

TUGAS AKHIR

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

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD HADJIS PRADANA
1607230045



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Hadjis Pradana
NPM : 1607230045
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 22 Sudu Dan 3 Nozzle
Berdasarkan Variasi *Head*
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, April 2022

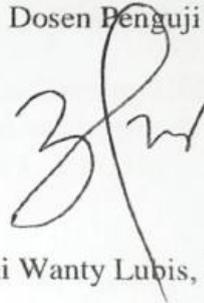
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji II



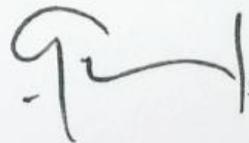
Riadini Wanty Lubis, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Bekti 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 Hadjis Pradana
Tempat / Tanggal Lahir : Cinta Rakyat / 18 April 1998
NPM : 1607230045
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 22 Sudu Dan 3 Nozel Berdasarkan Variasi Head”,

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

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

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

Medan, April 2022

Saya yang menyatakan,



Muhammad Hadjis Pradana

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada sebuah turbin pelton dengan jumlah 22 sudu dan 3 nozzle untuk mendapatkan unjuk kerja turbin pelton yang terdiri dari daya input, daya output dan efisiensi turbin pelton. metode penelitian ini menggunakan variasi head 8,74 m, 9,90 m dan 10,23 m. Dari pengujian turbin pelton yang dilakukan memperoleh hasil daya input rata-rata pada head 8,74 m sebesar 39,612 Watt, daya input rata-rata pada head 9,90 m sebesar 33,12 Watt, dan daya input rata-rata pada head 10,23 m sebesar 31,361 Watt. Daya output rata-rata pada head 8,74 m sebesar 11,3777 Watt, daya output rata-rata pada head 9,90 m sebesar 25,6406 Watt dan daya output rata-rata pada head 10,23 m sebesar 30,537 Watt dan efisiensi rata-rata turbin pada head 8,74 m sebesar 28,73%, efisiensi rata-rata turbin pada head 9,90 m sebesar 77,42% dan efisiensi rata-rata turbin pada head 10,23 m sebesar 97,37%. Dari perhitungan yang dilakukan maka, dapat disimpulkan penggunaan head 9,90 m memiliki hasil yang baik dibandingkan dengan head lainnya.

Kata kunci : turbin pelton, pembangkit listrik, turbin impuls.

ABSTRACT

This research was conducted on a Pelton turbine with a total of 22 blades and 3 nozzles to obtain a Pelton turbine performance consisting of input power, output power and efficiency of the Pelton turbine. This research method uses a head variation of 8.74 m, 9.90 m and 10.23 m. From the Pelton turbine test carried out, the average input power at the head of 8.74 m is 39.612 Watt, the average input power at the 9.90 m head is 33.12 Watt, and the average input power is at head 10, 23 m is 31.361 Watts. The average output power at the head of 8.74 m is 11.3777 Watt, the average output power at the 9.90 m head is 25.6406 Watt and the average output power at the 10.23 m head is 30.537 Watt and efficiency the average turbine at a head of 8.74 m is 28.73%, the average efficiency of a turbine at a head of 9.90 m is 77.42% and the average efficiency of a turbine at a head of 10.23 m is 97.37%. From the calculations carried out, it can be concluded that the use of a 9.90 m head has good results compared to other heads.

Keywords : Pelton turbine, power plant, impulse 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 “Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 22 Sudu Dan 3 *Nozzle* Berdasarkan Variasi *Head*” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bekti Suroso, S.T, M.Eng selaku Dosen Pembimbing dan Penguji III yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Penguji I dan Ibu Riadini Wanty Lubis S.T., M.T, selaku Dosen Penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T, dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T 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 teknik mesin kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Heri Prawadi dan Teti Erawati, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Sahabat-sahabat penulis: Ricky Ramos Tobing, WM. Al-Gadri, ST dan lain-lain yang tidak mungkin disebutkan namanya satu per satu, dan ucapan terima kasih terkhusus kepada istriku tersayang Nazrina Ulfa Putri Hartami, yang selalu memberikan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

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 konstruksi dan manufaktur teknik mesin.

Medan, April 2022

Muhammad Hadjis Pradana

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	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Ruang lingkup	4
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Turbin Air	6
2.2. Turbin Pelton	7
2.2.1. Prinsip Dasar Turbin pelton	8
2.2.2. Cara Kerja Turbin Pelton	9
2.3. Komponen Utama Turbin Pelton	9
2.3.1. Rumah Turbin	10
2.3.2. <i>Runner</i>	10
2.3.3. Sudu (<i>Bucket</i>)	11
2.3.4. <i>Nozzle</i>	11
2.3.5. Poros	12
2.3.6. <i>Pulley</i>	12
2.3.7. Bantalan	12
2.3.8. Generator AC	13
2.4. Dasar Persamaan Turbin Pelton	14
2.5. Klasifikasi Turbin Air Berdasarkan Sistem Aliran Air	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	18
3.1 Tempat dan Waktu	18
3.1.1. Tempat	18
3.1.2. Waktu	18
3.2 Bahan dan Alat	19
3.2.1 Bahan	19
3.2.2 Alat	19
3.3 Bagan Alir Penelitian	23
3.4 Prosedur Penelitian	24

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Analisa Data	25
4.1.1 Tinggi <i>Head</i>	25
4.1.2 Daya Turbin	27
4.1.3 Rendemen Turbin	30
4.1.4 Daya Input	32
4.2 Pembahasan	34
4.2.1 Grafik <i>Head</i> Rata-Rata Vs Daya Turbin	34
4.2.2 Grafik <i>Head</i> Rata-Rata Vs Rendemen Turbin	35
4.2.3 Grafik <i>Head</i> Rata-Rata Vs Daya <i>Input</i>	35
4.2.4 Grafik <i>Head</i> Rata-Rata Vs Daya <i>Output</i>	36
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rencana Pelaksanaan Penelitian

18

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Francis	6
Gambar 2.2 Gambar Turbin Pelton	7
Gambar 2.3 Runner Berputar	9
Gambar 2.4 Rumah Turbin	10
Gambar 2.5 <i>Runner</i>	10
Gambar 2.6 Sudu	11
Gambar 2.7 <i>Nozzle</i>	11
Gambar 2.8 Poros	12
Gambar 2.9 <i>Pulley</i>	12
Gambar 2.10 Bantalan	13
Gambar 2.11 Generator	13
Gambar 2.12 <i>Undershot</i>	16
Gambar 2.13 <i>Breastshot</i>	16
Gambar 2.14 <i>Overshot</i>	17
Gambar 3.1 Air	19
Gambar 3.2 Drum Air	19
Gambar 3.3 <i>Box Panel</i>	20
Gambar 3.4 Pompa Air DABAQUA Model 401A	21
Gambar 3.5 Inverter	21
Gambar 3.6 MCB (<i>Miniature Circuit Breaker</i>)	22
Gambar 3.7 Arduino	22
Gambar 3.8 LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>)	22
Gambar 3.9 Bagan Alir Penelitian	23
Gambar 4.1 Grafik <i>head</i> rata-rata vs daya turbin	34
Gambar 4.2 Grafik <i>head</i> rata-rata vs rendemen turbin	35
Gambar 4.3 Grafik <i>head</i> rata-rata vs daya turbin	35
Gambar 4.4 Grafik <i>Head Rata-Rata Vs Daya Output</i>	36

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
g	Gravitasi Bumi	m/s^2
H	Tinggi Jatuh Air	m
I	Kuat Arus Input	Ampere
η	Unjuk Kerja Turbin	%
η_T	Rendemen Turbin	%
P	Daya Turbin	Watt
P_d	Tekanan Discharge	Psi
P_{IN}	Daya Input Turbin	Watt
P_s	Tekanan Suction	Psi
P_T	Daya <i>Output</i> Aktual Turbin	Watt
ρ	Massa Jenis Air	Kg / m^3
V	Kapasitas Aliran Air	m^3 / s
V_0	Tegangan Input	<i>Volt</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi adalah kemampuan untuk melakukan pekerjaan. Energi adalah daya yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai proses kegiatan meliputi energi mekanik, panas, dan lain – lain. Oleh karena itu, hampir semua perselisihan di dunia ini, berpangkal pada perebutan sumber energi. Ada beberapa energi alam sebagai energi alternatif yang bersih, tidak berpolusi, aman dan persediaannya tidak terbatas yang dikenal dengan energi terbarukan (Akhmad, 2011). 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.

Pemanfaatan sumber-sumber energi terbarukan terus mengalami peningkatan. Hal ini tidak terlepas dari semakin berkurangnya cadangan sumber energi dari bahan bakar fosil. Berdasarkan laporan dari Departemen Energi Amerika (Gelman, 2010). Hingga saat ini sumber energi Indonesia di sektor kelistrikan masih didominasi oleh batubara, gas dan minyak bumi. Peranan energi terbarukan baru terbatas pada panas bumi dan tenaga air, sedangkan pemakaian energi surya, angin dan biomasa masih sangat kecil. Secara keseluruhan sumbangan dari sumber energi terbarukan yang dimanfaatkan untuk sektor kelistrikan sebesar 12% (21,8 TWh) pada tahun 2011 (ESDM-RI, 2012).

Pemanfaatan tenaga air untuk berbagai kebutuhan daya (energi) telah dikenal sejak dulu, di mulai dengan teknologi sederhana seperti *water wheel* atau yang biasa disebut dengan kincir air, sampai dengan teknologi sekarang yang canggih dengan menggunakan berbagai macam jenis turbin. Teknologi ini sudah terjamin handal, sebagai contoh penggunaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) untuk daerah-daerah pelosok di Amerika Utara (Cunningham and Barbara, 1998) dan Afrika (Klunne, 2003). Tenaga hidro (*hydropower*) adalah kata istilah yang digunakan untuk pembangkit yang memanfaatkan tenaga air.

