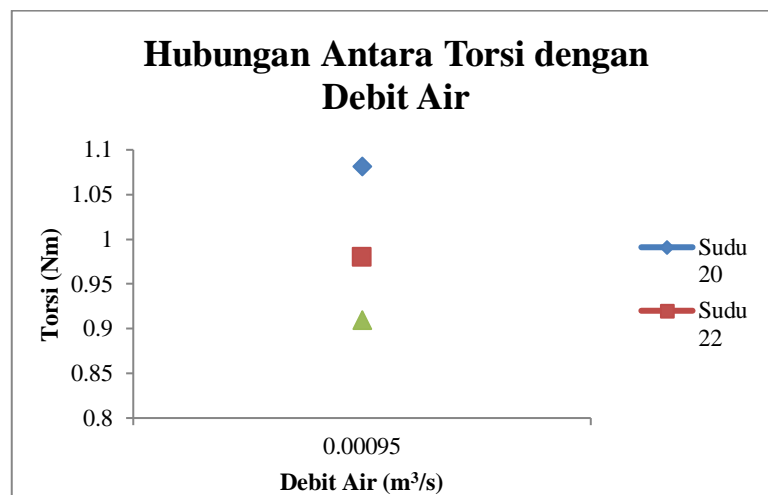
4.4.1 Grafik Hubungan Putaran Turbin dengan Debit Air



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Putaran Turbin dengan Debit Air

Pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa dari perbandingan antara sudu 20, sudu 22 dan sudu 24 dapat diketahui dari grafik bahwa putaran turbin yang paling maksimum didapat dari jumlah sudu 20 yaitu dengan nilai 397,4 Rpm dengan debit air 0,00095 m³/s. Sedangkan putaran turbin minimum didapat dari jumlah sudu 24 yaitu dengan nilai 386,2 Rpm dengan debit air 0,00095 m³/s.

4.5.2 Grafik Hubungan Antara Torsi dengan Debit Air

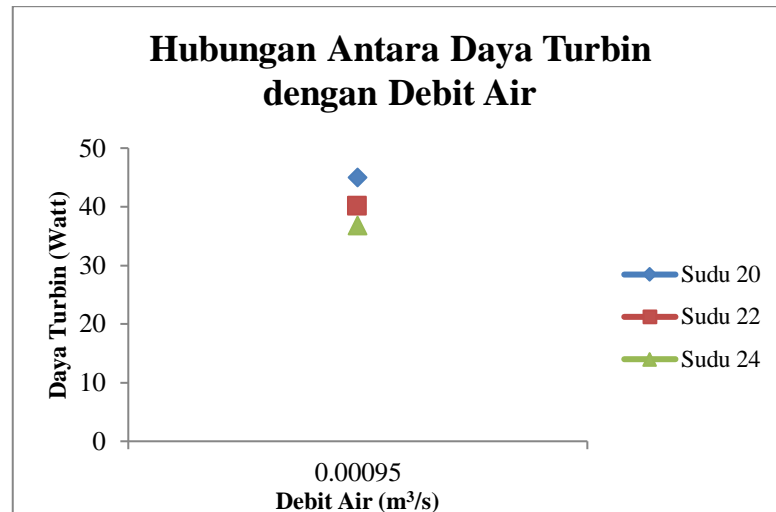


Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Torsi dengan Debit Air

Berdasarkan gambar 4.2 menunjukkan bahwa dari perbandingan sudu 20, sudu 22 dan sudu 24 dapat diketahui dari grafik bahwa Torsi yang paling maksimum didapat pada sudu 20 dengan debit air 0,00095 m³/s yaitu sebesar

1,082 Nm. Sedangkan Torsi minimum didapat dari jumlah sudu 24 dengan debit air 0,00095 m³/s yaitu sebesar 0,910 Nm.

