

TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI
PENGARUH JUMLAH BUCKET TERHADAP
KINERJA PROTOTYPE TURBIN PELTON

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh :

APANDI ROMADON HARAHAP

1307230168



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN I
TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI
PENGARUH JUMLAH BUCKET TERHADAP KINERJA
PROTOTYPE TURBIN PELTON

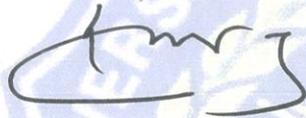
Disusun Oleh :

APANDI ROMADON HARAHAP
1307230168

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

Pembimbing – II



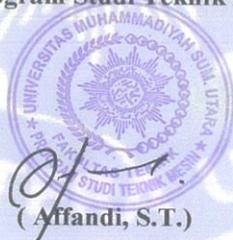
(Munawar A. Siregar, S.T., M.T.)



(Khairul Umurani, S.T., M.T.)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T.)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
M E D A N
2 0 1 8

LEMBAR PENGESAHAN II
TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI
PENGARUH JUMLAH BUCKET TERHADAP KINERJA
PROTOTYPE TURBIN PELTON

Disusun Oleh :

APANDI ROMADON HARAHAP
1307230168

Telah Diperiksa Dan Diperbaiki
Pada Seminar Tanggal 19 Maret 2018

Disetujui Oleh:

Pembanding – I

(M. Yani, S.T., M.T.)

Pembanding – II

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

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

(Apandi, S.T.)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Biar menjababsurat ini agar disebutkan
hari dan tanggalnya

DAFTAR SPESIFIKASI
TUGAS SARJANA

Nama Mahasiswa : APANDI ROMADON HARAHAP
NPM : 1307230168
Semester : X (Sepuluh)
SPESIPIKASI : PENGARUH JUMLAH BUCKET TERHADAP TERHADAP
KINERJA PROTOTYPE TURBIN PELTON.

Diberikan Tanggal : 29 Desember 2017
Selesai Tanggal : 11 Maret 2018
Asistensi : 1 Minggu Sekali
Tempat Asistensi : Luar Kampus

Medan,.....2018

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



Dosen Pembimbing – I

(Munawar A Siregar S.T.,M.T)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI

TUGAS SARJANA

NAMA : Apandi Romadon Hrp PEMBIMBING I : Munawar A. Siregar, S.T., M.T

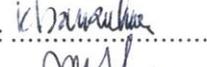
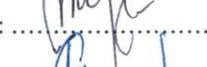
NPM : 1307230168

PEMBIMBING II : Khairul Umurani, S.T., M.T

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1.	29/12-2017 17/01/2018 26/01/2018	judul di simpul lapisan ke latar belakang, ruyun dan bawakan masalah	A
2.	17/1-2018 9/02/2018	Latar belakang, ruyun smaikan dan judul	A
3.	26/1-2018 13/02/2018	Lampiran metode pengujian	A
4.	9/2-2018 20/02/2018 26/07/2018	kegiatan ke pembimbing Pertemuan Metode - Perbali Makin - Perbali Kumpul - Tembak ke palyt	U A A A A
5.	11/3-2018	Acc di seminar	A

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2017 – 2018**

Peserta Seminar
 Nama : Apandi Ramadan Harahap
 NPM : 1307230168
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Jumlah Bucket Terhadap Kinerja Prototype Turbin Pelton.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Munawar A Siregar.S.T.M.T	
Pembimbing – II	: Khairul Umurani.S.T.M.T	
Pembanding – I	: M.Yani.S.T.M.T	
Pembanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	
NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230033 MHD. Ardiyanto	
2	1307230169 Hidayat Arshari Siraga	
3	1307230297 ABDUR RAHMAN A. LUBIS	
4	1307230286 PEDI SURYADI	
5	1307230320-P Yusuf Hanafiah Mustaqim Sep	
6		
7		
8		
9		
10		

Medan, 02 Rajab 1439 H
19 Maret 2018 M

Ketua Prodi. T. Mesin



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

NAMA : Apndi Ramada Harahap
NPM : 1307230168
Judul T. Akhir : Pengaruh Jumlah Bucket Terhadap Kinerja Prototype Turbin Pelton.

Dosen Pembimbing - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen pembeding - I : M. Yani.S.T.M.T
Dosen Pembeding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

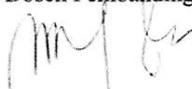
- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- 2 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - ① Kesempurnaan skripsi dan daftar pustaka perbaikan
 - ② Perbaikan bab III - hasil dan pembahasan
- 3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 02 Rajab 1439 H
19 Maret 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi T.Mesin

Affandi.S.T



Dosen Pembeding - I

M.Yani.S.T.M.T

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

NAMA : Apndi Ramada Harahap
NPM : 1307230168
Judul T.Akhir : Pengaruh Jumlah Bucket Terhadap Kinerja Prototype Turbin Pelton.

Dosen Pembimbing - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen pembeding - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembeding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

..... lihat buku tugas sarjana
.....
.....

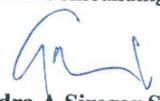
- 3 Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

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

Medan 02 Rajab 1439 H
19 Maret 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi T. Mesin

Affandi.S.T

Dosen Pembeding - II

Chandra A Siregar.S.T.M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Apandi Romadon Harahap
Tempat/Tgl Lahir : Tanjung Medan/24 Februari 1995
NPM : 1307230168
Bidang Keahlian : Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas sarjana (skripsi) saya ini yang berjudul :

“PENGARUH JUMLAH BUCKET TERHADAP KINERJA PROTOTYPE TURBIN PELTON”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara originil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk 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, Maret 2018
Saya yang menyatakan,



APANDI ROMADON HARAHAP

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 nozle 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 Nozle 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 bucket terhadap kinerja Prototype 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 penambahan beban yang terjadi setelah turbin berputar. Sebelum turbin berputar beban dihitung dulu berat awalnya. kemudian setelah turbin berputar catat penambahan berat beban. Dan lakukan pengamatan kecepatan putar turbin saat poros berputar. Pada hasil pengujian bukaan Katup penuh paling optimal pada jumlah 10 Bucket dengan putaran = 335 Rpm, Daya = 341,5 Watt , Torsi = 290,76 Kg.mm dan Efisiensi = 48,3 %. Dikarenakan Efisiensi dalam pengujian didapat terlalu kecil, maka dilakukan metode perhitungan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal serta didapat efisiensi yang lebih besar. Daya yang Paling Besar didapat pada Daya = 543,1 Watt, Torsi = 15,31 Nm, dan Efisiensi 76,9% pada Head = 36 meter dengan dimensi Turbin yang berbeda dengan Jumlah Bucket yang sama.

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

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar. Tugas sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya.

Untuk memenuhi syarat tersebut penulis dengan bimbingan daripada dosen pembimbing merencanakan dan menguji

“Pengaruh Jumlah Bucket Terhadap Kinerja Prototype Turbin Pelton”

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang terus-menerus hadir dan atas kerja keras penulis, dan atas banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana.

Pada kesempatan ini penulis banyak berterimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Sang Khaliq Allah Subhanahu Wa Ta'ala Yang Maha Kuasa di atas segala-galanya, sebab karena Nikmat Iman dan Islam nyalah Penulis Mampu terhindar dari kekufuran dalam Menyelesaikan Tugas Akhir Yang Berjudul Pengaruh Jumlah Bucket Terhadap Kinerja Prototype Turbin Pelton.
2. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Ayahanda Syahlan Harahap dan Ibunda Darmayanti Simanungkalit yang telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta senantiasa memberikan kasih sayang, do'a yang tulus, dan dukungan moral maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Seluruh saudara kandung penulis yang selalu memberi semangat dan dukungannya demi kesuksesan penulis.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing II sekaligus Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Ade Faisal selaku Wakil Dekan I Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Affandi, S.T. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Keluarga besar Lab Teknik Mesin UMSU yang telah memberikan dukungan, semangat dan do'a yang tulus baik secara moril maupun materil kepada penulis.
10. Kepada Kelompok Prototype Turbin atau kelompok Tim Ular, Dewa Ular, dan jajaran Ular-ular yang lainnya yang tidak bisa penulis sebutkan namanya satu persatu, karena kerja sama yang baik inilah penulis mampu menyelesaikan tugas akhirnya.
11. Seluruh teman-teman seperjuangan stambuk 2013 yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi dan do'a yang tulus kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang maha membolak balikkan hati selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 13 Maret 2018

Penulis

APANDI ROMADON HARAHAP
1307230168

DAFTAR ISI

LEMBAR PRNGESAHAN I	
LEMBAR PENGEAHAN II	
LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR NOTASI	x
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.4.1 Tujuan Umum	3
1.4.2 Tujuan Khusus	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Turbin Pelton	5
2.2 Klasifikasi Turbin Air	6
2.3 Pemilihan Jenis Turbin	7
2.4 Komponen Utama Turbin Pelton	8
2.5 Prinsip Kerja Turbin Pelton	12
2.6 Teori Dasar Aliran	12
2.7 Segitiga Kecepatan	13
BAB 3. METODE PERANCANGAN	
3.1 Tempat	15
3.2 Waktu	15
3.3 Peralatan Pengujian	16
3.4 Skema Pengujian Jumlah Bucket	22
3.5 Diagram Alir Pengujian Jumlah Bucket	23
3.6 Desain Prototype Turbin	24
3.7 Prosedur Pengujian	25
3.8 Metode Penelitian	26
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pengujian	27
4.2 Perbandingan Jumlah Bucket 12 Dan Jumlah Bucket 10	29
4.3 Perhitungan Perencanaan	31
4.4 Perhitungan Dimensi Turbin Pelton	33
4.5 Analisa Perhitungan Terhadap Kinerja Turbin	42
4.6 Perbandingan Hasil Analisa Perhitungan Bucket 10 & 12	51

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

53

5.2 Saran

54

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

No.	Nama Gambar	Halaman
2.1	Turbin Pelton	5
2.2	Diagram Pemilihan Turbin	7
2.3	Runner Turbin Pelton	8
2.4	Sudu (Bucket)	9
2.5	Nozzle	10
2.6	Rumah Turbin	11
2.7	Pusat Tenaga Air Tekanan Tinggi	12
2.8	Penampang Nozzle Dan Bucket	13
2.9	Bagan Kecepatan Turbin Pelton	14
3.1	Runner Turbin	16
3.2	Bucket Turbin Pelton	17
3.3	Nozzle	17
3.4	Arduino Uno	18
3.5	Photo Sensor Interuptor	18
3.6	Load Cell	19
3.7	Bread Board	19
3.8	Pulley	20
3.9	Roda Pencacah	20
3.10	Pompa Air	20
3.11	Flow Meter	21
3.12	Software PLX-DAQ	21
3.13	Laptop	21
3.14	Skema Pengujian Jumlah Bucket	22
3.15	Diagram Alir Pengujian Jumlah Bucket	23
3.16	Desain Bucket	24
3.17	Desain Runner	24
3.18	Desain Runner Realistic Autocad 2018	25
4.1	Perbandingan Putaran vs Daya	29
4.2	Perbandingan Putaran vs Torsi	30
4.3	Perbandingan Putaran vs Efisiensi	31
4.4	Spesifikasi Pompa	32
4.5	Perbandingan Head vs Daya	51
4.6	Perbandingan Head vs Torsi	51
4.7	Perbandingan Head vs Efisiensi	52

DAFTAR TABEL

No.	Nama Tabel	Halaman
3.1	Jadwal Proses Kegiatan Pembuatan Prototype Turbin Pelton	15
4.1	Data-Data Perencanaan	32

DAFTAR NOTASI

No.	Simbol	Besaran	Satuan
1.	N_s	Kecepatan spesifik	
2.	V_n	kecepatan pancaran	m/s
3.	P	daya	watt
4.	Q	Debit aliran air	m^3/s
5.	t	waktu	second
6.	v	kecepatan runner	m/s
7.	H	tinggi jatuh	m
8.	n	putaran	rpm
9.	g	percepatan gravitasi	m/s^2
10.	T	Momen Torsi	Nm
11.	ρ	kerapatan air	kg/m^3
12.	η_t	efisiensi turbin	%
13.	d_n	diameter nozzle	m
14.	D_t	Diameter Lingkaran Tusuk	m
15.	Z	Jumlah Sudu	Buah
16.	B_s	Lebar Sudu	m
17.	C_s	Kedalaman Sudu	m
18.	M	Lebar Bukaannya Sudu	m
19.	l	Jarak Jet Keujung Sudu	m
20.	L_s	Panjang Sudu	m
21.	F	Gaya	N
22.	ω	Kecepatan keliling	rad/s

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 model 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 nozzle hingga menghasilkan energi listrik yang besar pula. Jenis turbin air ini memiliki Runner (roda jalan) berbentuk pelek (rim) dengan sejumlah sudu yang berbentuk Bucket (mangkok ganda simetris) di sekelilingnya. Pelek ini dihubungkan dengan poros dan seterusnya menggerakkan generator. Pancaran pada air dari nozzle pada sudu turbin diubah menjadi energi mekanik yaitu putaran roda turbin. Apabila roda turbin dihubungkan dengan poros generator listrik, maka energi mekanik putaran roda turbin diubah menjadi energi listrik pada generator.