Kinetik air dirubah atau ditransmisikan menjadi energi mekanik di dalam turbin, karena air memutar sudu turbin (Arismunandar, 1982). Energi mekanik yang

dihasilkan kemudian dirubah menjadi energi listrik melalui generator (Luknanto, 2008). Bentuk turbin yang tepat digunakan pada pembangkit listrik mikro hidro adalah turbin *cross flow*. Daya guna kincir air dari jenis yang paling unggul mencapai 70%, sedangkan efisiensi turbin *cross flow* mencapai 82% (Haimerl, 1960). Selain itu diperlukan kajian khususnya untuk turbin dengan komponen penggerak (*runner*) yang terdiri dari sudu – sudu yang mengelilinginya.

Turbin pelton merupakan salah satu jenis turbin yang sesuai untuk karakteristik daerah yang memiliki tinggi jatuh (*head*) tinggi karena bentuk kelengkungan sudu yang tajam. Secara teori perubahan daya aliran ke daya mekanis akan maksimum jika sudut sudu keluaran adalah 180, namun dalam prakteknya turbin pelton dianjurkan memiliki sudut sudu keluaran 1650 (Finnemore dan Franzini, 2002) Kinerja turbin pelton salah satunya dipengaruhi oleh kualitas aliran jet yang dihasilkan oleh nozzle. Kualitas aliran jet akan berpengaruh terhadap karakteristik aliran selama berinteraksi dengan permukaan sudu (*bucket*) (Kvicinsky. dkk, 2002)

Penelitian yang dilakukan oleh (Riandi, 2016) di dapatkan variasi jumlah sudu 13, dan , 16 di dapat data pengujian di peroleh daya mekanik turbin (ρ_m) maksimum sebesar 180,8 *Watt* dengan efisiensi turbin maksimum (η) sebesar 82 % pada jumlah sudu 16 buah. Efisiensi turbin minimum (η) di peroleh pada pengujian dengan menggunakan jumlah sudu 13 buah yaitu sebesar 49 % dengan daya mekanik turbin (ρ_m) sebesar 108,53 *Watt*. Maka sudu 16 buah lebih efisien di pergunakan dari pada jumlah sudu 13 buah. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Daulay, 2016) diameter *nozzel* di variasikan 2 variasi yaitu 16 mm dan 20 mm untuk variasi diameter *nozzel* di dapatkan daya mekanik turbin (ρ_m) maksimum sebesar 207,6 *Watt* dengan efisiensi turbin (η) sebesar 16 % pada diameter *nozzle* 20 mm. Efisiensi turbin (η) maksimum di dapat dari pengujian *nozzel* dengan diameter 16 mm yaitu sebesar 82 % dengan daya mekanik turbin (ρ_m) sebesar 180,8 *Watt*.

Penelitian yang dilakukan oleh (Matthew Gass, 2002), telah memodifikasi nozzle dengan mengubah sudut ujung nozzle dan cincin dudukan (seat ring), yang semula cincin dudukan 800 dengan sudut nozzle sebesar 600 diubah menjadi cincin

dudukan 900 dengan sudut nozzle 500. Perubahan sudut dudukan dan ujung jarum berdampak pada ukuran diameter pancaran pada berbagai kondisi langkah jarum. Besar kecilnya diameter pancaran air akan berpengaruh pada daya yang dibangkitkan turbin. Modifikasi nozzle ini menghasilkan suatu peningkatan efisiensi di atas 0.5% pada kondisi 60% beban penuh dan peningkatan sebesar 0.9% pada kondisi 100% pembukaan jarum.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Sugiri, 2011) dengan pengujian efisiensi *runner* turbin *cross-flow* variasi jumlah sudu runner 18, 20, dan 22 buah menunjukkan bahwa runner dengan jumlah sudu 20 buah memiliki efisiensi yang paling tinggi sebesar 76 % pada putaran 1049 rpm dan debit riil 10,4 lt dan tinggi muka air (Head) 2,5 m. Penelitian yang dilakukan oleh (Kristanto, 2016) dengan sudu turbin berjumlah 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 %.

Penelitian yang dilakukan oleh (Supardi dan Pramana, 2009) pada model turbin pelton dengan variabel diameter *nozzle* dan diameter *runner*. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa variasi diameter *nozzle* dan diameter *runner* berpengaruh terhadap daya dan efisiensi yang salah satunya model turbin pelton dengan variasi *nozzle* 0,006 m dan diameter *runner* 0,15 m menghasilkan daya mekanik / *output* turbin terbesar yaitu 49,53 watt. Sedangkan hasil penelitian (Purnomo, dkk, 2013) mengatakan bahwa semakin tinggi head airnya maka semakin tinggi pula kecepatan dan daya air yang masuk turbin, dan juga semakin rendah head air maka semakin kecil pula kecepatan dan daya air yang masuk kedalam turbin.

Penelitian yang dilakukan oleh (Umurani, dkk, 2020) menyatakan bahwa data yang di dapatkan dari sensor beban dan arduino uno terhadap pengaruh jumlah sudu *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro tipe *whirlpool* terhadap kinerja dengan hasil torsi minimum Torsi minimum untuk 8 bilah adalah 9,12 kg.mm dan 7,61 kg.mm untuk 6 sudu pada laju aliran air 90 l / mnt. Torsi maksimum terjadi pada 8 bilah 10,06 kg.mm sedangkan torsi maksimum pada sudu 6 adalah 9,12

kg.mm pada debit air yang sama 150 l/menit. Daya turbin minimum untuk 8 sudu adalah 0,47 W dan 0,27 W untuk 6 sudu pada air laju aliran 90 l / mnt. Daya maksimum turbin pada sudu 8 adalah 1,03 W, sedangkan maksimum daya pada sudu 6 adalah 0,91 W pada laju aliran air yang sama 150 l/menit.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam Menguji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 22 Sudu Dan 3 Nozel Berdasarkan Variasi *Head* adalah:

1. Berapakah unjuk kerja yang di hasilkan dari 22 sudu dan 3 nozel berdasarkan variasi head yang di uji ?
2. Pada berapakah hasil unjuk kerja yang paling optimal dari 22 sudu dan 3 nozel berdasarkan variasi *head* yang diuji ?

1.3. Ruang Lingkup

Pada “Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 22 Sudu Dan 3 Nozel Berdasarkan Variasi Head”, penyusun membatasi masalah kedalam ruang lingkup yang akan dibahas dalam tugas akhir ini. Adapun ruang lingkup yang akan dibahas dalam proposal tugas akhir ini adalah:

1. Menggunakan turbin pelton dengan skala mikro.
2. Tinggi jatuh air (*head*) yang digunakan adalah 8,74 m, 9,90 m, dan 10,23 m.
3. Jumlah sudu yang digunakan sebanyak 22.
4. Diameter *runner* yang digunakan sebesar 40 cm.
5. Sudut sudu yang digunakan adalah 10°.
6. Sudut *nozzle* yang digunakan adalah 45°.
7. Jumlah *nozzle* yang digunakan sebanyak 3.
8. Bukaan *nozzle* yang diuji adalah bukaan penuh pada semua *nozzle*.

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian “Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 22 Sudu Dan 3 Nozel Berdasarkan Variasi Head”, Turbin Pelton adalah:

1. Mengetahui hasil unjuk kerja dari 22 sudu dan 3 nozzle berdasarkan variasi ketinggian head.

2. Mengetahui hasil unjuk kerja yang paling optimal dengan penggunaan 22 sudu dan 3 nozzle variasi *head* yang diuji.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian “Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 22 Sudu Dan 3 Nozel Berdasarkan Variasi Head”, adalah:

1. Merupakan salah satu bekal mahasiswa sebelum terjun ke dunia industri, sebagai modal persiapan untuk mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh.
2. Hasil dari tugas akhir ini dapat menjadi referensi bagi pengembangan turbin pelton dengan memperhatikan tinggi jatuh air (*head*) yang masuk ke turbin.
3. Berguna untuk masyarakat di daerah yang memiliki sumber air dengan debit yang banyak seperti sungai.
4. Mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui seperti minyak bumi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

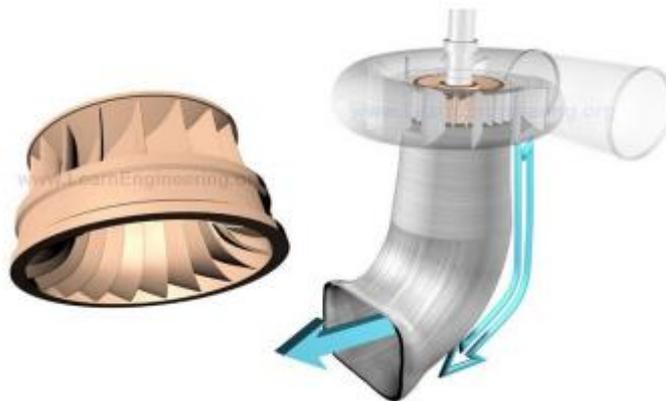
2.1. Turbin Air

Turbin air adalah suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik dan selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Turbin air digerakkan oleh air sebagai fluida kerjanya, air yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Dalam hal ini air memiliki energi potensial yang diubah menjadi energi kinetik melalui aliran di dalam pipa dan nozzle. Selanjutnya energi tersebut diubah lagi menjadi energi mekanis yang akan memutar poros turbin. (Mulyadi, dkk, 2017).

Turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi (Mahayana I Gusti Putu Andhita., 2020). Kedua jenis turbin ini mempunyai perbedaan pada prinsip konversi energi sehingga dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Turbin Impuls

Pada dasarnya aliran energi pada turbin impuls sepenuhnya dikonversikan ke energi kinetik sebelum dirubah di dalam runner. Hal ini mengartikan bahwa aliran yang melewati bucket pada runner dengan tiada perbedaan tekanan antara sisi masuk (*inlet*) dan sisi keluar (*outlet*). Oleh karena itu hanya gaya impuls yang telah ditransfer dengan perubahan arah dari vektor kecepatan aliran ketika melalui bucket dan menghasilkan energi yang dikonversikan menjadi energi mekanis pada poros turbin. Contoh dari turbin impuls adalah turbin francis, berikut adalah gambar turbin francis.



Gambar 2.1 Turbin Francis (Mahayana I Gusti Putu Andhita., 2020)

2. Turbin Reaksi

Di dalam turbin reaksi terdapat 2 efek yang menyebabkan perpindahan energi dari aliran menjadi energi mekanis pada poros turbin yang pertama adalah mengikuti penurunan tekanan dari sisi masuk (*inlet*) ke sisi keluar (*outlet*) pada runner. Ini menandakan bagian reaksi dari konversi energi. Yang kedua adanya perubahan arah vektor kecepatan dari aliran yang melalui saluran antara sudusudu turbin (baling-baling) yang memindahkan gaya implus Turbin yang sering digunakan saat ini (Rahmad Samosir, 2018).



Gambar 2.2 Gambar Turbin Pelton (Syarif., 2019)

2.2. Turbin Pelton

Turbin pelton merupakan pengembangan dari turbin impuls yang ditemukan oleh S.N.Knight tahun 1872 dan N.J. Colena tahun 1873 dengan pasang mangkok-mangkok pada roda turbin. Setelah itu turbin impuls dikembangkan oleh orang amerika Lester G. Pelton (1880) yang melakukan perbaikan dengan penerapan mangkok ganda simetris, punggung membelah membagi jet menjadi dua paruh yang sama yang dibalikan menyamping. Jenis Turbin ini memiliki satu atau beberapa penyemprot air untuk memutar piringan. Pada turbin Pelton putaran terjadi akibat pembelokan pada mangkok ganda runner Oleh sebab itu turbin pelton disebut juga sebagai turbin pancaran bebas. 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.

Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah – tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya – gaya samping. Turbin Pelton untuk pembangkit skala besar membutuhkan head lebih kurang 150 meter tetapi untuk skala mikro, head 20 meter sudah mencukupi. Turbin Pelton memiliki komponen utama yaitu sudu turbin, nozel dan rumah turbin. Berikut penjelasan mengenai komponen tersebut (Prapti dkk, 2015).

Turbin ini diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih nozzle. Aliran fluida dalam pipa yang dihasilkan dari head akan keluar dengan kecepatan tinggi melalui nozzle. Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Tekanan air diubah menjadi kecepatan, pancaran air akan mengenai bagian tengah-tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik. Prinsip kerja turbin Pelton ini yaitu merubah gaya potensial air menjadi gaya mekanis yang terjadi akibat reaksi impuls pada runner turbin yang menyebabkan runner turbin dapat berputar selama adapancaran air yang menyemprot sudu. Air disemprotkan dari nozzle mengenai sudusudu turbin, maka runner dapat berputar untuk memutar pulley turbin yang terhubung ke pulley generator menggunakan belt sehingga generator dapat berputar.

2.2.1. Prinsip Dasar Turbin pelton

Turbin pelton merupakan turbin impuls yang prinsip kerjanya mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik dalam bentuk pancaran air. Pancaran air yang keluar dari mulut nozzle 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 Seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.3 Runner Berputar (Gorlov, 2010)

Perancangan turbin pelton dimulai dengan melakukan identifikasi, pertimbangan dan melihat faktor keamanannya untuk dapat menyajikan hasil rancangan dengan baik begitu juga dengan material yang akan digunakan dalam perancangan turbin pelton. Dalam perancangan di butuhkan massa jenis atau density (ρ) untuk dapat menentukan berat jenisnya, massa jenis merupakan massa suatu benda per satuan volume. Sedangkan berat jenis benda adalah berat suatu benda dalam satuan volume, berat mempunyai arah, berat suatu benda dipengaruhi oleh massa benda dan gravitasi (Gorlov, 2010).

2.2.2. Cara Kerja Turbin Pelton

Adapun cara kerja turbin pelton ini adalah tahap pertama yang dilakukan adalah menghidupkan saklar motor pompa yang terdapat pada panel listrik yang bertujuan agar pompa berputar dan menghisap air yang berada pada bak penampung, lalu air mengalir melalui pipa menuju ke *nozzle* penyemprot. Sebelum sampai ke *nozzle* air terlebih dahulu melewati kran dan juga alat ukur *flow meter*. Dan dari *nozzle* lalu air disemprotkan ke sudu turbin yang menyebabkan turbin serta poros turbin berputar sehingga kita bisa mengukur prestasi turbin. Dan air yang disemprotkan oleh *nozzle* ke sudu itu jatuh kembali pada bak penampungan air (Simamora, 2012).

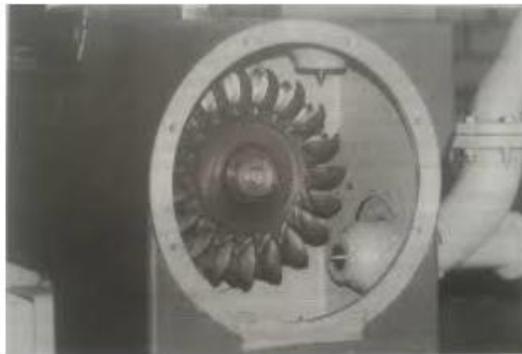
2.3. Komponen Utama Turbin Pelton

Pada dasarnya turbin pelton terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: runner, *nozzle* dan rumah turbin. Turbin pelton ditentukan oleh PCD (*Pitch Circle Diameter*) adalah sebuah diameter tangensial pada roda yang dilewati oleh titik

tengah semburan air yang berasal dari pancaran. Komponen utama Turbin Pelton terdiri atas (Ceri Steward Poea, 2013) :

2.3.1. Rumah Turbin

Rumah turbin ini berfungsi sebagai tempat dudukan roda jalan dan penahan air yang keluar dari sudusudu turbin. Agar runner tidak terendam air, posisi rumah turbin harus cukup tinggi diatas permukaan air. Konstruksinya pun harus cukup kuat untuk perlindungan dari kemungkinan mangkok atau runner rusak dan terlepas saat turbin beroperasi (Syarif., 2019).

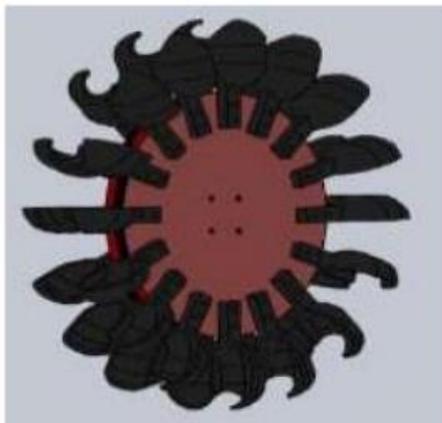


Gambar 2.4 Rumah Turbin (Syarif, 2019)

2.3.2. Runner

Runner turbin pelton pada dasarnya terdiri atas cakera dan sejumlah mangkuk terpasang sekelilingnya. Kecepatan keliling runner dapat dihitung dengan persamaan (Eisenring. M, 1994) :

$$U_1 = K_u (2 \times g \times H_n)^{1/2} (m/s) \quad (2.1)$$



Gambar 2.5 Runner (Gusti, 2020)

2.3.3. Sudu (*Bucket*)

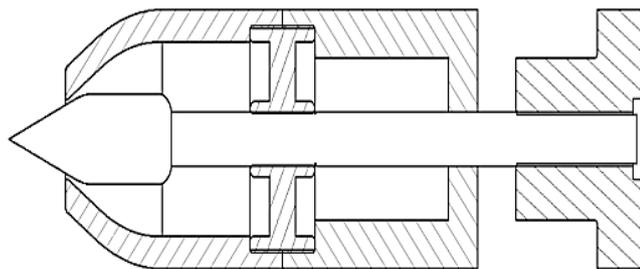
Sudu turbin pelton berbentuk seperti mangkuk dengan bagian dalam yang melengkung ke arah dalam dan bagian atasnya berbentuk runcing. Pemanfaatan tinggi air jatuh (*head*) memiliki hubungan yang erat dengan bentuk sudu turbin. Untuk *head* jatuh air yang tinggi kelengkungan sudu akan lebih tajam semakin tinggi *head* jatuh air bentuk sudu akan semakin melengkung kedalam. Untuk tinggi air jatuh yang rendah kelengkungan sudu tidak terlalu melengkung. Pembuatan sudu dari belahan pipa atau konstruksi las dengan bahan plat baja sama sekali tidak dianjurkan karena kekokohnya kurang dan efisiensinya rendah (Sinaga, 2018).



Gambar 2.6 Sudu

2.3.4. *Nozzle*

Nozzle merupakan bagian dari turbin yang sangat penting, yang berfungsi sebagai pemancar aliran air untuk menyemprot ke arah sudu-sudu turbin. Kecepatan aliran meningkat disebabkan oleh *nozzle*. Air yang keluar dari *nozzle* yang mempunyai kecepatan tinggi akan membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum. Berikut dibawah ini contoh gambar *nozzle*.