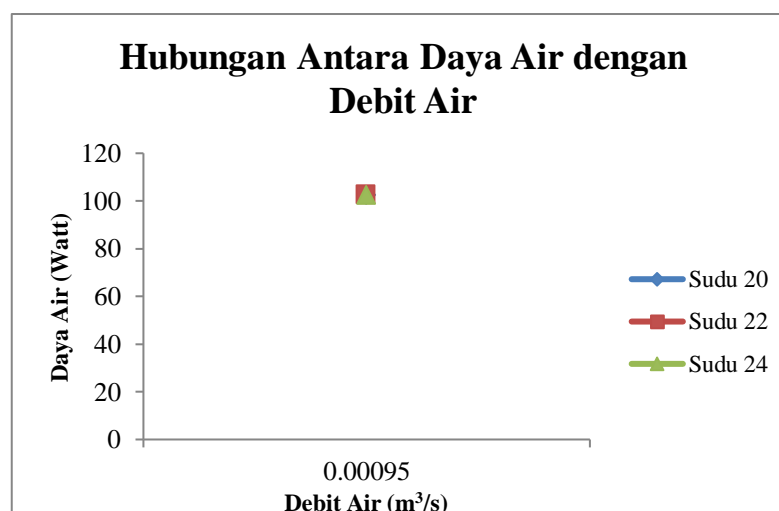
4.5.3 Grafik Hubungan Antara Daya Turbin dengan Debit air



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Daya Turbin dengan Debit air

Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa dari perbandingan sudu 20, sudu 22 dan sudu 24 dapat diketahui dari grafik bahwa Daya Turbin yang paling maksimum didapat dari jumlah sudu 20 dengan Debit Air 0,00095 m³/s yaitu sebesar 45,00 Watt. Sedangkan Daya Turbin minimum didapat dari jumlah sudu 24 dengan Debit Air 0,00095 m³/s yaitu sebesar 36,78 Watt.

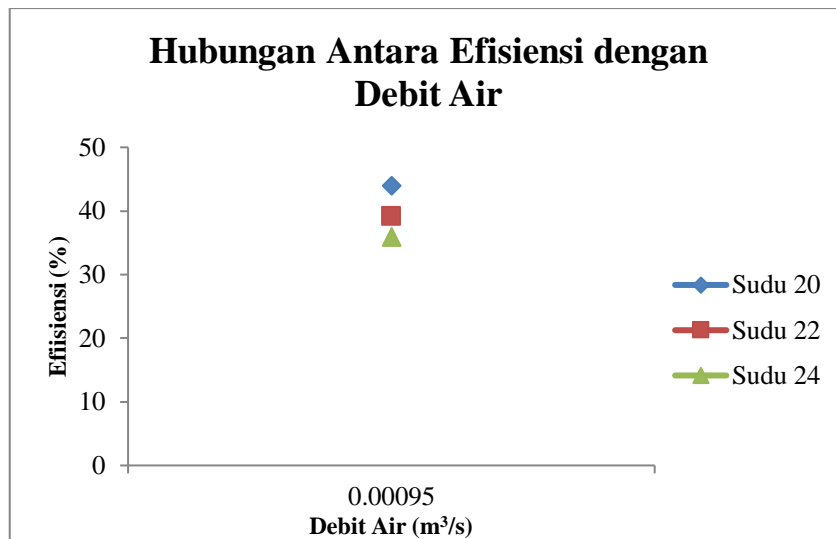
4.5.4 Grafik Hubungan Antara Daya Air dengan Debit Air



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Daya Air dengan Debit Air

Berdasarkan gambar 4.7 menunjukkan bahwa dari perbandingan antara sudu 20, sudu 22 dan sudu 24 dapat diketahui dari grafik bahwa Daya Air tidak terjadi peningkatan atau penurunan yaitu sebesar 102,51 Watt. Hal ini terjadi karena, Daya Air dipengaruhi oleh Head yang digunakan, dimana dalam pengujian ini hanya menggunakan satu parameter Head sebesar 11 m dengan Debit air 0,00095 m³/s yang menyebabkan nilai Daya Air menjadi konstan.

4.5.5 Grafik Hubungan Antara Efisiensi Dengan Debit Air



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Efisiensi Dengan Debit Air

Berdasarkan Gambar 4. Menunjukkan bahwa dari perbandingan antara sudu 20, sudu 22 dan sudu 24 dapat diketahui dari grafik bahwa Efisiensi yang paling maksimum didapat pada jumlah sudu 20 dengan Debit Air 0,00095 m³/s yaitu sebesar 43,89 %. Sedangkan Efisiensi minimum didapat pada jumlah sudu 24 dengan debit 0,00095 m³/s yaitu sebesar 35,87. Besar nya suatu Efisiensi dipengaruhi oleh besarnya suatu Torsi pada Putaran Turbin.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Hasil pengujian yang maksimum didapat pada jumlah sudu 20 buah dimana nilai torsi sebesar 1,082 Nm, nilai daya turbin sebesar 45,00 Watt, nilai daya air sebesar 102,51 Watt dan efisiensi sebesar 43,89 %.
2. Hasil pengujian yang minimum didapat pada jumlah sudu 24 buah dimana nilai torsi sebesar 0,910 Nm, nilai daya turbin sebesar 36,78 Watt, nilai daya air sebesar 102,51 Watt dan efisiensi nya sebesar 35,87. Besarnya suatu efisiensi dipengaruhi besarnya nilai torsi pada turbin.