Dalam mencapai performa kinerja dari turbin pelton, sudu mempunyai peranan penting dikarenakan pemanfaatan energi air yang di tembakkan Nozzle 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 prototype turbin pelton dengan cara memvariasikan jumlah sudu untuk mengetahui performa dari turbin pelton. Pengujian yang dilakukan pada turbin pelton berbentuk prototype dituangkan pada tugas akhir yang berjudul **“PENGARUH JUMLAH BUCKET TERHADAP KINERJA PROTOTYPE TURBIN PELTON”**.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam pengujian pada prototype turbin pelton yaitu :

1. Bagaimana pengaruh dari jumlah Bucket terhadap kinerja Prototype Turbin Pelton ?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah diperlukan dalam pengujian agar dapat menghindari pembahasan yang tidak terarah serta meluas. Adapun batasan masalah dalam pengujian prototype turbin pelton ini adalah sebagai berikut :

1. Nozzle yang digunakan terdiri dari 2 buah nozzle.
2. Head maksimal digunakan 36 meter dari skripsi Hakiki Ananda Siahaan dan 12 meter dari Spesifikasi Pompa dengan debit maksimal 200 liter/menit.
3. Simulasi data hasil percobaan dikontrol menggunakan mikrokontrol Arduino Uno dan diprogram menggunakan software Arduino IDE.
4. Data pengujian diambil dengan menggunakan software PLX-DAQ pada Laptop.
5. Jumlah Bucket yang di uji yaitu 10 jumlah Bucket dan 12 jumlah Bucket.

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan Umum

Adapun yang menjadi tujuan umumnya yaitu untuk mengetahui pengaruh jumlah bucket terhadap kinerja Prototype Turbin Pelton.

1.4.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dari pengujian Prototype Turbin Pelton adalah :

1. Untuk mendapatkan nilai torsi yang terjadi pada poros.
2. Untuk menghitung daya yang dihasilkan kerja Turbin.
3. Untuk menganalisa nilai efisiensi dari kerja Turbin.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari analisa pengujian ini adalah :

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan akan bermanfaat untuk pengembangan turbin pelton.
2. Memberikan informasi dan model pengembangan turbin pelton kepada pengguna turbin pelton.

1.6 Sistematika Penulisan

Agar penulisan tugas akhir ini dapat dilaksanakan dengan mudah dan sistematis, maka pada penulisan tugas akhir ini disusun tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Pada BAB 1 menyampaikan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.
2. Pada BAB 2 landasan teori, isinya membahas tentang teori-teori yang berhubungan dengan pengujian ini, yang diperoleh dari berbagai referensi yang dijadikan landasan untuk melakukan pengujian ini.

3. Pada BAB 3 membahas tentang metode penelitian, bahan dan peralatan.
4. Pada BAB 4 menganalisa dan mengevaluasi dari hasil pengujian.
5. Pada BAB 5 berupa kesimpulan dan saran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Defenisi Turbin Pelton

Turbin pelton seperti Gambar 2.1, termasuk dalam kelompok mesin-mesin fluida yaitu, mesin-mesin yang berfungsi untuk merubah energi fluida (energi potensial dan energi kinetis air) menjadi energi listrik. Kata "turbine" ditemukan oleh seorang insinyur Perancis yang bernama Claude Bourdin pada awal abad 19, yang diambil dari terjemahan bahasa Latin dari kata "*whirling*" (putaran). Turbin dapat memanfaatkan pusaran air dengan putaran lebih cepat dan dapat memanfaatkan head yang lebih tinggi. (Untuk selanjutnya dikembangkan turbin impuls yang tidak membutuhkan pusaran air). Turbin Pelton sendiri pertama kali ditemukan oleh insinyur Amerika yaitu Lester A. Pelton pada tahun 1880. Turbin pelton dioperasikan pada head sampai 1800 m, turbin jenis ini relatif membutuhkan jumlah air yang lebih sedikit dan biasanya posisi porosnya mendatar horizontal.



Gambar 2.1 Turbin Pelton

Turbin pelton merupakan turbin impuls atau turbin aksi atau disebut juga dengan turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nozzel tekanannya sama dengan tekanan atmosfer disekitarnya. Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nozzle. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk head tinggi.

2.2 Klasifikasi Turbin Air

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

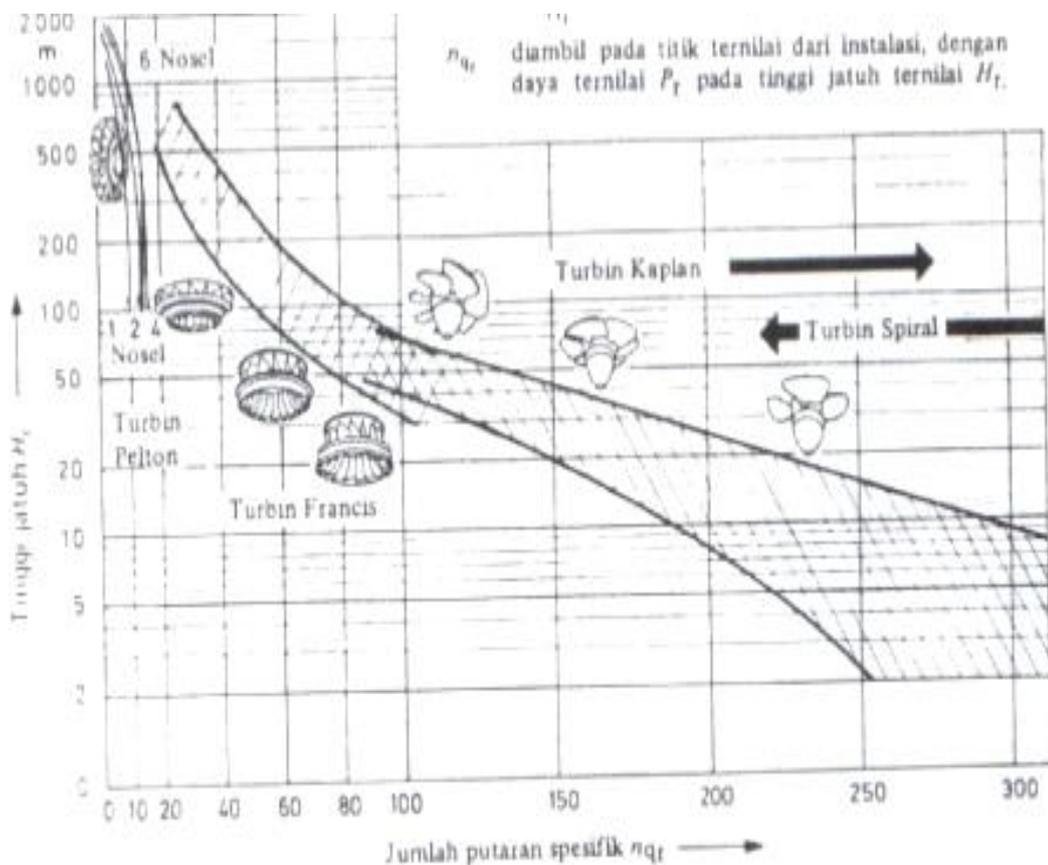
- a. Turbin tekanan sama (aksi) ataupun turbin impuls adalah sebuah turbin dimana tekanan pancaran air melalui nozzle memiliki tekanan yang sama dengan tekanan atmosfer disekitarnya. Sehingga energi potensial dan energi tekanannya ketika masuk ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan. Contohnya 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 ke saluran pembuangan. Jenis turbin reaksi yang sering digunakan antara lain, turbin francis, turbin propeler atau kaplan.

2.3 Pemilihan Jenis Turbin

Untuk memilih jenis Turbin yang tepat sesuai tinggi jatuh air yang dirancang maka pemilihan jenis Turbin umumnya didasarkan pada besarnya kecepatan spesifik dari kondisi kerjanya. Dari Gambar 2.2 Kecepatan spesifik adalah kecepatan turbin model (turbin dengan bentuk sama tetapi skalanya berlainan). Kecepatan spesifik dipakai sebagai tanda batasan untuk membedakan tipe roda turbin dan dipakai sebagai suatu besaran yang penting dalam merencanakan turbin air.

Persamaan kecepatan spesifik dinyatakan sebagai :

$$N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{\sqrt[3]{H^4}} \quad (2.1)$$



Gambar 2.2 Diagram Pemilihan Turbin Berdasarkan Putaran Spesifik

2.4 Komponen Utama Turbin Pelton

Sebuah Turbin Pelton lengkap yang digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga air memiliki komponen utama dan komponen tambahan yang mendukung fungsi kerja turbin pelton. Pada dasarnya turbin pelton terdiri atas runner, nozzle dan rumah turbin.

a. Runner

Runner turbin Pelton seperti Gambar 2.3 terdiri atas cakra dan beberapa sudu yang terpasang disekelilingnya. Sudu dipasang dengan pengunci baut ataupun dapat di las senyawa dengan cakra. Cakra dipasang ke poros dengan sambungan pasak atau dengan pengunci baut. Besarnya head jatuh air yang dirancang menentukan ukuran besarnya diameter runner yang digunakan , semakin tinggi ataupun besar head jatuh air maka ukuran runner akan lebih baik jika semakin besar. Pemilihan diameter runner tergantung kepada kecepatan spesifik yang telah dirancang untuk turbin. Untuk turbin dengan pemilihan kecepatan putar yang tinggi maka akan di dapat ukuran roda turbin yang kecil, momen yang kecil, dan poros yang kecil. (Fritz Dietzel, 1988 : 30)



Gambar 2.3 Runner Turbin Pelton

Kecepatan keliling runner suatu turbin dapat di hitung menggunakan rumus :

$$v = 0,44(\sqrt{2.g.H}) \quad (2.2)$$

Diameter lingkaran tusuk dapat di hitung dengan persamaan :

$$D_t = \frac{60.v}{\pi.n} \quad (2.3)$$

Untuk mencari diameter luar runner digunakan persamaan :

$$D_0 = D_t + 1,2.L_s \quad (2.4)$$

b. Sudu (Bucket)

Sudu turbin pelton Seperti Gambar 2.4 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. Sudu bisa dibuat dari beragam bahan.