Gambar 2.7 *Nozzle* (Prihastuty & Fahmadi, 2015)

Nosel terdiri atas bagian selubung serupa hidung yang dipasang pada pipa, dan jarum nosel yang biasa digerakkan didalam belokan pipa kerucut jarum dan selubung yang cepat aus. Kecepatan mutlak dapat dihitung dengan persamaan (Eisenring. M, 1994) :

$$C_1 = k_c \times \sqrt{2 \times g \times H_n} \quad (2.2)$$

2.3.5. Poros

Poros merupakan penerus putaran yang terjadi pada *runner*. Poros disambungkan ke *runner* menggunakan pasak. Putaran poros diteruskan ke transmisi sabuk, yang kemudian menuju ke poros generator seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.8 Poros

2.3.6. Pulley

Pulley adalah penerus putaran dari poros turbin. Pully juga dapat berfungsi untuk menaikan putaran.



Gambar 2.9 Pulley

2.3.7. Bantalan

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



Gambar 2.10 Bantalan

2.3.8. Generator AC

Generator AC adalah generator yang menghasilkan listrik arus bolak balik. Generator AC termasuk jenis mesin serempak (mesin sikron) dimana frekuensi listrik yang dihasilkan sebanding dengan jumlah kutub dan putaran yang dimilikinya. Generator ini menghasilkan energi listrik bolak – balik (*Alternating Current* atau AC). Generator digunakan sebagai alat untuk merubah energi putar mekanis menjadi energi listrik melalui adanya medan magnet yang diputar melalui rotor dan akan menimbulkan medan magnet yang timbul disisi stator. Medan magnet yang terjadi di stator dengan pola-pola tertentu akan menimbulkan arus listrik yang mengalir dikumparan stator yang dialirkan melalui saluran transmisi sebagai arus listrik. Semakin besar putaran generator maka semakin besar energi listrik yang didapat dan semakin besar energi kinetis yang diperlukan untuk memutarnya. Beban yang terpasang merupakan beban listrik yang digunakan sebagai media penerangan (Jasa, dkk, 2010).



Gambar 2.11 Generator

2.4. Dasar Persamaan Turbin Pelton

Untuk menghitung parameter – parameter yang dapat diukur pada turbin pelton dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

a. Luas Penampang

Untuk menghitung luas penampang pipa dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$A = \frac{\pi}{4} \times d^2 \quad (2.3)$$

b. Kecepatan aliran Air

Untuk menghitung kecepatan aliran air dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$v = f \times \frac{d}{D_t} \quad (2.4)$$

c. Debit Air

Untuk menghitung jumlah debit air yang mengalir dapat digunakan persamaan kontinuitas sebagai berikut (Dietzel, 1993):

$$Q = \frac{V}{t_1} \quad (2.5)$$

d. Energi Potensial Air

Energi potensial air adalah energi yang memanfaatkan jatuh air dari ketinggian tertentu. Untuk menghitung energi potensial air dapat ditentukan menggunakan persamaan dibawah ini (Giancoli, 2014) :

$$Ep = \rho \times Q \times g \times h \quad (2.6)$$

e. Potensi Energi Air (E_k)

Potensi energi air selain memanfaatkan energi air jatuh, energi air juga dapat diperoleh dari aliran kecepatan air datar. Untuk menghitung energi kinetik air dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Giancoli, 2014) :

$$E_k = \frac{1}{2} \times \rho \times Q \times v^2 \quad (2.7)$$

f. Energi Hidrolik (P_H)

Energi Hidrolik adalah energi air yang diperoleh dari energi potensial air dan energi kinetik air. Untuk menghitung energi hidrolik air dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Giancoli, 2014) :

$$P_H = E_p + E_k \quad (2.8)$$

g. Kecepatan Keliling Turbin Pelton

Untuk menghitung kecepatan keliling turbin dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Kjartan Furnes, 2013) :

$$U = 2 \times \pi \times n \times r = \frac{1}{2} \times v \times \cos \alpha \quad (2.9)$$

h. Jumlah Putaran Turbin Pelton

Untuk menghitung jumlah putaran turbin dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Kjartan Furnes, 2013) :

$$n = \frac{60 \times U}{\pi \times D} \quad (2.10)$$

i. Gaya Tangensial Turbin Pelton

Untuk menghitung gaya tangensial turbin dapat digunakan persamaan sebagai berikut, (Kjartan Furnes, 2013) :

$$F = \rho \times Q \times (v - U) \times (1 - \cos \beta) \quad (2.11)$$

j. Energi Mekanik Turbin Pelton

Untuk menghitung gaya tangensial turbin dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Yusri,dkk, 2004) :

$$P_T = F \times U \quad (2.12)$$

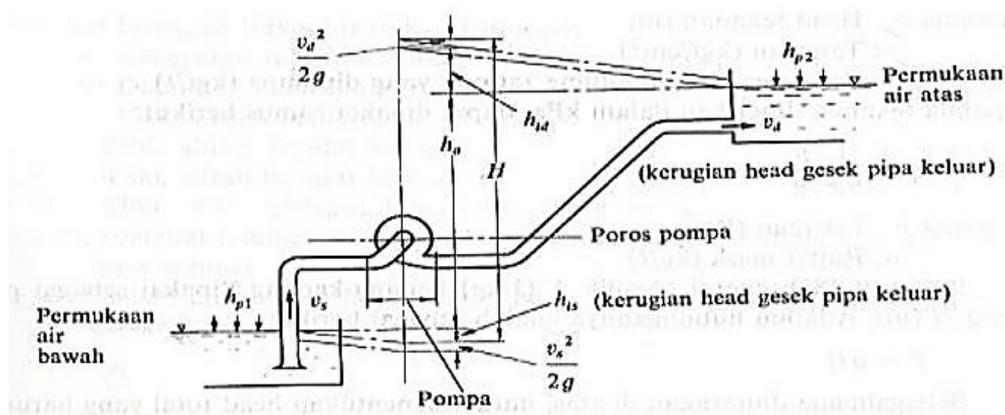
k. Perhitungan Efisiensi Turbin Pelton

Efisiensi turbin ditentukan oleh perbandingan daya hidrolik dengan daya poros turbin (Daugherty. et.al , 1985) :

$$\eta_{Turbin} = \frac{P_T}{P_H} \quad (2.13)$$

2.4.1. Perhitungan *Head*

Dalam memilih suatu pompa untuk maksud tertentu, terlebih dahulu harus diketahui aliran serta head yang diperlukan untuk mengalirkan zat cair yang akan dipompa. *Head* pompa adalah energi persatuan berat yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai kondisi instalasi pompa atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang. *Head* dapat bervariasi pada penampang yang berbeda, tetapi pada kenyataannya selalu ada energi rugi perencanaan perhitungan head dapat dilakukan dengan cara melihat persamaan 2.13 dan gambar 2.12.



Gambar 2.12 Total *Dynamic Head Pump*

1. Head total pompa

$$H = H_s + \Delta h_p + h_l + \frac{V^2}{2.g} \quad (2.14)$$

2. Head statis total

$$H_s = Z_t - Z_i \quad (2.15)$$

3. Kerugian gesek dalam pipa hisap dengan bilangan reynold

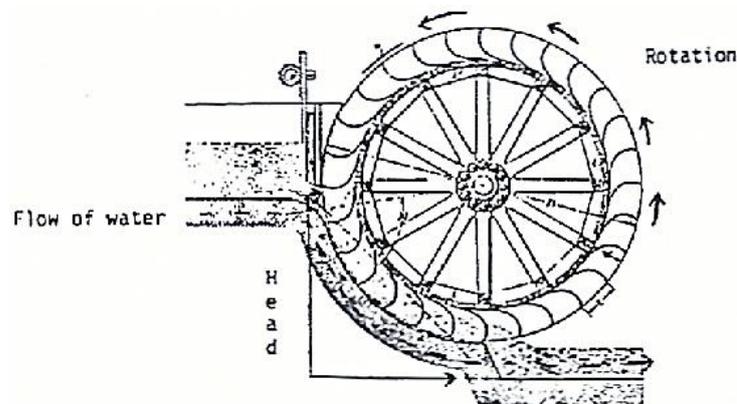
$$Re = \frac{V \times d}{\mu} \quad (2.16)$$

2.5. Klasifikasi Kincir atau Turbin Air Berdasarkan Sistem Aliran Air

Turbin air dapat diklasifikasikan berdasarkan sistem aliran air pendorong yaitu titik darimana air akan mendorong sudu kincir air. Berikut adalah klasifikasi turbin air berdasarkan titik penembak air pipa pesat.