5.2 Saran

Untuk pengujian ini penulis merasa masih banyak kekurangan dalam melakukan penelitian. Maka untuk pengujian selanjut nya dapat dilihat beberapa saran yaitu:

1. Penelitian ini perlu dilakukan dengan penambahan referensi cara pengukuran sudu turbin yang lebih detail.
2. Perlu dilakukannya pengkalibrasian alat ukur sebelum dilakukan penelitian agar mendapatkan hasil maksimal.
3. Untuk penelitian selanjutnya turbin pelton skala laboratorium disarankan untuk mempersiapkan debit air dan penambahan variabel pada jumlah sudu sehingga mendapatkan hasil dan perbandingan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam & Adiwibowo, (2020) Anam, D. K., & Adiwibowo, P. H. (2020). Experimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Setengah Lingkaran Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Crossflow Poros Horizontal. *Jurnal Teknik Mesin, 08 No 01*, 129–138.
- Bekti Suroso, M.Yani, (2019). Membandingkan Cetakan Terbuka Dengan Tertutup Pada Papan *Skate Board* Dari Limbah Sawit. *Jurnal rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, Vol. 2, Sep 2019, 150-157.
- Bono, Suwarti, (2019). *Variasi Jumlah Sudu Dan Modifikasi Bentuk Nozel Pada Turbin Turgo Untuk PLTMH*. *Jurnal Teknik Energi*, Politeknik Negri Semarang.
- Dimas Khairul Anam (2020). *Experimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Setengah Lingkaran Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Crossflow Poros Horizontal*. *Jurnal Fakultas Teknik*, Universitas Negri Surabaya.
- I Gusti Putu Andhita Mahayana (2020). *Rancang Bangun Prototype PLTMH Dengan Turbin Pelton*. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Udayana*.
- K. Umurani, (2018). Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Terhadap Kinerja Prototype Turbin Pelton Skala Mikro.
- Lubis, Sudirman, and Munawar Alfansury Siregar. 2021. “Karakteristik Unjuk Kerja Pump As Turbine (Pat) Menggunakan Satu Pompa Hisap Untuk Pembangkit Listrik.” *Scenario (Seminar of Social Sciences Engineering and Humaniora)* 2(1): 136–42.
- Mafruddin et al., (2020) Mafruddin, M., Irawan, R. M., Setiawan, N., Rajabiah, N., & Irawan, D. (2020). Pengaruh jumlah sudu dan diameter nozel terhadap kinerja turbin pelton. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(2), 214–218. <https://doi.org/10.24127/trb.v8i2.1076>
- Nanang Setiawan (2019). *Pengaruh Jumlah Sudu Dan Diameter Nozel Terhadap Kinerja Turbin Pelton*. *Jurnal Teknik Mesin Muhammadiyah Metro*.
- Putu Andi Dinata (2020). *Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya Output Pada Prototype PLTMH Dengan Menggunakan Turbin Crossflow*. *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 7, No. 3. Fakultas Teknik, Unud.
- Saputra, I Gusti Ngurah, Lie Jasa, and I Wayan Arta Wijaya. 2020. “Pengaruh Jumlah Sudu Pada Prototype PLTMH Dengan Menggunakan Turbin Pelton Terhadap Efisiensi Yang Dihasilkan.” 7(4): 161–72.
- Siregar, Chandra, and Irfansyah Irfansyah. 2018. “Studi Numerik Unjuk Kerja Penggunaan Winglet Pada Heat Exchanger Tipe Compact.” *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi* 1(1): 20–29.
- Vishal Gupta (2018). *Pengaruh Jumlah Bucket Terhadap Karakteristik Arus Di Turbin Pelton*. II T Bombay, Mumbai, India. Institut Radharaman Ratibad.
- Yani, Susanto, and Rosmiati (2018) Yani, Ahmad, Budi Susanto, and Rosmiati Rosmiati. 2018. “Analisis Jumlah Sudu Mangkuk Terhadap Kinerja Turbin Pelton Pada Alat Praktikum Turbin Air.” *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin* 7(2): 185–92.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian Pada Jumlah Sudu 20