Gambar 2.4 Sudu (Bucket)

Untuk menentukan jumlah bucket optimal digunakan persamaan berikut :

$$Z = 5,4 \sqrt{\frac{D_t}{d_n}} \quad (2.5)$$

Dimensi-dimensi bucket dapat dihitung dengan rumus berikut :

Lebar mangkuk	$B_s = (4 - 5) \times d_n$	
Tinggi mangkuk	$L_s = (2,4 - 3,2) \times d_n$	
Lebar bukaan mangkuk	$M = (1,1 - 1,25) \times d_n$	
Kedalaman mangkuk	$C_s = (0,81 - 1,05) \times d_n$	(2.6)

c. Nozzle

Nozzle seperti Gambar 2.5 merupakan bagian dari turbin, didalam nozzle tekanan air dirubah menjadi kecepatan. Nozzle terdiri atas bagian selubung serupa hidung yang dipasang pada belokan pipa, dan jarum nozzle yang bisa digerakkan didalam belokan pipa. Kerucut jarum dan selubung, yang cepat aus, dibuat dari bahan bermutu tinggi serta mudah untuk diganti. Diameter nozzle suatu turbin juga disesuaikan dengan tinggi jatuh air (head) dan kapasitas air yang masuk, untuk turbin dengan tinggi jatuh yang besar dan daya yang besar sistem penyemprotan airnya dibagi lewat beberapa nozzle. (Fritz Dietzel, 1988 : 28)



Gambar 2.5 Nozzle

Untuk menentukan diameter pancaran air atau nozzle maksimum digunakan persamaan :

$$d_n = 0,52 \sqrt{\frac{Q}{H}} \quad (2.7)$$

Jarak pusat pancaran jet ke ujung sudu :

$$l = (1,2 - 1,9) \times d_n \quad (2.8)$$

sedangkan untuk menghitung kecepatan Pancaran Jet menggunakan persamaan :

$$V_n = \frac{Q}{A_n}$$
$$V_n = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} d_n^2} \quad (2.9)$$

d. Rumah Turbin

Rumah turbin pelton seperti Gambar 2.6 berfungsi sebagai tempat pemasangan nozzle dan sekaligus sebagai pelindung turbin terhadap aktivitas kimia dan fisik di sekitarnya, suatu sistem turbin yang dibangun di daerah pegunungan dengan tanpa menggunakan rumah turbin cenderung lebih mudah mengalami korosi pada bagian poros dan bearing suatu turbin, intensitas cahaya matahari mempercepat laju reaksi oksidasi pada bagian-bagian turbin yang berbahan besi ataupun baja. Hal ini akan memperpendek usia pemasua suatu turbin.



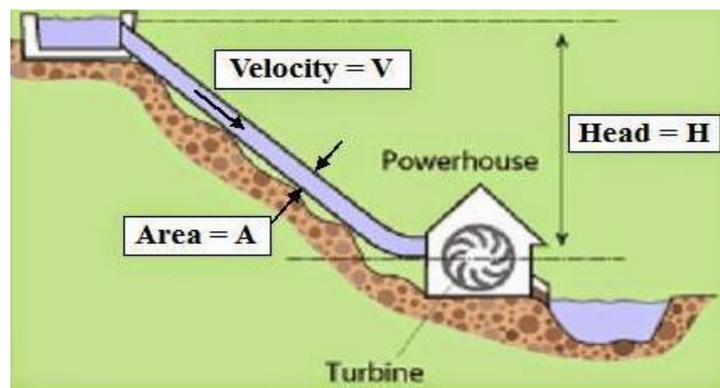
Gambar 2.6 Rumah Turbin

2.5 Prinsip Kerja Turbin Pelton

Sebuah turbin pelton memenuhi prinsip dasar kaidah energi yang menyatakan bahwa suatu bentuk energi dapat diubah menjadi bentuk energi yang lain. Arus air yang mengalir mengandung energi dan energi tersebut dapat diubah bentuknya misalnya perubahan dari energi potensial (tekanan) kedalam energi kinetis (kecepatan), atau sebaliknya. Apabila arus air dalam alirannya dilewatkan melalui turbin air, maka energi yang ada dalam air akan diubah menjadi bentuk energi yang lain.

2.6 Teori Dasar Aliran (Hidrodinamik)

Air yang mengalir seperti Gambar 2.7 mempunyai energi yang dapat digunakan untuk memutar roda turbin, karena itu pusat – pusat tenaga air dibangun di sungai-sungai dan di pegunungan-pegunungan. Pusat tenaga air tersebut dapat dibedakan 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, luas penampang lintang saluran dan dimensi bagian – bagian turbin lainnya serta bentuk energi dari aliran air dapat ditentukan.



Gambar 2.7 Pusat Tenaga Air Tekanan Tinggi

Dari kapasitas air V dan tinggi air jatuh H dapat diperoleh daya yang dihasilkan turbin Rumus :

$$\text{Daya turbin } P_t = T \cdot \omega$$

$$\text{Atau } P_t = \frac{(T/1000) \cdot (2\pi n / 60)}{102} \quad (2.15)$$

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

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (2.16)$$

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

$$T = 9,74 \times 10,5 \times \frac{P_t}{n} \quad (2.17)$$

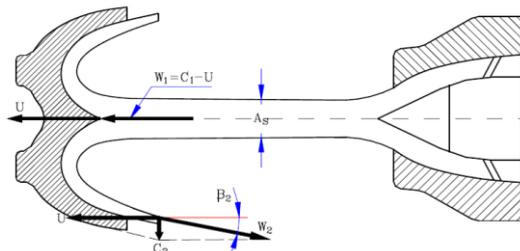
$$\text{Atau } T = F \cdot r$$

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

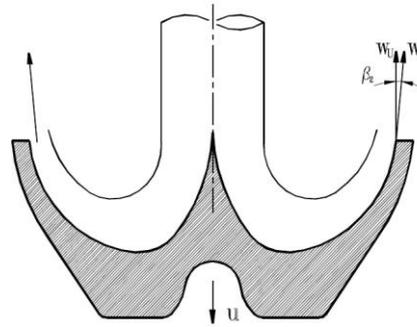
$$\text{Kapasitas daya air } P_a = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (2.19)$$

2.7 Segitiga Kecepatan

Bentuk konstruksi nozzle dan bucket pada umumnya adalah seperti Gambar 2.8 dan 2.9.



Gambar 2.8 Penampang Nozzle Dan Bucket



Gambar 2.9 Bagan Kecepatan Turbin Pelton

Air yang keluar dari Nozzle dengan kecepatan V_n membentur tepat ditengah sudu memisahkan aliran dan membelokkan kecepatan relatifnya (V_r) melalui sudut $\beta_1 = (4^\circ - 8^\circ)$, sehingga menimbulkan suatu gaya pada permukaan sudu. Oleh karena itu, menghasilkan momen gaya untuk memutar turbin.

$$V_r = V_n - v \quad (2.21)$$

Gaya yang diberikan pada sudu adalah :

$$F = \rho \cdot Q(V_n - v)(1 - \cos \beta_2) \quad (2.22)$$

$$\beta_2 = (160^\circ - 180^\circ)$$

3.3 Peralatan Pengujian

A. Runner Turbin Pelton

Runner turbin pelton berperan sebagai tempat duduknya Bucket untuk mengubah energi fluida yang terkandung pada air menjadi energi listrik, adapun spesifikasi runner yang digunakan adalah :

Jumlah Sudu/Bucket	: 12 buah
Diameter runner	: 23 cm
Diameter poros	: 15 mm
Tipe pasak	: pasak baut



Gambar 3.1 Runner Turbin

B. Bucket Turbin Pelton.

Bucket (Sudu) adalah salah satu alat utama yang akan di uji. Bucket berperan untuk penghantar energy fluida air pada runner dengan susunan jumlah Bucket yang telah ditentukan menjadi suatu putaran. Adapun spesifikasi bucket yang digunakan adalah :

Panjang : 8 cm
Lebar : 5 cm
Kedalaman : 1,5 cm
Tebal bucket : 5 cm



Gambar 3.2 Bucket Turbin Pelton

C. Nozzle

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

Jumlah nozzle : 2 buah
Diameter dalam nozzle : 0.5 inch



Gambar 3.3 Nozzle

D. Mikrokontrol Arduino

Mikrokontrol arduino uno digunakan untuk mengontrol dan menerjemahkan data ataupun input sinyal yang ditangkap oleh sensor pembaca seperti sensor putar dan load cell dan menerjemahkannya dalam bentuk data yang dapat dibaca secara visual. Spesifikasi arduino yang digunakan :

Tipe arduino : Arduino Uno

Jumlah Pin : 13 Pin

Analog pin : 5 Pin

Digital pin : 13 pin



Gambar 3.4 Arduino Uno

E. Photo Sensor Interruptor

Sensor ini berfungsi sebagai pembaca jumlah putaran poros turbin dengan sinar infra merah, data hasil pembacaan putaran akan di terjemahkan dalam bentuk data visual oleh arduino menggunakan serangkaian program.



Gambar 3.5 Photo Sensor Interruptor

F. Load cell

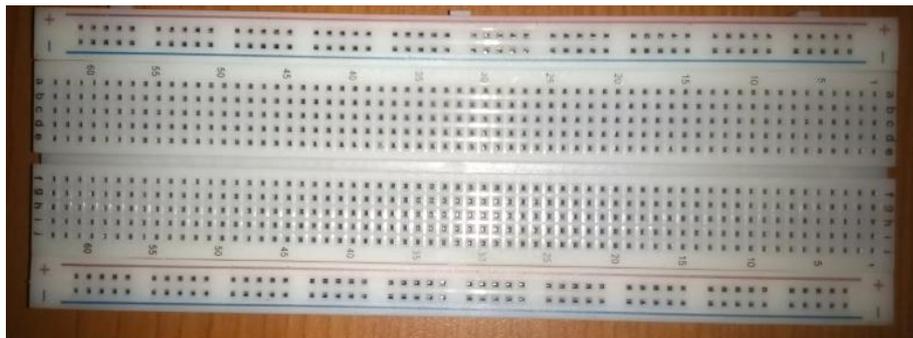
Load cell berfungsi sebagai pembaca berat beban yang diletakkan diatas poros turbin sebagai pengujian untuk mengetahui torsi yang terjadi pada poros. Load cell yang digunakan adalah load cell 3 Kg.



Gambar 3.6 Load Cell

G. Bread Board

Bread board berfungsi sebagai papan penghubung rangkaian listrik yaitu sebuah alat dimana jumper atau kabel sensor di rangaikan.



Gambar 3.7 Bread Board

H. Pulley

Pulley berfungsi sebagai tempat sabuk penggantung beban, beban yang di ikat menggunakan tali yang digantun di pulley, jumlah pulley yang dipakai tiga buah, satu buah dipasang di poros dan dua buah lagi di sebelah kiri dan kanan dudukan bearing poros.



Gambar 3.8 Pulley

I. Roda Pencacah

Roda pencacah diletakkan dicelah-celah antara sensor putaran, roda ini berfungsi untuk mempengaruhi intensitas cahaya yang diberikan oleh sinar LED pada optocouler ke photo transistor yang akan memberikan perubahan level logika sesuai dengan putaran roda cacah.



Gambar 3.9 Roda Pencacah

J. Pompa Air

Pompa air berfungsi untuk memompa air dari bak hingga keluar dari nozzle sehingga dapat dipancarkan oleh nozzle. Adapun pompa air yang digunakan mempunyai spesifikasi dengan $Q = 200$ Liter/menit dan H maks = 12 meter.



Gambar 3.10 Pompa Air

K. Flow Meter

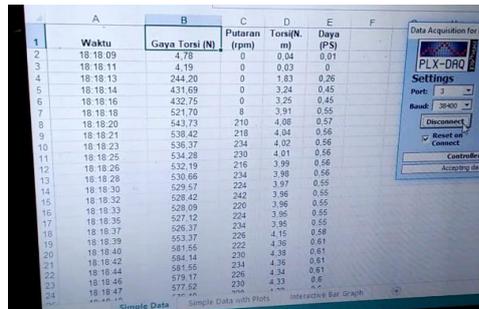
Flow meter adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur debit suatu aliran air dengan ukuran satuan Liter/menit.



Gambar 3.11 Flow Meter

L. PLX-DAQ

PLX-DAQ adalah free software yang digunakan untuk mencatat data serial di Microsoft excel yang dikirim oleh arduino uno kekomputer.