1. *Undershot*

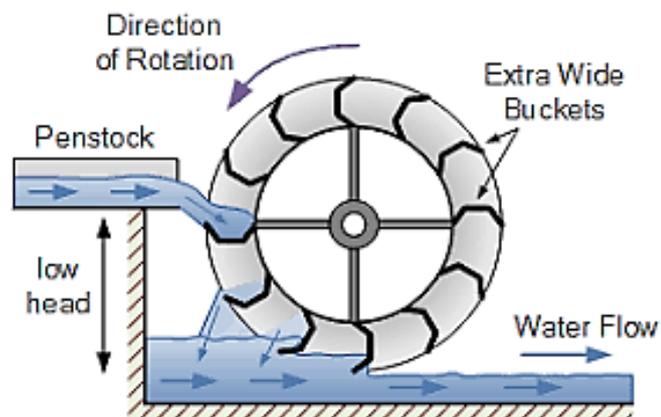
Kincir air tipe *undershot*, tipe *undershot* adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian bawah kincir. Berikut adalah kincir air tipe *undershot* :



Gambar 2.13 *Undershot* (Yohanes, 2016)

2. *Breastshot*

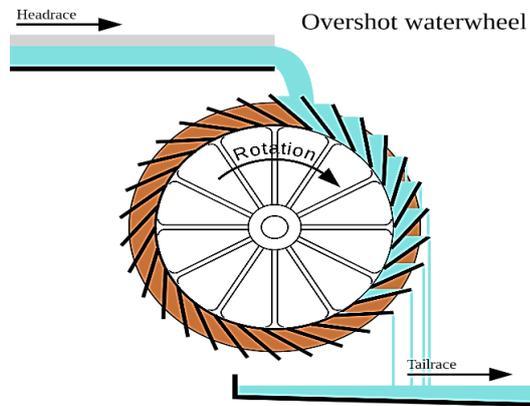
Kincir air tipe *breastshot* Tipe *breastshot* adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian tengah kincir. Berikut adalah kincir air tipe *breastshot* :



Gambar 2.14 *Breastshot* (Yohanes, 2016)

3. *Overshot*

Kincir air tipe *overshot*, tipe *overshot* adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian atas kincir. Berikut adalah kincir air tipe *overshot* :



Gambar 2.15 *Overshot* (Yohanes, 2016)

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

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sah kannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di kerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 Rencana Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur	■	■	■			
2	Se Up Alat Uji		■	■	■	■	
3	Pengujian Alat			■	■	■	■
4	Pengambilan Data				■	■	■
5	Pengolahan Data					■	■
6	Analisa Data						■
7	Penulisan Laporan						■
8	Sidang Sarjana						■

3.2. Bahan Dan Alat

3.2.1. Bahan

1. Air

Air digunakan untuk memutar sudu turbin saat disemprotkan oleh *nozzle* seperti yang terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.1 Air

3.2.2. Alat

2. Drum Plastik

Drum plastik digunakan untuk penampung air, dimana air yang disemprotkan ke turbin akan ditampung kedalam drum air dan disemprotkan kembali seperti yang terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Drum Air

3. *Box Panel*

Box panel digunakan untuk memasang alat kelistrikan dan mengontrol mesin serta menjaga keamanan pada saat terjadinya gangguan dalam aliran listrik seperti yang terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Box Panel*

4. Pompa Air

Pompa air DABAQUA Model 401A digunakan sebagai sumber tenaga yang digunakan untuk menyemprotkan air kesudu turbin dengan Spesifikasi sebagai berikut :

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



Gambar 3.4 Pompa Air DABAQUA Model 401A

5. Inverter

Inverter digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus bolak balik (AC) pada tegangan yang tinggi seperti yang terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Inverter

6. MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) digunakan sebagai menghidupkan dan mematikan arus listrik serta sistem proteksi didalam instalasi listrik jika terjadi beban berlebih serta hubungan singkat arus listrik atau korseling seperti yang terlihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

7. Arduino

Arduino digunakan untuk mengontrol dan menghitung kecepatan, tekanan, torsi, debit air, dan arus listrik dengan menggunakan sensor seperti yang terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Arduino

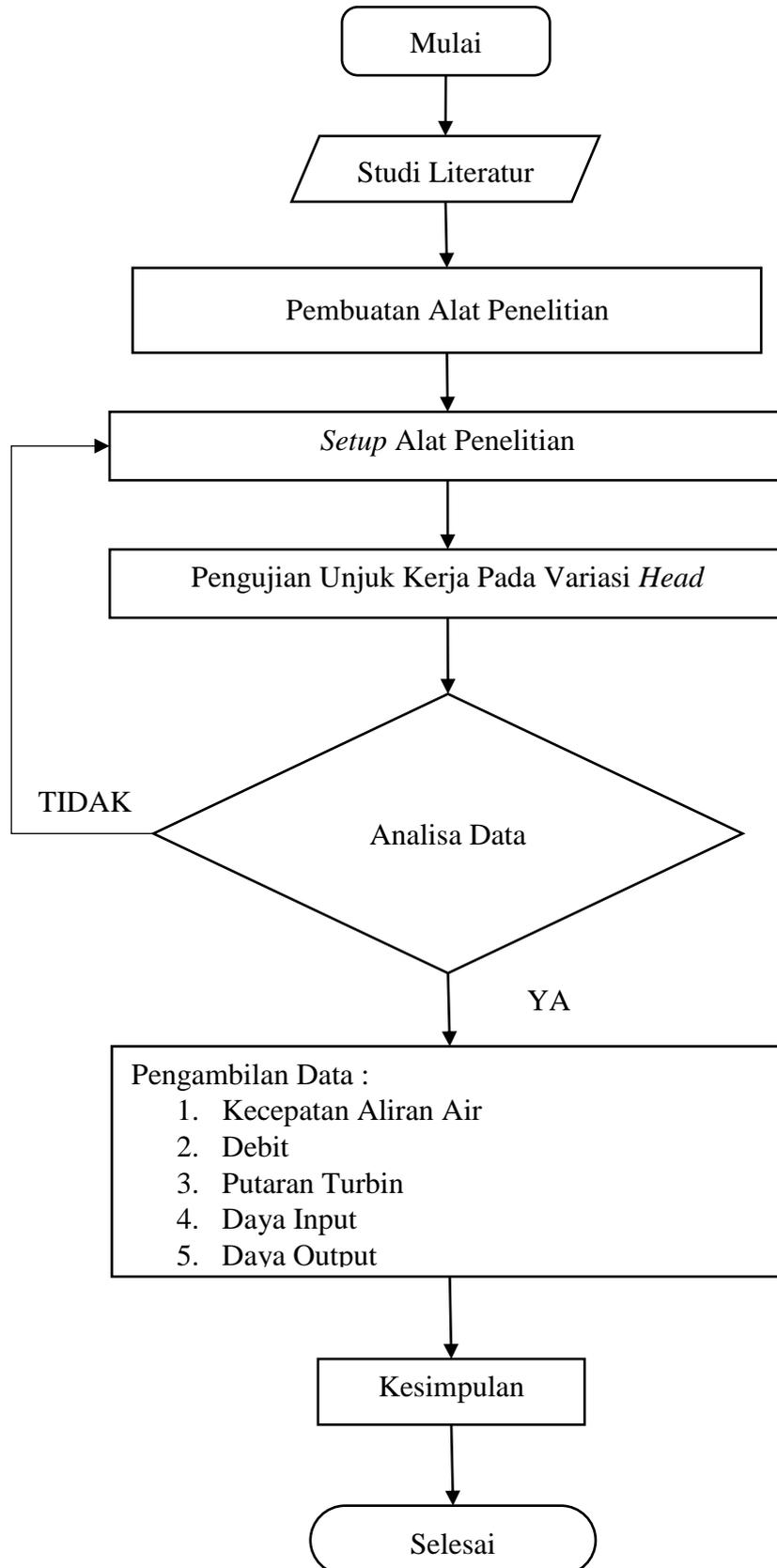
8. LCD (*Liquid Cristal Display*)

LCD (*Liquid Cristal Display*) digunakan sebagai tampilan dari program arduino yang dihasilkan dari sensor seperti yang terlihat pada gambar 3.8.



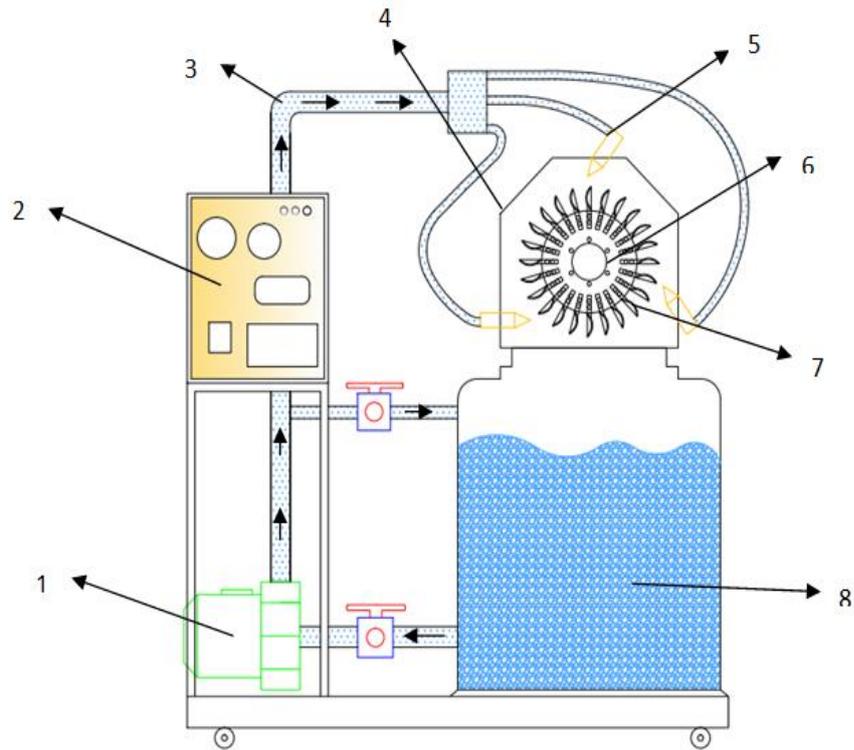
Gambar 3.8 LCD (*Liquid Cristal Display*)

3.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.9 Bagan Alir Penelitian

3.4. Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.10 Skema Alat Uji Turbin Pelton

Keterangan Gambar :

1. Pompa air DABAQUA model 410 A
2. Panel *Control*
3. Pipa
4. Rumah Turbin
5. *Nozzle*
6. *Runner*
7. Sudu / *Bucket*
8. *Reservoir*