Gambar frekuensi pompa



Gambar pengukuran putaran turbin menggunakan alat ukur tachometer



Gambar monitor pengukuran torsi, flow meter, arus, suction, discharge



Gambar pengukuran tegangan menggunakan alat ukur multimeter



Gambar monitor pembebanan

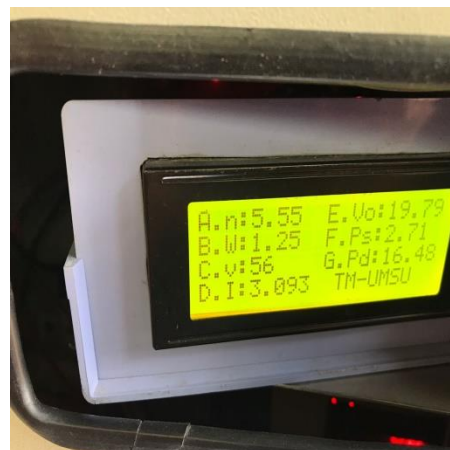
Lampiran 2 Pengujian Pada Jumlah Sudu 22



Gambar Frekuensi Pompa



Gambar pengukuran putaran turbin menggunakan alat ukur tachometer



Gambar monitor pengukuran torsi, flow meter, arus, suction, discharge



Gambar pengukuran tegangan menggunakan alat ukur multimeter



Gambar monitor pembebanan

Lampiran 3 Pengujian Pada Jumlah Sudu 22



Gambar frekuensi pompa



Gambar pengukuran pengukuran putaran turbin menggunakan alat ukur tachometer



Gambar monitor pengukuran torsi, flow meter, arus, suction, discharge



Gambar pengukuran tegangan menggunakan alat ukur multimeter



Gambar monitor pembebanan

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

Peserta seminar

Nama : Muhammad Riski
NPM : 1707230116
Judul Tugas Akhir : Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Miko.

DAFTAR HADIR

Pembimbing – I : Bekti Suroso.S.T.M.Eng
Pembanding – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Pembanding – II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T

TANDA TANGAN

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

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1707230063	FADHLY MUJAHID	<i>[Signature]</i>
2	1607230077	Jodi Rorian AEBAR	<i>[Signature]</i>
3	1407230252	Reddy putra Harmauan	<i>[Signature]</i>
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 22 Shafar 1443 H
05 Oktober 2021 M

Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar.S.F.M.T



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

NAMA : Muhammad Riski
NPM : 1707230116
Judul T.Akhir : Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro.

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

KEPUTUSAN

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


- *Fusion*
- *Metode*
- *Waktu perbaikan*

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan 22 Shafar 1443H
05 Oktober 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Chandra A Siregar.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I


Khairul Umurani.S.T.M.T

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

NAMA : Muhammad Riski
NPM : 1707230116
Judul T.Akhir : Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro.

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

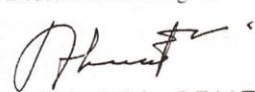
KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - ⊙ *Tambahkan dokumentasi dari prosedur dan pengujian*
 - ⊙ *Tambahkan Daftar pustaka*
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 22 Shafar 1443H
05 Oktober 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin

Chandra A. Sugiarta S.T.M.T

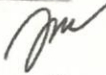







Dosen Pembimbing- II

Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

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

NAMA : MUHAMMAD RISKI
NPM : 1707230116

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
		- Perbaiki latar Belakang dan Rumusan Masalah	
		- Pegelas Tujuan dan Variabel yang digunakan	
		- Tambahkan Beberapa Jurnal Internasional & Nasional	
		- Perbaiki Diagram Alur	
		- Perbaiki Gambar	
		- Perbaiki Kesimpulan dan Saran	
		- Perbaiki Daftar pustaka	
		- Acc Semesta Hasil	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Muhammad Riski
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir : Pematang Kuing, 25 Juni 1998
Alamat : Dusun 1
Agama : Islam
Email : muhammadriski76675@gmail.com
No. Handphone : 082230565889

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD Negeri 17 Pematang Kuing, Batubara Tahun 2004-2010
2. SMP Negeri 4 Air Putih, Batubara Tahun 2010-2013
3. SMK Swasta T. Amir Hamzah Indrapura, Batubara Tahun 2013-2016
4. Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara Tahun 2017-2021