Gambar 3.12 Software PLX-DAQ

M. Laptop

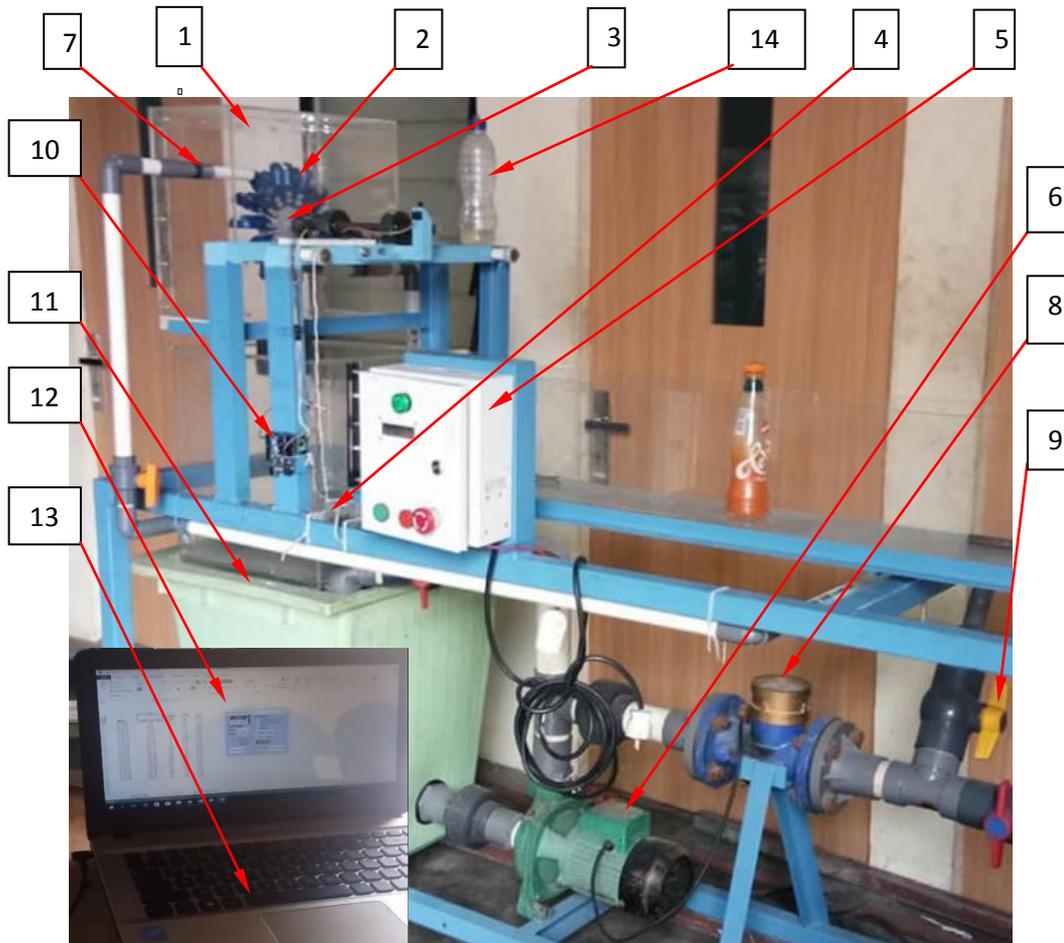
Laptop digunakan untuk pemasangan Software PLX-DAQ agar Dapat menghitung data hasil pengujian Prototype Turbin Pelton.



Gambar 3.13 Laptop

3.4 Skema Pengujian Jumlah Bucket

Berikut ini adalah skema pengujian jumlah bucket :

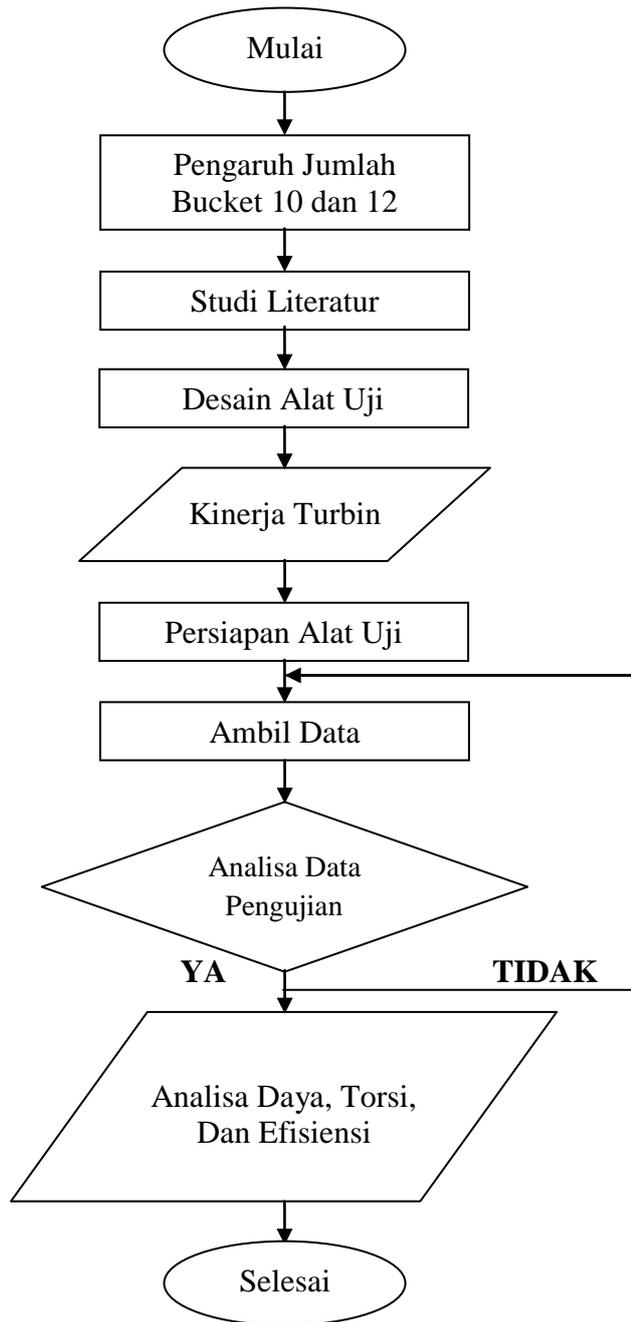


Gambar 3.14 Skema Pengujian Jumlah Bucket

Keterangan :

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1. Rumah Turbin | 8. Flow Meter |
| 2. Bucket | 9. Katub Globe |
| 3. Runner | 10. Arduino Uno |
| 4. Load Cell | 11. Bak Air |
| 5. Kotak Panel On/Off | 12. Software PLX-DAQ |
| 6. Pompa | 13. Laptop |
| 7. Nozzle | 14. Beban Torsi |

3.5 Diagram Alir Pengujian Jumlah Bucket



Gambar 3.15 Diagram Alir Pengujian Jumlah Bucket



Gambar 3.18 Desain Runner Realistic Autocad 2018

3.7 Prosedur Pengujian

Langkah–langkah yang dilakukan dalam melakukan prosedur analisa prototype turbin pelton ini adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan bahan dan alat untuk proses pengujian.
2. Mengisi bak air pada bak penampungan.
3. Merangkai dan menghubungkan sensor putar serta load cell pada arduino.
4. Memasang roda pencacah tepat diantara celah sensor putar.
5. Memberikan daya ke arduino dengan cara menghubungkan arduino ke laptop atau komputer.
6. Memasang beban pemberat disertai load cell sebagai pembaca berat ke pulley.
7. Menghidukan pompa air dan melakukun pengamatan data yang ditampilkan di komputer.
8. Pengujian diamati setiap satu menit dan lakukan kembali dengan beban yang berbeda pada load cell.

3.8 Metode Pengukuran

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

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian

Daya sangat tergantung pada besarnya torsi dan putaran. Besaran torsi Berbanding terbalik dengan putaran turbin. Debit air juga sangat berpengaruh terhadap torsi dan putaran, semakin besar debit yang diberikan akan menaikkan daya suatu turbin. Dari hasil penelitian dan pengolahan data, maka didapat suatu perhitungan nilai torsi, dengan persamaan didapatkan nilai torsi pada bukaan Katub 100% pengujian 1 sebagai sampel perhitungan yaitu :

$$T = F.r$$

Nilai r diambil dari jarak gaya yang bekerja pada pulley poros ke titik pusat poros

$$r = 15 \text{ mm}$$

$$Q = 0,12 \text{ m}^3/\text{mnt}$$

$$T = 125,22 \text{ gram} \times 0,015 \text{ m}$$

$$T = \frac{125,22}{1000} \text{ Kg} \times 0,015 \times 1000 \text{ mm}$$

$$T = 1,878304 \text{ kg.mm}$$

Perhitungan Daya pada beban yg diberikan pada turbin yang digunakan apabila T dalam satuan Kg.mm maka :

$$P_t = \frac{(T/1000).(2\pi n/60)}{102}$$

$$P_t = \frac{(1,878304 \text{ kg.mm}/1000).(2 \times 3,14 \times 265/60)}{102}$$

$$P_t = 0,034037258 \text{ Kw}$$

$$P_t = 340,37258 \text{ Watt}$$

Nilai r Runner diambil dari diameter luar Runner titik pusat poros, maka :

$$r = 200 \text{ mm}$$

$$F_{\text{runner}} = 1,5 \text{ kg}$$

$$T = F \cdot r$$

$$T = 1,5 \text{ Kg} \times 200 \text{ mm}$$

$$T = 300 \text{ Kg} \cdot \text{mm}$$

Untuk menghitung daya yang berasal dari runner digunakan persamaan sehingga diperoleh :

$$P_t = \frac{(T/1000) \cdot (2\pi n / 60)}{102}$$

$$P_t = \frac{(300 \text{ Kg} \cdot \text{mm} / 1000) \cdot (2 \times 3,14 \times 265 / 60)}{102}$$

$$P_t = 0,081578431 \text{ Kw}$$

$$P_t = 81,578431 \text{ Watt}$$

Daya total yang dihasilkan turbin adalah :

$$P_t = 340,37258 \text{ Watt} + 81,578431 \text{ Watt}$$

$$P_t = 421,951011 \text{ Watt}$$

Menghitung daya air diketahui debit air = $0,12 \text{ m}^3/\text{mnt} = 0,002 \text{ m}^3/\text{detik}$

$$P_a = \rho \cdot \gamma \cdot H$$

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

Dari hasil perhitungan yang diambil dari perhitungan Tugas Akhir **Kiki Ananda**

Siahaan head yang digunakan adalah 36 m, maka :

$$P_a = 0,002 \text{ m}^3 / \text{s} \times 9,81 \text{ m} / \text{s}^2 \times 1000 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 36 \text{ m}$$

$$P_a = 706,32 \text{ Watt}$$

Maka efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

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

Maka nilai efisiensi untuk pengujian 1 pada data percobaan diperoleh dengan rumus efisiensi :

$$\eta_t = \frac{115,6156894 \text{ Watt}}{706,32 \text{ Watt}} \times 100 \%$$

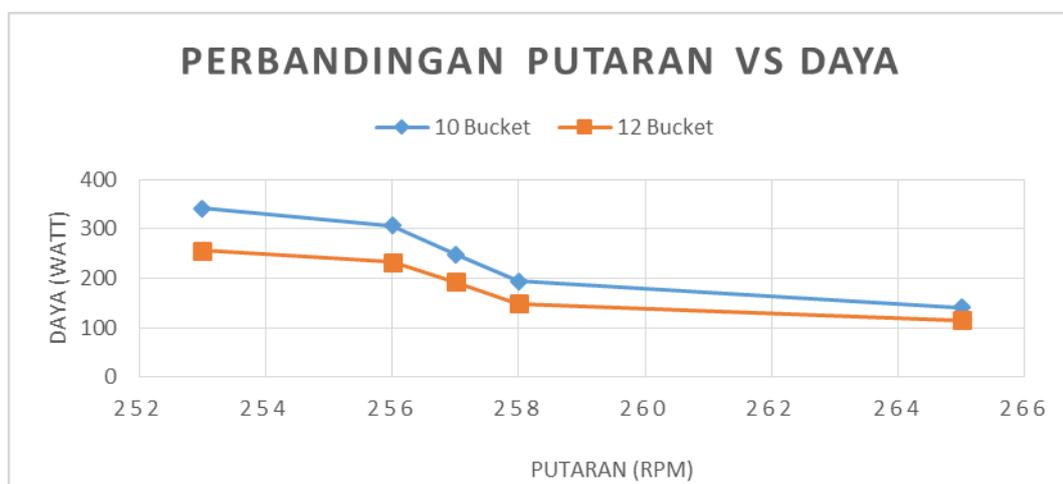
$$\eta_t = 0,163687 \times 100$$

$$\eta_t = 16,4\%$$

Untuk data pada pengujian selanjutnya digunakan metode perhitungan yang sama sehingga dihasilkan hasil perhitungan seperti yang terdapat pada tabel 4.1 dan tabel 4,2 pada lampiran. Dari hasil Pengujian maka dilakukan perbandingan antara jumlah Bucket 12 dan jumlah Bucket 10.