3.5. Prosedur Penelitian

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

1. Menyiapkan instalasi pengujian turbin pelton.
2. Mengisi drum penampung air.
3. Mengatur *Head* dengan ketinggian 10 m dengan menggunakan inverter.
4. Pastikan semua kondisi alat dalam keadaan baik.
5. Tekan saklar untuk menghidupkan pompa air.
6. Pastikan posisi katup dalam keadaan pembukaan penuh.
7. Saat *runner* Turbin sudah berputar, lihat data beban, kecepatan alir, kuat arus, tegangan, tekanan *suction*, tekanan *discharge* yang tertera pada LCD kemudian dicatat data tersebut.
8. Mengukur putaran poros generator dengan cara melihat pada LCD dan tanpa beban terlebih dahulu. Selanjutnya mencatat daya yang dihasilkan generator.
9. Mengulang langkah nomor tiga sampai dengan delapan pada variasi *Head*: 10 m, 15 m dan 20 m.
10. Mengolah data penelitian yang didapatkan.
11. Menganalisa data penelitian untuk mengetahui hubungan antara variabel yang telah ditentukan.
12. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian

Hasil pengujian yang dilakukan pada turbin pelton berdasarkan variasi *head* dituangkan dalam bentuk tabel seperti yang terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Data Hasil Pengujian

No.	Head (m)	Putaran (Rpm)	Kuat Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Daya Input (Watt)	Daya Output (Watt)	Efisiensi (%)
1	8,74	364,833 3333	0,55133	20,637	39,612	11,3777	28,73
2	9,9	365,366 6667	1,321	19,41	33,12	25,6406	77,42
3	10,23	369,166 6667	1,507	20,26	31,361	30,5368	97,37

4.2. Analisa Data

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

Data yang diketahui :

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

Massa Jenis Fluida $\rho = 1000\text{Kg} / m^3$

Viskositas Kinetik Zat Cair $\nu = 1,307 \cdot 10^{-6} m^2 / s$

Percepatan Gravitasi $g = 9,81m / s^2$

4.1.1. Debit Aliran

Debit air diketahui dari alat ukur *flow* meter dengan nilai yang diperoleh sebagai berikut :

a. *Head* 8,74 m

$$\begin{aligned} Q &= \frac{V}{t} \\ &= \frac{0,003m^3}{6,50s} \\ &= 0,000462m^3 / s \end{aligned}$$

b. *Head* 9,90 m

$$\begin{aligned} Q &= \frac{V}{t} \\ &= \frac{0,003m^3}{8,80s} \\ &= 0,000341m^3 / s \end{aligned}$$

c. *Head* 10,23 m

$$\begin{aligned} Q &= \frac{V}{t} \\ &= \frac{0,003m^3}{9,6s} \\ &= 0,0003125m^3 / s \end{aligned}$$

4.1.2. Kecepatan Aliran Pipa

Untuk menghitung kecepatan aliran air pada pipa, terlebih dahulu harus diketahui luas penampang pipa dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi}{4} \times d^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (0,0508m)^2 = 0,002026m^2 \end{aligned}$$

Maka :

Head 8,74 m

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,000462 m^3 / s}{0,002026 m^2} = 0,228 m / s$$

Head 9,90

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,000341 m^3 / s}{0,002026 m^2} = 0,168 m / s$$

Head 10,23

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0003125 m^3 / s}{0,002026 m^2} = 0,154 m / s$$

4.1.3. Daya Hidrolis

a. Head 8,74 m

Nilai massa jenis air yaitu $\rho = 1000 kg / m^3$ dan $Q = 0,000462 m^3 / s$ diambil dari debit aliran pada head 8,74 m.

$$\begin{aligned} N_h &= \frac{\rho \times H \times Q}{102} \\ &= \frac{1000 kg / m^3 \times 8,24 m \times 0,000462 m^3 / s}{102} \\ &= 0,0373 kW \end{aligned}$$

b. Head 9,90 m

Nilai massa jenis air yaitu $\rho = 1000 kg / m^3$ dan $Q = 0,000341 m^3 / s$ diambil dari debit aliran pada head 9,90 m.

$$\begin{aligned} N_h &= \frac{\rho \times H \times Q}{102} \\ &= \frac{1000 kg / m^3 \times 9,90 m \times 0,000341 m^3 / s}{102} \\ &= 0,0331 kW \end{aligned}$$

c. Head 10,23 m

Nilai massa jenis air yaitu $\rho = 1000 kg / m^3$ dan $Q = 0,0003125 m^3 / s$ diambil dari debit aliran pada head 10,23 m.

$$\begin{aligned}
 N_h &= \frac{\rho \times H \times Q}{102} \\
 &= \frac{1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 10,23 \text{ m} \times 0,0003125 \text{ m}^3 / \text{s}}{102} \\
 &= 0,03135 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

4.1.4. Daya *Input* Turbin

Untuk mendapatkan nilai daya *input*, kita dapat menggunakan rumus seperti berikut :

$$P_{IN} = \rho \times g \times H \times Q$$

Berdasarkan rumus diatas, maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan daya *input* turbin berdasarkan *head* 8,74 m, 9,90 m, dan 10,23 m.

1. *Head* 8,74 m

$$\begin{aligned}
 P_{IN} &= \rho \times g \times H \times Q \\
 &= 1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 9,81 \text{ m} / \text{s}^2 \times 8,74 \text{ m} \times 0,000462 \text{ m}^3 / \text{s} \\
 &= 39,612 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

2. *Head* 9,90 m

$$\begin{aligned}
 P_{IN} &= \rho \times g \times H \times Q \\
 &= 1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 9,81 \text{ m} / \text{s}^2 \times 9,90 \text{ m} \times 0,000341 \text{ m}^3 / \text{s} \\
 &= 33,12 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

3. *Head* 10,23 m

$$\begin{aligned}
 P_{IN} &= \rho \times g \times H \times Q \\
 &= 1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 9,81 \text{ m} / \text{s}^2 \times 10,23 \text{ m} \times 0,0003125 \text{ m}^3 / \text{s} \\
 &= 31,361 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

4.1.5. Daya *Output* Turbin

Untuk mendapatkan daya *output* turbin, kita dapat menggunakan rumus seperti berikut :

$$P_{OUT} = V_0 \times I$$

Berdasarkan rumus dan data diatas, maka dilakukan perhitungan pada percobaan *head* 8,74 m, 9,90 m dan 10, 23 m.

1. Daya *output head* 8,74 m

$$\begin{aligned}P_{OUT} &= V_0 \times I \\ &= 20,6367\text{Volt} \times 0,55133\text{Ampere} \\ &= 11,3777\text{Watt}\end{aligned}$$

2. Daya *output head* 9,90 m

$$\begin{aligned}P_{OUT} &= V_0 \times I \\ &= 19,41\text{Volt} \times 1,321\text{Ampere} \\ &= 25,6406\text{Watt}\end{aligned}$$

3. Daya *output head* 10,23 m

$$\begin{aligned}P_{OUT} &= V_0 \times I \\ &= 20,2633\text{Volt} \times 1,507\text{Ampere} \\ &= 30,5368\text{Watt}\end{aligned}$$

4.1.6. Efisiensi Turbin

Untuk mendapatkan nilai efisiensi turbin, kita dapat menggunakan rumus seperti berikut :

$$\eta_T = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \times 100\%$$

Berdasarkan rumus diatas, maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai efisiensi turbin berdasarkan *head* 8,74 m, 9,90 m, dan 10,23 m.

1. *Head* 8,74 m

$$\begin{aligned}\eta_T &= \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \times 100\% \\ &= \frac{11,3777\text{ Watt}}{39,612\text{ Watt}} \times 100\% \\ &= 28,7228\%\end{aligned}$$

2. *Head* 9,90 m

$$\begin{aligned}\eta_T &= \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \times 100\% \\ &= \frac{25,6406 \text{ Watt}}{33,12 \text{ Watt}} \times 100\% \\ &= 77,4173\%\end{aligned}$$

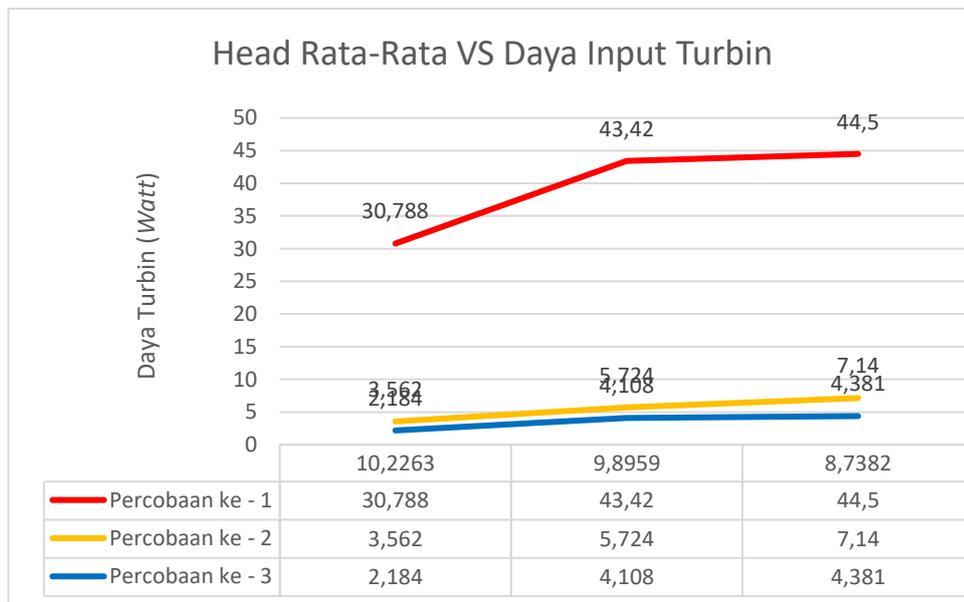
3. Head 10,23 m

$$\begin{aligned}\eta_T &= \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \times 100\% \\ &= \frac{30,5368 \text{ Watt}}{31,361 \text{ Watt}} \times 100\% \\ &= 97,372\%\end{aligned}$$

4.3. Pembahasan

Setelah dilakukan analisa data dan didapat hasil pada masing-masing variasi yang telah diuji, maka selanjutnya adalah membuat grafik dengan menggunakan *Head* rata-rata pada masing-masing variasi agar dapat dilihat pengaruh *Head* terhadap turbin pelton skala mikro. Grafik dapat dilihat sebagai berikut :

4.2.1. Grafik *Head* Rata-Rata Vs Daya *Input* Turbin

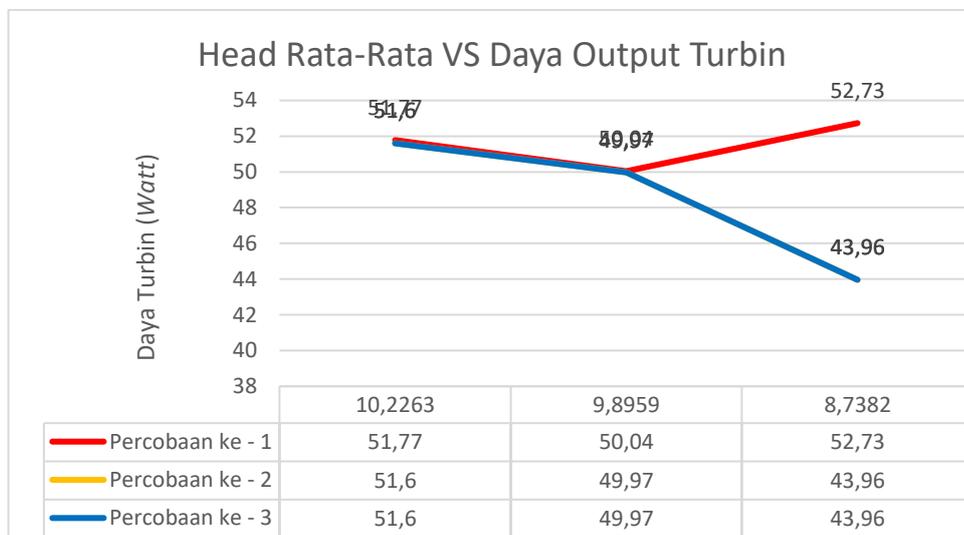


Gambar 4.1 Grafik *head* rata-rata vs daya *Input* Turbin

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa *head* rata-rata 10,23 m dengan kecepatan alir air 31 Lpm pada percobaan 1 tanpa beban menghasilkan daya *input* turbin

terendah sebesar 30,79 *Watt*, sedangkan dengan kecepatan alir air yang sama pada *head* rata-rata 8,74 m tanpa beban menghasilkan daya *input* turbin tertinggi sebesar 44,5 *Watt*. Lalu pada percobaan 3 menggunakan beban bola lampu dengan kecepatan alir air 37 Lpm menunjukkan bahwa pada *head* rata-rata 8,74 m menghasilkan daya *input* turbin tertinggi sebesar 4,381 *Watt*.

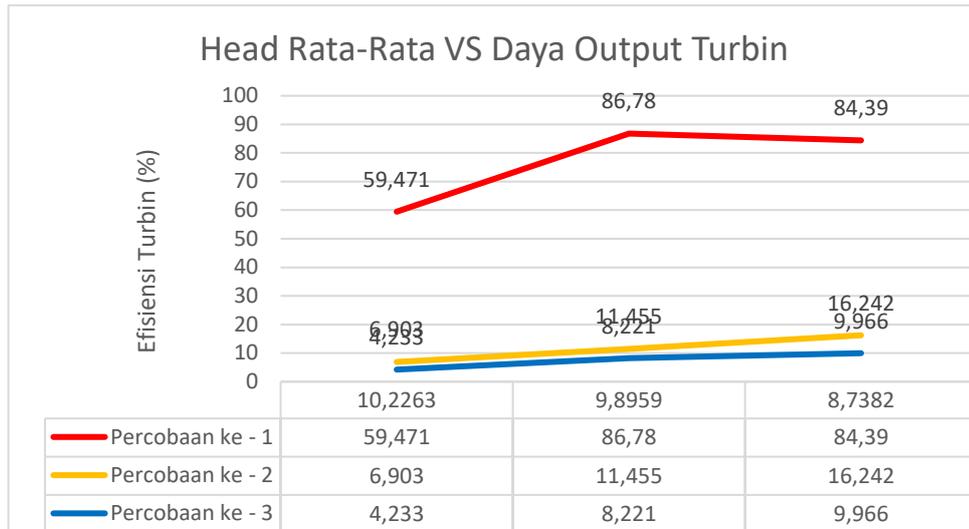
4.2.2. Grafik *Head* Rata-Rata Vs Daya *Output* Turbin



Gambar 4.2 Grafik *head* rata-rata vs daya *Output* Turbin

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa *head* rata-rata 9,90 m dengan kecepatan alir air 31 Lpm pada percobaan 1 tanpa beban menghasilkan daya *output* turbin terendah sebesar 50,04 *Watt*, sedangkan dengan kecepatan alir air yang sama pada *head* rata-rata 8,74 m tanpa beban menghasilkan daya *output* turbin tertinggi sebesar 52,73 *Watt*. Lalu pada percobaan 3 menggunakan beban bola lampu dengan kecepatan alir air 37 Lpm menunjukkan bahwa pada *head* rata-rata 10,23 m menghasilkan daya *output* turbin tertinggi sebesar 51,60 *Watt*.

4.2.3. Grafik *Head* Rata-Rata Vs Efisiensi Turbin



Gambar 4.3 Grafik *Head* Rata-Rata Vs Efisiensi Turbin

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa *head* rata-rata 9,90 m dengan kecepatan alir air 31 Lpm pada percobaan 1 tanpa beban menghasilkan efisiensi turbin tertinggi sebesar 86,78%, sedangkan dengan kecepatan alir air yang sama pada *head* rata-rata 10,23 m tanpa beban menghasilkan efisiensi turbin terendah sebesar 59,471%. Lalu pada percobaan 3 menggunakan beban bola lampu dengan kecepatan alir air 37 Lpm menunjukkan bahwa pada *head* rata-rata 8,74 m menghasilkan efisiensi turbin tertinggi sebesar 9,966%.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Dari pengujian turbin pelton yang dilakukan memperoleh hasil daya hidrolis pada *head* 8,74 sebesar 0,0373 kW, pada *head* 9,90 m sebesar 0,0331 kW dan pada *head* 10,23 m sebesar 0,03135 kW, maka dari hasil pengujian daya hidrolis dapat disimpulkan bahwa daya hidrolis tertinggi berada pada *head* 8,74 m sebesar 0,0373 kW dan daya hidrolis terendah berada pada *head* 10,23 m sebesar 0,03135 kW.
2. Daya *input* turbin pada *head* 8,74 m sebesar 39,612 Watt, pada *head* 9,90 m sebesar 33,12 Watt, dan pada *head* 10,23 m sebesar 31,361 Watt. Maka dapat disimpulkan bahwa daya *input* tertinggi berada pada *head* 8,74 m sebesar 39,612 Watt dan daya *input* terendah berada pada *head* 10,23 m sebesar 31,361 Watt.
3. Daya *output* turbin pada *head* 8,74 m sebesar 11,3777 Watt, pada *head* 9,90 m sebesar 25,6406 Watt dan pada *head* 10,23 m sebesar 30,5368 Watt. Maka dapat disimpulkan bahwa daya *output* tertinggi berada pada *head* 10,23 m sebesar 30,5368 Watt dan daya *output* terendah berada pada *head* 8,74 m sebesar 11,3777 Watt.
4. Efisiensi turbin pada *head* 8,74 m sebesar 28,7228 %, pada *head* 9,90 m efisiensi turbin sebesar 77,4173 %, dan pada *head* 10,23 m efisiensi turbin sebesar 92,372 %. Maka dapat disimpulkan bahwa pada pengujian efisiensi turbin tertinggi berada pada *head* 10,23 m sebesar 92,372 % dan efisiensi turbin terendah berada pada *head* 8,74 m sebesar 28,7228 %.
5. Dari perhitungan turbin pelton yang diperoleh terhadap daya hidrolis, daya *input*, daya *output*, dan efisiensi turbin yang cukup baik berada pada penggunaan *head* 9,90 m.