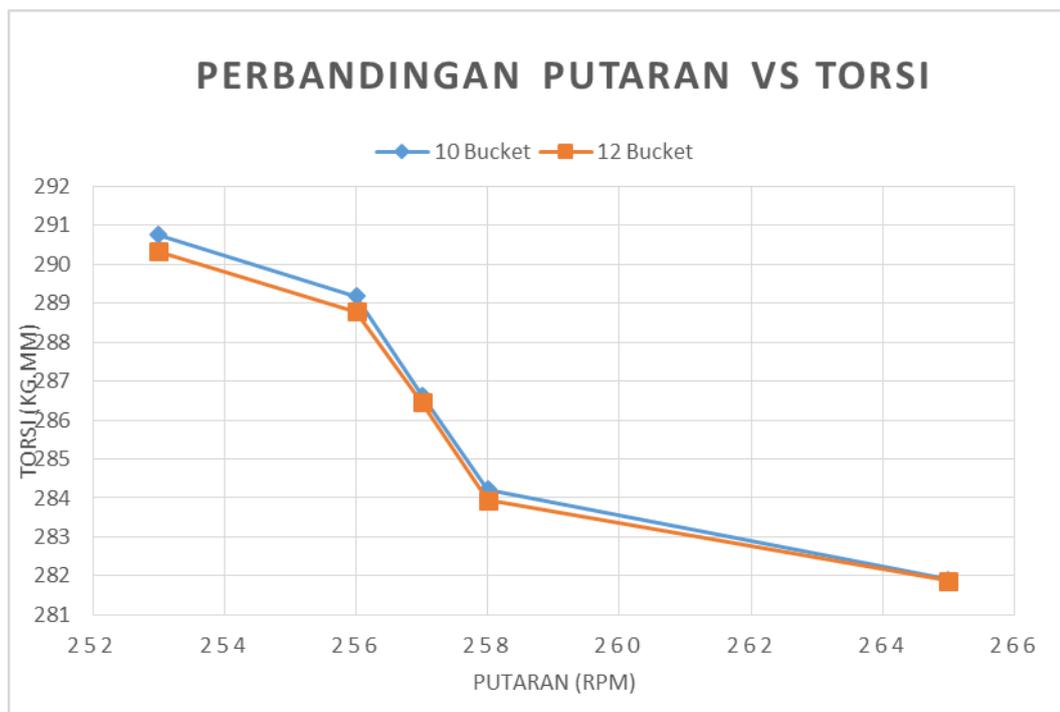
4.2. Perbandingan Jumlah Bucket 12 dan Jumlah Bucket 10

Pada katub bukaan 100% dengan kapasitas $Q = 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$ maka dilakukan perbandingan antara Putaran VS Daya pada Gambar 4.1, Putaran VS Torsi pada Gambar 4.2 dan perbandingan Putaran VS Efisiensi pada Gambar 4.3.



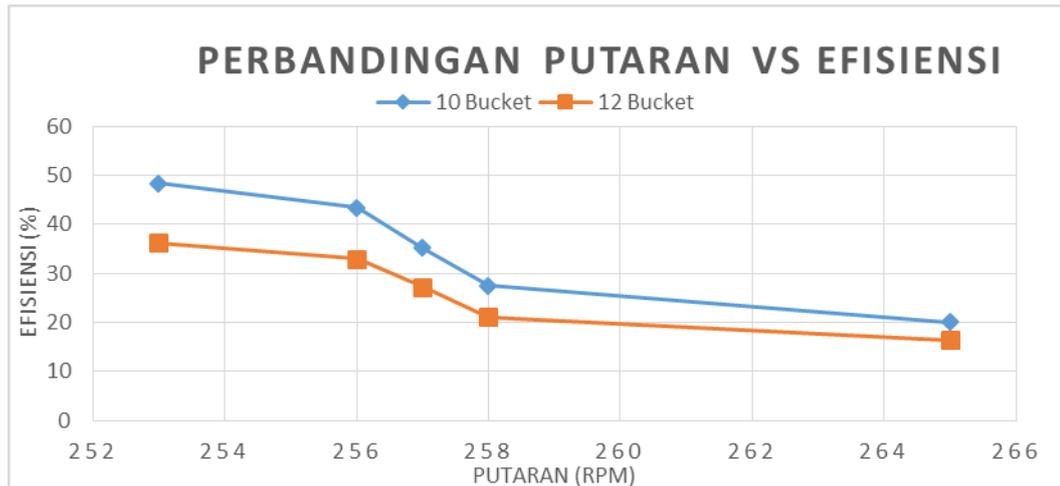
Gambar 4.1 Perbandingan Putaran Vs Daya

Dari Gambar 4.1 di dapat data dari pembacaan sensor bahwa daya total turbin minimum pada jumlah Bucket 10 di dapat daya = 141,6576 Watt pada Putaran = 339 Rpm dan pada daya total turbin minimum Bucket 12 di dapat daya = 115,6157 Watt pada Putaran = 265 Rpm. Pada data bahwa daya total maksimum turbin pada jumlah Bucket 10 di dapat daya = 341,5223 Watt pada Putaran = 335 Rpm dan pada daya total turbin maksimum Bucket 12 di dapat daya = 256,3234 Watt pada Putaran = 253 Rpm.



Gambar 4.2 Perbandingan Putaran VS Torsi

Dari Gambar 4.2 di dapat data dari pembacaan sensor bahwa Torsi paling kecil pada jumlah Bucket 10 di dapat Torsi = 281,91 Kg.mm pada putaran = 339 Rpm, dan pada Torsi paling kecil Bucket 12 di dapat Torsi = 281,88 kg.mm pada Putaran = 265 Rpm. Pada data bahwa Torsi paling besar pada jumlah Bucket 10 di dapat Torsi = 290,76 Kg.mm pada Putaran = 335, dan Torsi paling besar pada Bucket 12 di dapat Torsi = 290,33 Kg.mm pada Putaran = 253 Rpm.



Gambar 4.3 Perbandingan Putaran VS Efisiensi

Dari Gambar 4.3 di dapat data dari pembacaan sensor bahwa Efisiensi paling kecil pada jumlah Bucket 10 di dapat Efisiensi = 20,1 % pada putaran = 339 *Rpm*, dan pada Efisiensi paling kecil Bucket 12 di dapat Efisiensi = 16,4 % pada Putaran = 265 *Rpm*. Pada data bahwa Efisiensi paling besar pada jumlah Bucket 10 di dapat Torsi = 48,4 % pada Putaran = 335 *Rpm*, dan Efisiensi paling besar pada Bucket 12 di dapat Efisiensi = 36,3 % pada Putaran = 253 *Rpm*.

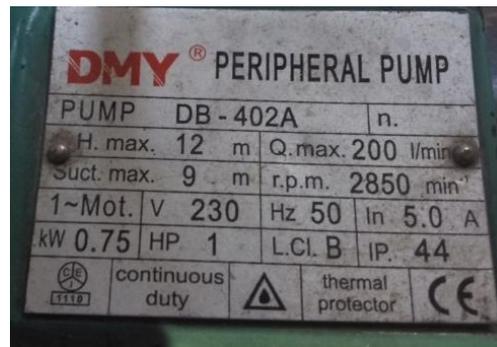
4.3 Perhitungan Perencanaan

Dikarenakan Efisiensi dalam pengujian di dapat terlalu kecil, berarti alat uji yang digunakan kurang optimal untuk diterapkan dalam Industri. Dalam hal ini, maka dilakukan metode perhitungan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal serta didapat Efisiensi yang lebih besar. Hal utama menentukan parameter dan bagian dari suatu turbin haruslah kita mengetahui kecepatan spesifik untuk mengetahui jenis turbin yang akan digunakan. Dikarenakan suatu perencanaan turbin ini berbentuk Prototype, dengan menggunakan 2 perbedaan Head. Head yang pertama digunakan dari spesifikasi Pompa (Gambar 4.1 Spesifikasi Pompa) Sebesar $H_p = 12$ m, dan Head yang kedua digunakan Dari analisa Perhitungan

yang di ambil dari Tugas Akhir “KIKI ANANDA SIAHAAN” sebesar $H_A = 36$ m dengan perencanaan Putaran 339 Rpm dan debit air sebesar $Q = 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$ di masing-masing Head di tunjukkan pada tabel 4.1 Data-Data Perencanaan.

Tabel 4.1 Data-Data Perencanaan

No.	Data	Besaran
1.	Head Pompa	12 meter
2.	Head Analisa	36 meter
3.	Putaran	339 rpm
4.	Debit	$0,002 \text{ m}^3/\text{s}$
5.	β_1	4°
6.	β_2	176°



Gambar 4.4 Spesifikasi Pompa

Maka untuk menghitung kecepatan spesifik turbin dengan $H_p = 12$ m digunakan persamaan :

$$N_s = n \frac{\sqrt{Q}}{H_p^{3/4}}$$

$$N_s = 339 \frac{\sqrt{0,002}}{12^{3/4}} = 2,351412$$

Untuk menghitung kecepatan spesifik turbin dengan $H_A = 36$ m digunakan juga persamaan :

$$N_s = n \frac{\sqrt{Q}}{H_A^{3/4}}$$

$$N_s = 339 \frac{\sqrt{0,002}}{36^{3/4}} = 1,031544$$

Dari rentang nilai kecepatan spesifik untuk turbin pelton, kecepatan spesifik turbin pelton berada pada rentang nilai $N_S = 1 - 15$, dari data perencanaan perhitungan untuk Prototype Turbin kecepatan Spesifik pada $N_S = 2,35$ dengan $H_p = 12$ m dan kecepatan Spesifik pada $N_S = 1,03$ dengan $H_A = 36$ m. Maka pada penentuan Turbin yang cocok pada instalasi adalah Turbin pelton. Saat ingin melakukan pengujian Penulis melakukan perhitungan dari dimensi-dimensi turbin terlebih dahulu hingga secara mekanik dan teoritis dapat mengetahui pengaruh dari suatu pengujian terhadap kinerja turbin. Adapun Prototype Turbin Pelton yang ingin di uji menggunakan Bucket 12 dan bucket 10 dengan menggunakan 2 Head yang telah ditentukan terlebih dahulu.

4.4 Perhitungan Dimensi Turbin Pelton

1. Perhitungan Dimensi Turbin Pelton Dengan Head 12 M

a. Perhitungan Dimensi Turbin Pelton Dengan Jumlah Bucket 12

1. Kecepatan keliling Runner (v)

Kecepatan keliling Runner menggunakan persamaan :

$$v = 0,44(\sqrt{2 \cdot g \cdot H_p})$$

$$v = 0,44(\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 12})$$

$$v = 6,751384 \text{ m/s}$$

2. Diameter lingkaran Tusuk (D_t) menggunakan persamaan :

Diameter lingkaran Tusuk menggunakan persamaan :

$$D_t = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot n}$$

$$D_t = \frac{60 \cdot 6,751384}{3,14 \cdot 339}$$

$$D_t = 0,380553 \text{ m}$$

3. Jumlah Sudu (Z)

Dikarenakan jumlah sudu sudah ditentukan sebanyak 12 Bucket maka akan mempengaruhi diameter jumlah Nozzle, maka digunakan persamaan :

$$Z = 5,4 \sqrt{\frac{D_t}{d_n}}$$

$$12 = 5,4 \sqrt{\frac{D_t}{d_n}}$$

$$d_n = \frac{5,4^2 \cdot 0,380553}{12^2}$$

$$d_n = 0,07706190 \text{ m}$$

4. Lebar Sudu (B_s)

Untuk mencari Lebar sudu digunakan persamaan :

$$B_s = (4 - 5) \times d_n$$

$$B_s = (4) \times d_n$$

$$B_s = (4) \times 0,07706190 \text{ m}$$

$$B_s = 0,308248 \text{ m}$$

5. Kedalaman Sudu (C_s)

Kedalaman mangkuk dapat dihitung dengan persamaan :

$$C_s = (0,81 - 1,05) \times d_n$$

$$C_s = (0,81) \times d_n$$

$$C_s = (0,81) \times 0,07706190 \text{ m}$$

$$C_s = 0,06242 \text{ m}$$

6. Lebar Bukaannya Sudu (M)

Untuk menghitung bukaan sudu digunakan persamaan :

$$M = (1,1 - 1,25) \times d_n$$

$$M = (1,1) \times d_n$$

$$M = (1,1) \times 0,077061904$$

$$M = 0,084768\text{m}$$

7. Panjang Sudu (L_s) :

Untuk mengetahui Panjang Sudu maka dapat diketahui menggunakan persamaan :

$$L_s = (2,4 - 3,2) \times d_n$$

$$L_s = (2,4) \times d_n$$

$$L_s = (2,4) \times 0,077061904$$

$$L_s = 0,184949 \text{ m}$$

8. Jarak Pusat Jet ke Ujung Sudu (l)

Menghitung jarak pusat jet ke ujung sudu menggunakan persamaan :

$$l = (1,2 - 3,20) \times d_n$$

$$l = (1,2) \times d_n$$

$$l = (1,2) \times 0,077061904$$

$$l = 0,092474288\text{m}$$

b. Perhitungan Dimensi Turbin Pelton Dengan Jumlah Bucket 10

1. Mmm Kecepatan keliling Runner (v)

$$v = 0,44(\sqrt{2 \cdot g \cdot H_p})$$

$$v = 0,44(\sqrt{2.9,81.12})$$

$$v = 6,751384\text{m/s}$$

2. Diameter lingkaran Tusuk (D_t) menggunakan persamaan :

$$D_t = \frac{60.v}{\pi.n}$$

$$D_t = \frac{60.6,751384}{3,14.339}$$

$$D_t = 0,380553 \text{ m}$$

3. Jumlah Sudu (Z)

Dikarenakan jumlah sudu sudah ditentukan sebanyak 10 Bucket maka akan mempengaruhi diameter jumlah Nozzle, maka digunakan persamaan :

$$Z = 5,4 \sqrt{\frac{D_t}{d_n}}$$

$$10 = 5,4 \sqrt{\frac{D_t}{d_n}}$$

$$d_n = \frac{5,4^2 \cdot 0,380553}{10^2}$$

$$d_n = 0,110969 \text{ m}$$

4. Lebar Sudu (B_s)

$$B_s = (4 - 5) \times d_n$$

$$B_s = (4) \times d_n$$

$$B_s = (4) \times 0,110969$$

$$B_s = 0,443877 \text{ m}$$

5. Kedalaman Sudu (C_s)

$$C_s = (0,81 - 1,05) \times d_n$$

$$C_s = (0,81) \times d_n$$

$$C_s = (0,81) \times 0,110969$$

$$C_s = 0,089885 \text{ m}$$

6. Lebar Bukaannya Sudu (M)

$$M = (1,1 - 1,25) \times d_n$$

$$M = (1,1) \times d_n$$

$$M = (1,1) \times 0,110969$$

$$M = 0,12206606 \text{ m}$$

7. Panjang Sudu (L_s) :

$$L_s = (2,4 - 3,2) \times d_n$$

$$L_s = (2,4) \times d_n$$

$$L_s = (2,4) \times 0,110969$$

$$L_s = 0,266326 \text{ m}$$

8. Jarak Pusat Jet ke Ujung Sudu (l)

$$l = (1,2 - 3,20) \times d_n$$

$$l = (1,2) \times d_n$$

$$l = (1,2) \times 0,110969$$

$$l = 0,1331628 \text{ m}$$

2. Perhitungan Dimensi Turbin Pelton Dengan Head 36 M

a. Perhitungan Dimensi Turbin Pelton Dengan Jumlah Bucket 12

1. Kecepatan keliling Runner (v)

$$v = 0,44(\sqrt{2 \cdot g \cdot H_p})$$

$$v = 0,44(\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 36})$$

$$v = 11,69374 \text{ m/s}$$

2. Diameter lingkaran Tusuk (D_t) menggunakan persamaan :

$$D_t = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot n}$$

$$D_t = \frac{60 \cdot 11,69374}{3,14 \cdot 339}$$

$$D_t = 0,659136 \text{ m}$$

3. Jumlah Sudu (Z)

Dikarenakan jumlah sudu sudah ditentukan sebanyak 12 Bucket maka akan mempengaruhi diameter jumlah Nozzle, maka digunakan persamaan :

$$Z = 5,4 \sqrt{\frac{D_t}{d_n}}$$

$$12 = 5,4 \sqrt{\frac{D_t}{d_n}}$$

$$d_n = \frac{5,4^2 \cdot 0,659136}{12^2}$$

$$d_n = 0,13347513 \text{ m}$$

4. Lebar Sudu (B_s)

$$B_s = (4 - 5) \times d_n$$

$$B_s = (4) \times d_n$$

$$B_s = (4) \times 0,13347513$$

$$B_s = 0,533901 \text{ m}$$

5. Kedalaman Sudu (C_s)

$$C_s = (0,81 - 1,05) \times d_n$$

$$C_s = (0,81) \times d_n$$

$$C_s = (0,81) \times 0,13347513$$

$$C_s = 0,108115 \text{ m}$$

6. Lebar Bukaannya Sudu (M)

$$M = (1,1 - 1,25) \times d_n$$

$$M = (1,1) \times d_n$$

$$M = (1,1) \times 0,13347513$$

$$M = 0,146823 \text{ m}$$

7. Panjang Sudu (L_s) :

$$L_s = (2,4 - 3,2) \times d_n$$

$$L_s = (2,4) \times d_n$$

$$L_s = (2,4) \times 0,13347513$$

$$L_s = 0,32034 \text{ m}$$

8. Jarak Pusat Jet ke Ujung Sudu (l)

$$l = (1,2 - 3,20) \times d_n$$

$$l = (1,2) \times d_n$$

$$l = (1,2) \times 0,13347513$$

$$l = 0,32034\text{m}$$

b. Perhitungan Dimensi Turbin Pelton Dengan Jumlah Bucket 12

1. Mmm Kecepatan keliling Runner (v)

$$v = 0,44(\sqrt{2 \cdot g \cdot H_p})$$

$$v = 0,44(\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 36})$$

$$v = 11,69374\text{m/s}$$

2. Diameter lingkaran Tusuk (D_t) menggunakan persamaan :

$$D_t = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot n}$$

$$D_t = \frac{60 \cdot 11,69374}{3,14 \cdot 339}$$

$$D_t = 0,659136 \text{ m}$$

3. Jumlah Sudu (Z)

Dikarenakan jumlah sudu sudah ditentukan sebanyak 10 Bucket maka akan mempengaruhi diameter jumlah Nozzle, maka digunakan persamaan :

$$Z = 5,4 \sqrt{\frac{D_t}{d_n}}$$

$$10 = 5,4 \sqrt{\frac{D_t}{d_n}}$$

$$d_n = \frac{5,4^2 \cdot 0,659136}{10^2}$$

$$d_n = 0,192204 \text{ m}$$

4. Lebar Sudu (B_s)

$$B_s = (4 - 5) \times d_n$$

$$B_s = (4) \times d_n$$

$$B_s = (4) \times 0,192204$$

$$B_s = 0,768817 \text{ m}$$

5. Kedalaman Sudu (C_s)

$$C_s = (0,81 - 1,05) \times d_n$$

$$C_s = (0,81) \times d_n$$

$$C_s = (0,81) \times 0,192204$$

$$C_s = 0,155685 \text{ m}$$

6. Lebar Bukaannya Sudu (M)

$$M = (1,1 - 1,25) \times d_n$$

$$M = (1,1) \times d_n$$

$$M = (1,1) \times 0,192204$$

$$M = 0,21142461 \text{ m}$$

7. Panjang Sudu (L_s) :

$$L_s = (2,4 - 3,2) \times d_n$$

$$L_s = (2,4) \times d_n$$

$$L_s = (2,4) \times 0,192204$$

$$L_s = 0,46129 \text{ m}$$

8. Jarak Pusat Jet ke Ujung Sudu (l)

$$l = (1,2 - 3,20) \times d_n$$

$$l = (1,2) \times d_n$$

$$l = (1,2) \times 0,192204$$

$$l = 0,46129\text{m}$$

4.5 Analisa Perhitungan Terhadap Kinerja Turbin

Dalam menghitung pengaruh kinerja terhadap jumlah Bucket dapat dihitung dengan persamaan-persamaan dibawah ini dengan Head yang telah di pariasikan untuk Jumlah Bucket 12 dan Jumlah Bucket 10. Adapun perhitungannya sebagai berikut.

a. Pengaruh 12 Jumlah Bucket Terhadap Efisiensi dengan nilai H_p

Dalam mendapatkan nilai daya dan efisiensi dari turbin dapat dimulai dari menghitung dari Persamaan :

1. Kecepatan pancaran Jet Keluar Nozzle (V_n)

Untuk mencari (V_n) maka dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_n = \frac{Q}{An}$$

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

$$V_n = \frac{0,002}{\left(\frac{3,14}{4} \times 0,077061904\right)}$$

$$V_n = 0,429023 \text{ m/s}$$

2. Gaya Pancaran Sudu (F)

Untuk menghitung Gaya pancaran sudu dengan β_2 yang telah ditentukan sebesar 176° maka dapat dihitung dari persamaan

$$F = \rho \cdot Q \cdot (V_n - v) \cdot (1 - \cos \beta_2)$$

$$F = 1000 \cdot 0,002 \cdot (0,429023 - 6,751384) \cdot (1 - \cos 176^\circ)$$

$$F = 25,2586\text{N}$$

3. Nilai Torsi (T)

Nilai torsi dapat dihitung dengan Persamaan :

$$T = F \cdot r$$

$$T = F \cdot (D_t / 2)$$

$$T = 25,2586 \cdot (0,380553 / 2)$$

$$T = 4,80612 \text{ Nm}$$

4. Kecepatan keliling (ω)

Kecepatan keliling turbin dapat dihitung dengan persamaan :

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

$$\omega = \frac{2 \times 3,14 \times 339}{60}$$

$$\omega = 35,482 \text{ rad/s}$$

5. Daya Turbin (Pt)

Untuk mendapatkan daya dari turbin maka dihitung dengan persamaan :

$$P_t = T \cdot \omega$$

$$P_t = 4,80612 \times 35,482$$

$$P_t = 170,531 \text{ Watt}$$

Maka daya Turbin telah didapat sebesar 170,531 Waat.

6. Daya Air (Pa)

Adapun daya air dapat dihitung dengan persamaan :

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

$$P_a = 1000 \times 9,81 \times 12 \times 0,002$$

$$P_a = 235,44 \text{ Watt}$$

Maka daya air Telah Didapat Sebesar 235,44 Watt.

7. Efisiensi (η_t)

Untuk menghitung efisiensi dapat digunakan dengan persamaan ;

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a}$$

$$\eta_t = \frac{170,531}{235,44} \times 100 \%$$

$$\eta_t = 72,4307\%$$

Efisiensi didapat sebesar 72,43%

b. Pengaruh 10 Jumlah Bucket Terhadap Efisiensi dengan nilai H_p

Dalam mendapatkan nilai daya dan efisiensi dari turbin dapat dimulai dari menghitung dari Persamaan :

1. Kecepatan pancaran Jet Keluar Nozzle (V_n)

Untuk mencari (V_n) maka dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_n = \frac{Q}{An}$$

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

$$V_n = \frac{0,002}{\left(\frac{3,14}{4} \times 0,110969\right)}$$

$$V_n = 0,206898 \text{ m/s}$$

2. Gaya Pancaran Sudu (F)

Untuk menghitung Gaya pancaran sudu dengan β_2 yang telah ditentukan sebesar 176° maka dapat dihitung dari persamaan :

$$F = \rho \cdot Q \cdot (V_n - v) \cdot (1 - \cos \beta_2)$$

$$F = 1000 \cdot 0,002 \cdot (0,110969 - 6,751384) \cdot (1 - \cos 176^\circ)$$

$$F = 26,1461 \text{ N}$$

3. Nilai Torsi (T)

Nilai torsi dapat dihitung dengan Persamaan :

$$T = F \cdot r$$

$$T = F \cdot (D_t / 2)$$

$$T = 26,1461 \cdot (0,380553 / 2)$$

$$T = 4,97498 \text{ Nm}$$

4. Kecepatan keliling (ω)

Kecepatan keliling turbin dapat dihitung dengan persamaan :

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

$$\omega = \frac{2 \times 3,14 \times 339}{60}$$

$$\omega = 35,482 \text{ rad/s}$$

5. Daya Turbin (Pt)

Untuk mendapatkan daya dari turbin maka dihitung dengan persamaan :

$$P_t = T \cdot \omega$$

$$P_t = 4,97498 \times 35,482$$

$$P_t = -176,522 \text{ Watt}$$

Maka daya Turbin telah didapat sebesar 176,522 Waat.

6. Daya Air (Pa)

Adapun daya air dapat dihitung dengan persamaan :

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

$$P_a = 1000 \times 9,81 \times 12 \times 0,002$$

$$P_a = 235,44 \text{ Watt}$$

Maka daya air Telah Didapat Sebesar 235,44 Watt.

7. Efisiensi (η_t)

Untuk menghitung efisiensi dapat digunakan dengan persamaan ;

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a}$$

$$\eta_t = \frac{176,522}{235,44} \times 100 \%$$

$$\eta_t = 74,9754\%$$

Efisiensi didapat sebesar 74,9754 %

c. Pengaruh 12 Jumlah Bucket Terhadap Efisiensi dengan nilai H_A

Dalam mendapatkan nilai daya dan efisiensi dari turbin dapat dimulai dari menghitung dari Persamaan :

1. Kecepatan pancaran Jet Keluar Nozzle (V_n)

Untuk mencari (V_n) maka dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_n = \frac{Q}{A_n}$$

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

$$V_n = \frac{0,002}{\left(\frac{3,14}{4} \times 0,13347513\right)}$$

$$V_n = 0,143008 \text{ m/s}$$

2. Gaya Pancaran Sudu (F)

Untuk menghitung Gaya pancaran sudu dengan β_2 yang telah ditentukan sebesar 176° maka dapat dihitung dari persamaan

$$F = \rho \cdot Q \cdot (V_n - v) \cdot (1 - \cos \beta_2)$$

$$F = 1000 \cdot 0,002 \cdot (0,143008 - 11,69374) \cdot (1 - \cos 176^\circ)$$

$$F = 46,1467 \text{ N}$$

3. Nilai Torsi (T)

Nilai torsi dapat dihitung dengan Persamaan :

$$T = F \cdot r$$

$$T = F \cdot (D_t / 2)$$

$$T = 46,1467 \cdot (0,659136 / 2)$$

$$T = 15,2085 \text{ Nm}$$

4. Kecepatan keliling (ω)

Kecepatan keliling turbin dapat dihitung dengan persamaan :

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

$$\omega = \frac{2 \times 3,14 \times 339}{60}$$

$$\omega = 35,482 \text{ rad/s}$$

5. Daya Turbin (Pt)

Untuk mendapatkan daya dari turbin maka dihitung dengan persamaan :

$$P_t = T \cdot \omega$$

$$P_t = 15,2085 \times 35,482$$

$$P_t = 539,627 \text{ Watt}$$

Maka daya Turbin telah didapat sebesar 170,531 Waat.

6. Daya Air (Pa)

Adapun daya air dapat dihitung dengan persamaan :

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

$$P_a = 1000 \times 9,81 \times 36 \times 0,002$$

$$P_a = 706,32 \text{ Watt}$$

Maka daya air Telah Didapat Sebesar 235,44 Watt.

7. Efisiensi (η_t)

Untuk menghitung efisiensi dapat digunakan dengan persamaan ;

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a}$$

$$\eta_t = \frac{539,627}{706,32} \times 100 \%$$

$$\eta_t = 72,4307\%$$

Efisiensi didapat sebesar 72,43%

d. Pengaruh 10 Jumlah Bucket Terhadap Efisiensi dengan nilai H_A

Dalam mendapatkan nilai daya dan efisiensi dari turbin dapat dimulai dari menghitung dari Persamaan :

1. Kecepatan pancaran Jet Keluar Nozzle (V_n)

Untuk mencari (V_n) maka dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_n = \frac{Q}{An}$$

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

$$V_n = \frac{0,002}{\left(\frac{3,14}{4} \times 0,077061904\right)}$$

$$V_n = 0,429023 \text{ m/s}$$

2. Gaya Pancaran Sudu (F)

Untuk menghitung Gaya pancaran sudu dengan β_2 yang telah ditentukan sebesar 176° maka dapat dihitung dari persamaan

$$F = \rho \cdot Q \cdot (Vn - v) \cdot (1 - \cos \beta_2)$$

$$F = 1000 \cdot 0,002 \cdot (0,143008 - 11,69374) \cdot (1 - \cos 176^\circ)$$

$$F = 46,1467 \text{ N}$$

3. Nilai Torsi (T)

Nilai torsi dapat dihitung dengan Persamaan :

$$T = F \cdot r$$

$$T = F \cdot (D_t / 2)$$

$$T = 46,1467 \cdot (0,659136 / 2)$$

$$T = 15,30596 \text{ Nm}$$

4. Kecepatan keliling (ω)

Kecepatan keliling turbin dapat dihitung dengan persamaan :

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

$$\omega = \frac{2 \times 3,14 \times 339}{60}$$

$$\omega = 35,482 \text{ rad/s}$$

5. Daya Turbin (Pt)

Untuk mendapatkan daya dari turbin maka dihitung dengan persamaan :

$$P_t = T \cdot \omega$$

$$P_t = 15,2085 \times 35,482$$

$$P_t = 539,627 \text{ Watt}$$

Maka daya Turbin telah didapat sebesar 170,531 Waat.

6. Daya Air (Pa)

Adapun daya air dapat dihitung dengan persamaan :

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

$$P_a = 1000 \times 9,81 \times 36 \times 0,002$$

$$P_a = 706,32 \text{ Watt}$$

Maka daya air Telah Didapat Sebesar 235,44 Watt.

7. Efisiensi (η_t)

Untuk menghitung efisiensi dapat digunakan dengan persamaan ;

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a}$$

$$\eta_t = \frac{539,627}{706,32} \times 100 \%$$

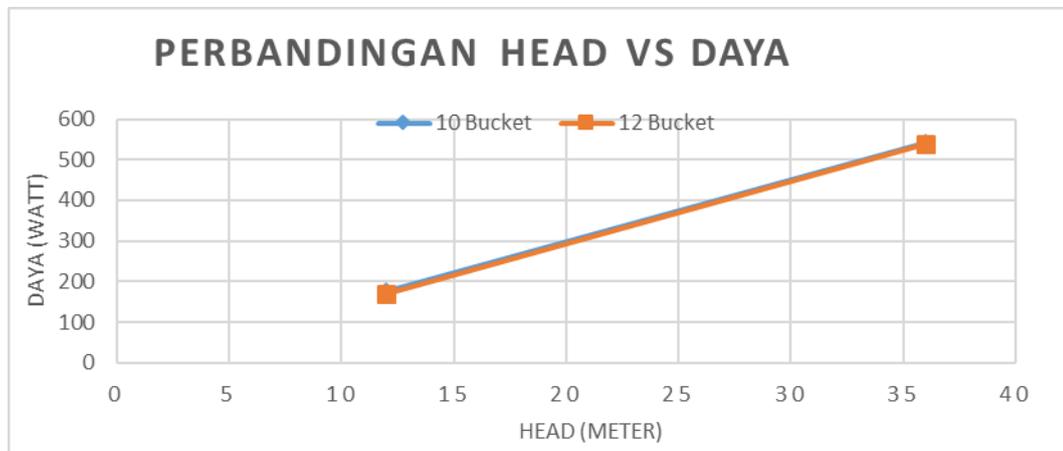
$$\eta_t = 76,3998\%$$

Efisiensi didapat sebesar 76,3998%

Maka dari hasil perhitungan dapat dilakukan perbandingan antara jumlah 10 Bucket dan Jumlah 12 Bucket untuk mengetahui perbedaan peforma antara Jumlah Bucket yang telah ditentukan.

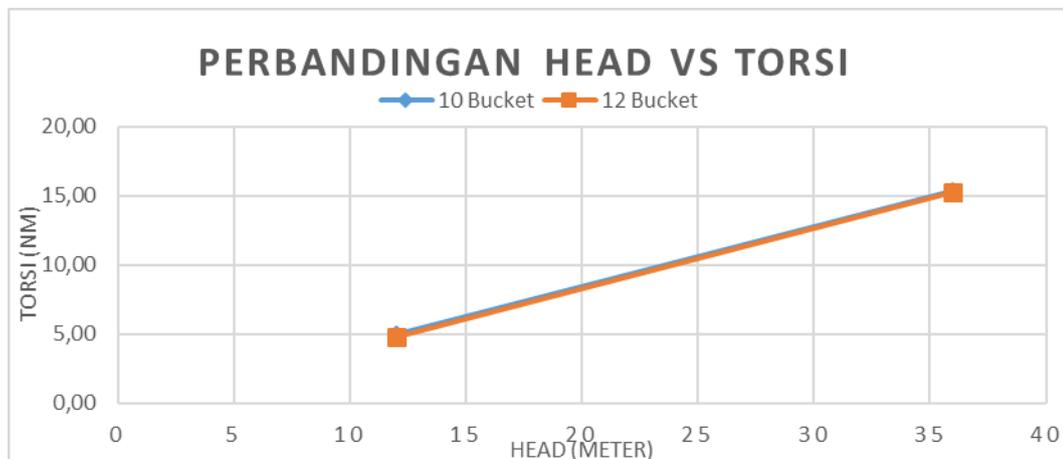
4.6 Perbandingan Hasil Analisa Perhitungan Bucket 10 dan Bucket 12

Hasil perhitungan dengan perencanaan Putaran 339 rpm dilakukan perbandingan antara Head VS Daya pada gambar 4.5, Head VS Torsi pada gambar 4.6, dan perbandingan Head VS Efisiensi pada gambar 4.7.



Gambar 4.5 Perbandingan Head VS Daya

Dari perbandingan antara 10 Bucket dan 12 Bucket dapat diketahui dari grafik bahwa sanya Daya yg paling besar didapat dari jumlah 10 Bucket setiap Head degan Daya = 543,1 Watt pada H = 36 meter dan = 176,5 Watt pada H = 12 meter. Sedangkan Daya terkecil didapat dari jumlah 12 Bucket dengan Daya = 539,6 Watt pada H = 36 meter dan Daya = 170,5 Watt pada H = 12 meter.



Gambar 4.6 Perbandingan Head VS Torsi

Dari perbandingan antara 10 Bucket dan 12 Bucket dapat diketahui dari grafik bahwa sanya Torsi yg paling besar didapat dari jumlah 10 Bucket setiap Head degan Torsi = 15,31 Nm pada H = 36 meter dan Torsi = 4,97 Nm pada H = 12 meter. Sedangkan Torsi terkecil didapat dari jumlah 12 Bucket dengan Torsi = 15,21 Nm pada H = 36 meter dan Torsi = 4,81 Nm pada H = 12 meter.



Gambar 4.6 Perbandingan Head VS Efisiensi

Dari perbandingan antara 10 Bucket dan 12 Bucket dapat diketahui dari grafik bahwa sanya Efisiensi yg paling besar didapat dari jumlah 10 Bucket setiap Head degan $\eta_t = 76,9\%$ pada H = 36 meter dan $\eta_t = 75\%$ pada H = 12 meter. Sedangkan efisiensi terkecil didapat dari jumlah 12 Bucket $\eta_t = 76,4\%$ pada H = 36 meter dan $\eta_t = 72,4\%$ pada H = 12 meter. Besarnya suatu Efisiensi dipengaruhi oleh besarnya suatu Torsi pada Putaran Turbin.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari data perhitungan Jumlah Bucket dan pengujian Jumlah Bucket pada bukaan katup penuh dengan debit air $0,002 \text{ m}^3/\text{s}$ yang tertera dilampiran dapat disimpulkan yaitu :

1. Pada Pengujian Jumlah Bucket 10 dengan Head = 36 meter didapat :
 - a. Daya yang terbesar didapat pada Daya = 341,5 Watt pada putaran 335 Rpm.
 - b. Torsi yang terbesar pada nilai Torsi = 290,76 Kg.mm pada putaran 335 Rpm.
 - c. Pada pengujian prototype turbin pelton dengan variasi jumlah Bucket 10 didapat Efisiensi tertinggi pada Efisiensi 48%.
2. Pada Pengujian Jumlah Bucket 12 dengan Head = 36 meter didapat :
 - a. Daya yang terbesar pada Daya = 256,3 Watt pada putaran 253 Rpm.
 - b. Torsi yang terbesar didapat pada nilai Torsi = 290,3 Kg.mm pada putaran 253 Rpm.
 - c. Pada pengujian prototype turbin pelton dengan variasi jumlah Bucket 12 memiliki Efisiensi tertinggi pada Efisiensi 36,3%.
3. Pada analisa Perhitungan pada Jumlah Bucket 10 didapat :
 - a. Daya yang didapat = 176,5 Watt pada Head = 12 meter dan Daya = 543,1 Watt pada Head = 36 meter.

- b. Torsi yang didapat pada nilai Torsi = 4,97 Nm pada Head = 12 meter dan nilai Torsi = 15,31 Nm pada Head = 36 meter.
 - c. Analisa Pada perhitungan prototype turbin pelton dengan variasi jumlah Bucket 10 didapat Efisiensi 74,9% pada Head = 12 meter dan Efisiensi 76,9% pada Head = 36 meter.
4. Pada analisa Perhitungan pada Jumlah Bucket 12 didapat :
- a. Daya yang didapat = 170,5 Watt pada Head = 12 meter dan Daya = 539,6 Watt pada Head = 36 meter.
 - b. Torsi yang didapat pada nilai Torsi = 4,81 Nm pada Head = 12 meter dan nilai Torsi = 15,21 Nm pada Head = 36 meter.
 - c. Analisa Pada perhitungan prototype turbin pelton dengan variasi jumlah Bucket 10 didapat Efisiensi 72,4% pada Head = 12 meter dan Efisiensi 76,4% pada Head = 36 meter.
5. Pada pengujian pengaruh jumlah bucket terhadap kinerja turbin dengan kapasitas pompa 200 liter/menit instalasi terbaik didapat dengan menggunakan jumlah 10 Bucket.

5.2 Saran

1. Untuk pengujian dapat juga dilakukan dengan banyak Variasi agar performa yang ingin didapatkan lebih optimal, diantaranya :
 - a. Pengujian Pengaruh Berat Turbin Terhadap Performa Turbin Pelton.
 - b. Pengujian Pengaruh Variasi Sudut Geometri Bucket Turbin Terhadap Performa Turbin Pelton.
 - c. Pengujian Pengaruh Diameter Runner Terhadap Performa Turbin Pelton.

DAFTAR PUSTAKA

- Dietzel, Fritz dan Sriyono Dakso, 1981, Turbin Pompa dan Kompresor, Erlangga, Jakarta.*
- Hadimi dkk, 2006, Rancang Bangun Model Turbin Pelton Minisebagai Mediasimulasi/Praktikum Mata Kuliah Konversi Energi, Jurnal Ilmiah Semesta Teknik, Vol 9, No 1, Hal 16-24*
- Hakiki Ananda Siahaan, Pengaruh Jumlah Nozzle Terhadap Kinerja Prototype Turbin Pelton, 2018, Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan*
- Markus Eisenring, 1991, Micro Pelton Turbine, GATE (German Appropriate Technology Exchange), Eschborn, German*
- Mubarok, Ahmad Dk, 2017, Pengaruh Berat Bucket Terhadap Putaran Dan Torsi Turbin Pada Turbin Pelton, Seminar Nasional Teknoka, Vol 2, Jakarta, Indonesia, Hal 2-8*
- M. Supardi, 2015, Kajian Eksperimental Pengaruh Variasi Diameter Nozzle Dan Jumlah Sudu Terhadap Daya Dan Efisiensi Pada Prototype Turbin Pelton Di Lab Fluida, Mekanika Jurnal Teknik Mesin Vol 1, No 1, Hal 63-65*
- Sularso dan Kiyokatsu Suga, 1994, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Pradnya Paramita, Jakarta,*

LAMPIRAN

Perhitungan data Rata-rata Pengujian 12 Bucket tiap 1 menit

No	Bukaan Katub (%)	Massa asli (gram)	Massa rata-rata (gram)	Putaran (Rpm)	Torsi (Kg. mm)	Daya (Kw)	Flow air (m ³ /mnt)
1	100	100	125,22	265	1,88	0,03404	0,12
2	100	200	262,57	258	3,94	0,06976	0,12
3	100	300	430,78	257	6,46	0,11355	0,12
4	100	400	585,27	256	8,78	0,15402	0,12
5	100	500	688,56	253	10,33	0,17844	0,12
6	75	100	129,42	317	1,94	0,04098	0,115
7	75	200	271,13	312	4,06	0,08686	0,115
8	75	300	442,33	309	6,63	0,14004	0,115
9	75	400	607,65	306	9,11	0,19097	0,115
10	75	500	757,49	306	11,36	0,23786	0,115
11	50	100	132,85	297	1,99	0,04044	0,11
12	50	200	274,75	287	4,12	0,08083	0,11
13	50	300	441,51	280	6,62	0,12699	0,11
14	50	400	592,48	276	8,89	0,16759	0,11
15	50	500	732,19	272	11,04	0,2055	0,11

Perhitungan data Rata-rata Pengujian 10 Bucket

No	Bukaan Katub (%)	Massa asli (gram)	Massa rata-rata (gram)	Putaran (Rpm)	Torsi (Kg. mm)	Daya (Kw)	Flow air (m ³ /mnt)
1	100	100	127,11	339	1,91	0,044256	0,12
2	100	200	281,06	338	4,22	0,097514	0,12
3	100	300	442,01	336	6,63	0,152301	0,12
4	100	400	611,93	335	9,18	0,210092	0,12
5	100	500	714,98	335	10,76	0,24527	0,12
6	75	100	135,21	329	2,03	0,045672	0,115
7	75	200	268,02	329	4,02	0,089493	0,115
8	75	300	428,84	327	6,43	0,143808	0,115
9	75	400	588,34	325	8,83	0,198878	0,115
10	75	500	754,35	323	11,32	0,250079	0,115
11	50	100	131,01	300	1,97	0,040333	0,105
12	50	200	269,64	294	4,04	0,080926	0,105
13	50	300	422,2	294	6,33	0,127328	0,105
14	50	400	600,36	292	9,01	0,181195	0,105
15	50	500	719,85	292	10,8	0,215355	0,105

Pengujian Pada Bukaannya Katup 100%

No	Jumlah Buket	Flow Air (m ³ /dtk)	Putaran (Rpm)	Total Torsi (Kg.mm)	Daya (Watt)	Efisiensi
1	12	0,002	265	281,88	115,6156894	16,36874
2	12	0,002	258	283,94	149,1806604	21,12083
3	12	0,002	257	286,46	192,6673083	27,27762
4	12	0,002	256	288,78	232,8325911	32,96418
5	12	0,002	253	290,33	256,3234037	36,28998
6	10	0,002	339	281,91	141,6575686	20,05572
7	10	0,002	338	284,22	194,6282484	27,55525
8	10	0,002	336	286,63	248,8406078	35,23058
9	10	0,002	335	289,18	306,3442876	43,37188
10	10	0,002	335	290,76	341,5222876	48,35235

Pengujian Pada Bukaannya Katup 75%

No	Jumlah Buket	Flow Air (m ³ /dtk)	Putaran (Rpm)	Total Torsi (Kg.mm)	Total Daya (Watt)	Efisiensi (%)
1	12	0,001833	317	281,94	138,5662745	21,40152
2	12	0,001833	312	284,06	182,9070588	28,24994
3	12	0,001833	309	286,63	235,1635294	36,32094
4	12	0,001833	306	289,11	285,17	44,04442
5	12	0,001833	306	291,36	332,06	51,28657
6	10	0,001917	329	282,03	140,200366	20,70883
7	10	0,001917	329	284,02	184,021366	27,18158
8	10	0,001917	327	286,43	237,7617255	35,11195
9	10	0,001917	325	288,83	292,257085	43,16894
10	10	0,001917	323	291,32	342,8834444	50,6469

Pengujian Pada Bukaannya Katup 50%

No	Jumlah Buket	Flow Air (m ³ /dtk)	Putaran (Rpm)	Total Torsi (Kg.mm)	Total Daya (Watt)	Efisiensi (%)
1	12	0,00175	297	281,99	131,8694118	21,33706
2	12	0,00175	287	284,12	169,1809804	27,37423
3	12	0,00175	280	286,62	213,1860784	34,49445
4	12	0,00175	276	288,89	252,5547059	40,86447
5	12	0,00175	272	291,04	289,2333333	46,79924
6	10	0,00175	300	281,97	126,5290784	20,47297
7	10	0,00175	294	284,04	165,3981569	26,76216
8	10	0,00175	294	286,33	211,8001569	34,27021
9	10	0,00175	292	289,01	265,0925163	42,89315
10	10	0,00175	292	290,8	299,2525163	48,42039

Dimensi Turbin Hasil Analisa Perhitungan

No	Jumlah Bucket	H (Meter)	Dn (Meter)	dn (Meter)	Bs (Meter)	Cs (Meter)	Mi (Meter)	Ls (Meter)	L (Meter)
1	10	12	0,380553	0,110969	0,443877	0,089885	0,12206606	0,266326	0,266326
2	10	36	0,659136	0,192204	0,768817	0,155685	0,21142461	0,46129	0,46129
3	12	12	0,380553	0,077061904	0,308248	0,06242	0,084768	0,184949	0,184949
4	12	36	0,659136	0,13347513	0,533901	0,108115	0,146823	0,32034	0,32034

Hasil Analisa Perhitungan Performa Turbin

No	Jumlah Bucket	H (Meter)	v (M/s)	Dt (Meter)	Vn (M/s)	F (N)	T (Nm)	Pa (Watt)	ω (Rad/s)	Pt (Watt)	η_r %
1	10	12	6,751384	0,380553	0,206898	26,14606	4,974976	235,44	35,482	176,5221	74,9754
2	10	36	11,69374	0,659136	0,068966	46,44246	15,30596	706,32	35,482	543,0861	76,88952
3	12	12	6,751384	0,380553	0,429023	25,25864	4,806121	235,44	35,482	170,5308	72,43067
4	12	36	11,69374	0,659136	0,143008	46,14665	15,20847	706,32	35,482	539,627	76,39979