5.2. Saran

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

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

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, W. A. 2020. Perancangan Turbin Tife Pelton Untuk Miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 2(2), 36-40.
- Akhmad, Kholid, 2011, Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Penerapannya Untuk Daerah Terpencil, *Jurnal Dinamika Rekayasa*, 1(1): 28- 33
- Ali, B., Khan, A. A., Khalid, K., Israr, M., & Nazim, M. 2020. Mini Hydel Power Generation From Over Head Tanks Using Pelton Turbine. *Sukkur IBA Journal of Emerging Technologies*, 3(1), 31-36.
- Anam, A. 2016. Pengaruh Variasi Ketinggian Aliran Sungai Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Bersudu Mangkok Dengan Sudut Input 10o. *Pengaruh Variasi Ketinggian Aliran Sungai Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Bersudu Mangkok Dengan Sudut Input 10o*, 1-6.
- Arismunandar, A., & Kuwahara, S. 1982. Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid II: Saluran Transmisi, cetakan kelima. *Jakarta. Pradnya Paramita*.
- Assauri, S., Margianto, M., & Marlina, E. 2017. Pengaruh Variasi Jumlah Nozzle Terhadap Daya Listrik Yang Dihasilkan Pada Prototype Turbin Pelton. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(01).
- Buyung, S. 2016. Analisis Pengaruh Tinggi Jatuhnya Air (Head) Terhadap Daya Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro Tipe Turbin Pelton. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Daugherty, R. L. 1989. *Fluid mechanics with engineering applications*. Tata McGraw-Hill Education.
- Dietzel, F., & Sriyono, D. 1993. *Turbin, pompa dan kompresor*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Elvisa, M. 2017. *Kajian Teoritis Tinggi Jatuh Air Pada Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Turbin Pelton* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Eisenring, M. 1994. *Turbin Pelton Mikro*, terjemahan Sunarto, Edy. *M. Jakarta*.
- Finnemore, E. J., & Franzini, J. B. 2002. *Fluid mechanics with engineering applications*. *Boston: McGraw-Hill*.
- Furqon, D. M. 2017. *Kajian Kinerja Rancang Bangun Simulasi Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Turbin Pelton Berdasarkan*

- Daya Potensial Air Yang Dhasilkan* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Gass, M., & Water, H. 2002. Modification of nozzles for the improvement of efficiency of Pelton type turbines. In *Proceedings of the HydroVision Conference* (pp. 1-7).
- Giancoli, D. C. 2014. Fisika Edisi Ketujuh Jilid 1 Prinsip dan Aplikasi.
- Gorlov, A. 2010. Helical turbine and fish safety. *Mechanical Engineering Department Northeastern University. Boston.*
- Haimerl, L. A. 1960. The cross-flow turbine. *Water power*, 5.
- Kvicinsky, S., Kueny, J. L., Avellan, F., & Parkinson, E. 2002. Experimental and numerical analysis of free surface flows in a rotating bucket. In *21st IAHR Symposium on hydraulic machinery and systems* (pp. 359-364).
- Kholifah, N., Setyawan, A. C., Wijayanto, D. S., Widiastuti, I., & Saputro, H. 2018. *Performance of Pelton turbine for hydroelectric generation in varying design parameters. In IOP conference series: materials science and engineering* (Vol. 288, No. 1, p. 012108). IOP Publishing.
- Furnes, K. 2013. *Flow in Pelton turbines* (Master's thesis, Institutt for energi-og prosesssteknikk).
- Klunne, W. 2003. Micro and small hydropower for Africa. *ESI Africa*, 4, 22-23.
- Mahayana, I. G. P. A., Jasa, L., & Janardana, I. G. N. 2020. Rancang Bangun Prototype PLTMH Dengan Turbin Pelton Sebagai Modul Praktikum. *Jurnal SPEKTRUM Vol*, 7(4).
- Morong, J. Y. 2016. *Rancang Bangun Kincir Air Irigasi Sebagai Pembangkit Listrik di Desa Talawaan* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Manado).
- Mulyadi, M., Margianto, M., & Marlina, E. 2017. Pengaruh Jarak Semprot Nozzle Terhadap Putaran Poros Turbin Dan Daya Listrik Yangdihasilkan Pada Prototipe Turbin Pelton. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(02).
- Poea, C. S., Soplanit, G. D., & Rantung, J. 2013. Perencanaan Turbin Air Mikro Hidro Jenis Pelton untuk Pembangkit Listrik di Desa Kali Kecamatan Pineleng dengan Head 12 Meter. *JURNAL POROS TEKNIK MESIN UNSRAT*, 1(1).
- Purba, A. A. 1999. *Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan Jarum Nozzle (Needle) Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro* (Doctoral dissertation).

- Samosir, R. 2018. Pengaruh Jumlah Nozzle Pada Turbin Pelton.
- Simamora, M. S. 2017. *Perancangan Alat Uji Prestasi Turbin Pelton* (Doctoral dissertation, Universitas Pasir Pengaraian).
- Solihat, I., & Mahendrawan, E. 2020. Pengaruh Variasi Ketinggian Toren Penampung (Head) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Pada Pengujian Turbin Air Crossflow. *Jurnal Inovasi Ilmu Pengetahuan dan teknologi*, 2(1), 30-35.
- Syarif, A. 2019. Analisis Unjuk Kerja Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin Pelton Sumber Daya Head Potensial. *KINETIKA*, 10(2), 1-8.
- Umurani, K., Siregar, A. M., & Al-Amin, S. 2020. Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(2), 103-111.
- US Department of Commerce. 2010. Renewable Energi Market Assessment Report: Indonesia. International Trade Administration
- Yusri, Aidil Z., Asmed., 2004, Analisis daya dan putaran kincir air tradisional sebagai alternatif sumber daya penggerak, *Jurnal Teknik Mesin* Vol 1, No.2.
- Wiyono, A., Heryana, G., Rahayu, W., Prakoso, A. P., & Berman, E. T. 2018. Karakterisasi Performansi Modifikasi Sudu dan Variasi Head Total Turbin Pelton 9 Sudu. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 2(1), 87-90.

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 22 Sudu Dan 3 Nozel Berdasarkan Variasi Head

Nama : Muhammad Hadjis Pradana
 NPM : 1607230045

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

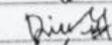
No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Rabu/10-2-2021	Perbaiki Bab 2 - Rumusan masalah - Tujuan	
2.	Rabu/17-02-2021	Bab II - Pertanyaan Pembahasan turbin Pelton	
3.	Rabu/24-02-2021	Bab III - Perlebas Crambanyang digunakan	
4.	Rabu/24-03-2021	Daftar Pustaka	
5.	Kamis/01-04-2021	Perbanyak Referensi	
6.	Jumat/02-04-2021	Perbaiki - Cover - Batasan masalah	
7.	Sabtu/03-04-2021	Acc seminar proposal	

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

Peserta seminar

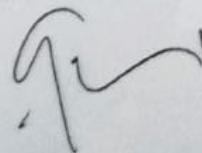
Nama : Muhammad Hadjis Pradana
 NPM : 1607230045
 Judul Tugas Akhir : Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 22 Sudu Dan 3 Nozzel
 Berdasarkan Variasi Head

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Beki Suroso, St, M.Eng	: 
Pembanding – I : Munawar Alfansury Siregar, ST, MT	: 
Pembanding – II : Riadini Wanty Lubis, ST, MT	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230076	Nuryhandika putra	
2	1507230225	M. RIZALDI PUTRA HASWION	
3	1507230202	Dendi Santika	
4	1807230128	DICKY MULYA	
5	1807230115	AHMAD TRI NOVRANDY NST	
6	1807230121	MUHAMMAD JEBRI	
7	1807230116	SYAHRILDA NARTY	
8			
9			
10			

Medan, 25 Sya'ban 1443 H
28 Maret 2022 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Muhammad Hadjis Pradana
NPM : 1607230045
Judul Tugas Akhir : Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 22 Sudu Dan 3 Nozzel
Berdasarkan Variasi Head

Dosen Pembanding – I : Munawar Alfansury Siregar, ST, MT
Dosen Pembanding – II : Riadini Wanty Lubis, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Bekti Suroso, St, M.Eng

KEPUTUSAN

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

..... *Lihat buku tugas akhir*

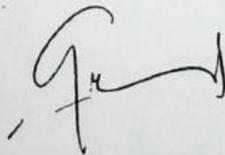
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

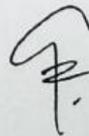
Medan, 25 Sya'ban 1443 H
28 Maret 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- I



Chandra A Siregar, ST, MT



Munawar Alfansury Siregar, ST, MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Muhammad Hadjis Pradana
NPM : 1607230045
Judul Tugas Akhir : Uji Unjuk Kerja Turbin Pelton Dengan 22 Sudu Dan 3 Nozzel
Berdasarkan Variasi Head

Dosen Pembanding - I : Munawar Alfansury Siregar, ST, MT
Dosen Pembanding - II : Riadini Wanty Lubis, ST, MT
Dosen Pembimbing - I : Bekti Suroso, St, M.Eng

KEPUTUSAN

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

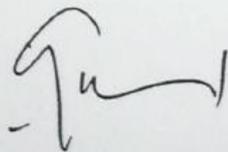
REVISI : → Ckr. Set up Alat uji
→ Perbaiki Variasi Head serta foto Evansi
→ Formula Rumus di Bab 2 yang diperbaiki

3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

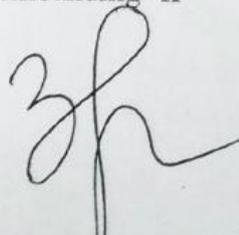
Medan 25 Sya'ban 1443 H
28 Maret 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II



Riadini Wanty Lubis, ST, MT



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

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

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<http://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [f umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan) [@umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.youtube.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.tiktok.com/umsumedan)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 680/IL.3AU/UMSU-07/F/2022

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 11 April 2022 dengan ini Menetapkan :

Nama : M. HADJIS PRADANA
Npm : 1607230045
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : XII (DUA BELAS)
Judul Tugas Akhir : UJI UNJUK KERJA TURBIN PELTON DENGAN 22 SUDU DAN 3 NOZEL BERDASARKAN VARIASI HEAD
Pembimbing : BEKTI SUROSO, ST, M.ENG

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

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

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

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 10 Ramadan 1443 H
11 April 2022 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Muhammad Hadjis Pradana
NPM : 1607230045
Tempat/Tanggal Lahir : Cinta Rakyat / 18 April 1998
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status Perkawinan : Sudah Kawin
Alamat : Jl. Diponegoro Dusun 6
 Kecamatan : Percut Sei Tuan
 Kabupaten : Deli Serdang
 Provinsi : Sumatera Utara
Nomor Hp : 0852-7905-6022
E-mail : muhammadhadjis29@gmail.com
Nama Orang Tua
 Ayah : Heri Prawadi
 Ibu : Tetti Erawati

PENDIDIKAN FORMAL

2004-2010 : SD Negeri 107403 Cinta Rakyat
2010-2013 : SMP Negeri 3 Percut Sei Tuan
2013-2016 : SMK Negeri 1 Percut Sei Tuan
2016-2022 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara