

TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI
PENGARUH JUMLAH NOZZEL 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 :

KIKI ANANDA SIAHAAN

1307230133



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

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

Disusun Oleh :

KIKI ANANDA SIAHAAN
1307230133

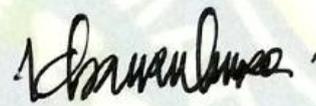
Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I



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

Pembimbing – II



(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 NOZZEL TERHADAP
KINERJA PROTOTYPE TURBIN PELTON**

Disusun Oleh :

KIKI ANANDA SIAHAAN

1307230133

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

(Affandi, S.T.)

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



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>

Memerangi kejahatan agar diwujudkan
keadilan dan kesejahteraan

DAFTAR SPESIFIKASI
TUGAS SARJANA

Nama Mahasiswa : KIKI ANANDA SIAHAAN

NPM : 1307230133

Semester : X (Sepuluh)

SPESIPIKASI : PENGARUH JUMLAH NOZZLE TERHADAP KINERJA
PROTOTYPE TURBIN PELTON.

Diberikan Tanggal : 30 Januari 2018

Selesai Tanggal : 11 maret 2018

Asistensi :

Tempat Asistensi : Kampus UMSU

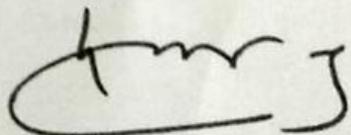
Medan,.....2018

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin


(Affandi, S.T.)

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

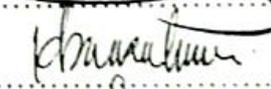
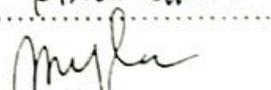
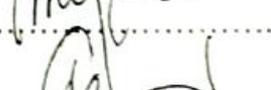
NAMA : Kiki Ananda Siahaan PEMBIMBING I: Munawar A. Siregar S.T.,M.T
NPM : 1307230133 PEMBIMBING II : Khairul Umurani S.T.,M.T

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1.	30/1 - 2018	judul di kinyiri, buat laser belahan, terna dan batasan masalah	<i>[Signature]</i>
2.	1/2 - 2018	Perbaiki laser belahan kawatnya dya judul	<i>[Signature]</i>
3.	8/2 - 2018	sesuaikan terna dya judul dan laser belahan	<i>[Signature]</i>
4.	20/2 - 2018	lanjutan ke pembimbing II	<i>[Signature]</i>
5.	20/2 - 2018	Perbaiki Metode.	<i>[Signature]</i>
6.	1/3 - 2018	Perbaiki Analisis	<i>[Signature]</i>
7.	5/3 - 2018	Perbaiki penyusunan kembali ke pembimbing I	<i>[Signature]</i>
8.	7/3 - 2018		
	11/3 - 2018	ace desimor kan	<i>[Signature]</i>

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

Peserta seminar

Nama : Kiki Ananda Siahaan
 NPM : 1307230133
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Jumlah Nozzie 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.Ti 
Pembanding – I : M.Yani.S.T.M.T 
Pembanding – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230033	MHD. ARDIANTO	
2	1307230169	HIDAYAT ANSHARI SNAGA	
3	1307230297	ABDUR RAHMAN A. LUBIS.	
4	1307230286	DEDI SURYADI	
5	1307230133	KIKI ANANDA SIAHAAN	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 02 Rajab 1439 H
19 Maret 2018 M

Ketua Prodi T. Mesin


Affandi.S.T



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

NAMA : Kiki Ananda Siahaan
NPM : 1307230133
Judul T.Akhir : Pengaruh Jumlah Nozzie 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 Pembanding - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Chandra A Sregar.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 :

Perbaikan : *kesempurnaan gambar dan tujuan penelitian,*
Bab III Hasil pengujian &สรุป alat.
Bab IV Tambahan Flow chart penelitian

- 3 Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :
-
-
-
-

Medan 02 Rajab 1439 H
19 Maret 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi T.Mesin



Dosen Pembanding - I

M.Yani.S.T.M.T

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

NAMA : Kiki Ananda Siahaan
NPM : 1307230133
Judul T.Akhir : Pengaruh Jumlah Nozzie 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 Pemanding - I : M. Yani.S.T.M.T
Dosen Pemanding - II : Chandra A Sregar.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 Pemanding - II


Chandra A Siregar.S.T.M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : KIKI ANANDA SIAHAAN
Tempat / Tanggal Lahir : Rantauprapat / 23 Desember 1995
NPM : 1307230133
Bidang Konsentrasi : Konversi Energi
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

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

“Pengaruh Jumlah Nozzel Terhadap Kinerja Prototype Turbin Pelton”

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

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian 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, 21 Maret 2018
Saya yang menyatakan,

The image shows a yellow revenue stamp (Meterai Tempel) with a value of 6000 Rupiah. The stamp includes the text 'METERAI TEMPEL', the serial number 'B25CEAEF955117256', and '6000 ENAM RIBU RUPIAH'. A handwritten signature is written over the stamp.

KIKI ANANDA SIAHAAN

ABSTRAK

Turbin pelton adalah jenis turbin air yang digunakan pada tinggi air jatuh yang besar. Pada prinsipnya untuk menghasilkan putaran, turbin pelton menggunakan satu atau beberapa buah nozel dengan diameter tertentu yang berfungsi sebagai penggerak runner yang ditembakkan tepat pada sudu-sudu turbin. Dalam hal ini nozzle memiliki pengaruh yang penting terhadap kecepatan putaran turbin. Jumlah dan diameter nozzle pada umumnya disesuaikan dengan tinggi jatuh air. Pemilihan jumlah dan ukuran nozzle yang salah juga dapat menyebabkan rusaknya komponen turbin terlebih lagi jika sudu turbin menerima beban yang terlalu tinggi. Maka tujuan dalam pengujian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah nozzle terhadap kinerja turbin, penulis melakukan pengujian terhadap sebuah prototype turbin pelton dengan variasi jumlah nozzle. Perencanaan nozzle mengacu pada spesifikasi pompa air.

Kata Kunci: Pengaruh Nozzel, Turbin Pelton

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan sebaik-baiknya. 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 dibimbing oleh dosen pembimbing telah merencanakan dan menyelesaikan tugas akhir dengan judul:

“PENGARUH JUMLAH NOZZEL 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 SWT 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 akhir ini sebagai syarat kelulusan di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan rasa syukur terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah swt yang telah memberi nikmat kesehatan dan umur yang panjang sehingga penulis dapat mewujudkan cita-cita dari kecil sebagai seorang Sarjana Teknik di bidang teknik mesin
2. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Ayahanda Jisman Siahaan dan Ibunda Ilyum Zahra Harahap 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. Bapak Munawar Alfansury, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak Dr. Ade Faisal selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak M. Yani S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing I
7. Bapak Chandra A. Siregar, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing II
8. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Affandi, S.T. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Bapak Chandra A Siregar, S.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

11. Keluarga besar Lab Teknik Mesin UMSU yang telah memberikan dukungan, semangat dan do'a yang tulus baik secara moril maupun materil kepada penulis.

12. 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 SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan,Maret 2018

Penulis



KIKI ANANDA SIAHAAN
1307230133

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	vii
DAFTAR NOTASI	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.4.1 Tujuan Umum	2
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 Komponen Utama Turbin Pelton	7
2.4 Prinsip kerja turbin pelton	10
2.5 Teori Dasar aliran	13
2.6 Segitiga Kecepatan	15
BAB 3. METODE PERANCANGAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	17
3.2 Tempat Dan Waktu	18
3.3 Peralatan Pengujian	19
3.4 skema alat pengujian	25
3.5 Konsep desain yang direncanakan	26
3.6. Prosedur Pengujian Alat	28
3.7 Metode Pengukuran	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Desain protoypte turbin pelton	29
4.2 Data hasil pengujian	35
4.3 Data perbandingan Jumlah nozzle Terhadap berat beban dan Daya katup penuh	39
4.4 Data perbandingan Jumlah nozzle Terhadap berat beban dan Torsi katup penuh	40
4.5 Data perbandingan Jumlah nozzle Terhadap Putaran dan Daya katup penuh	41
4.6 Data perbandingan Jumlah nozzle Terhadap berat beban dan Daya katup 3/4	42
4.7 Data perbandingan Jumlah nozzle Terhadap berat beban dan Torsi katup 3/4	44

4.7 Data perbandingan Jumlah nozzle Terhadap putaran dan daya katup 3/4	42
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

No.	Nama Gambar	Halaman
2.1	Turbin Pelton	5
2.2	runner turbin	7
2.3	sudu (bucket)	8
2.4	Nozzle	9
2.5	rumah turbin	10
2.6	bentuk energi pada aliran	11
2.7	Rumah pusat tenaga air	14
2.8	segitiga kecepatan	15
2.9	bagan kecepatan turbin pelton	16
3.1	runner turbin	19
3.2	nozzle	20
3.3	arduino uno	21
3.4	photo sensor interuptor	21
3.5	Load cell	22
3.6	bread board	22
3.7	pulley	22
3.8	roda pencacah	23
3.9	pompa	23
3.10	Flow meter	24
3.11	Softwre Plx-DAQ	24
3.12	Laptop	24
3.13	Skema pengujian Jumlah Nozzel	25
3.14	desain runner	26
3.15	Desain runner realistic	26
3.16	design nozzel	25
3.17	design nozzel realistic	
4.1	spesifikasi pompa	29
4.2	instalasi turbin	30
4.3	diagram moody	32
4.4	Perbandingan Berat Beban Dengan Daya Katup Penuh	39
4.5	Perbandingan Berat Beban Dengan torsi Katup Penuh	40
4.6	Perbandingan Putaran Dengan Daya Katup Penuh	41
4.7	Perbandingan Berat Beban Dengan Daya Katup 3/4	43
4.8	Perbandingan Berat Beban Dengan Torsi Katup 3/4	45
4.9	Perbandingan putaran Dengan Daya Katup 3/4	46

DAFTAR TABEL

No.	NamaTabel	Halaman
4.1	Data Perencanaan	29
4.2	Pengujian Pada Katup Bukaan Penuh	36
4.3	Data Pengujian Katup $\frac{3}{4}$	43

DAFTAR NOTASI

No.	Simbol	Besaran	Satuan
1.	V_n	kecepatan pancaran	m/s
2.	P_d	daya	watt
3.	Q	Debit aliran air	m^3/s
4.	t	waktu	second
5.	U	kecepatan keliling	m/s
6.	H	tinggi jatuh	m
7.	n	putaran	rpm
8.	g	percepatan gravitasi	m/s^2
9.	T	Momen Torsi	Nm
10.	ρ	kerapatan air	kg/m^3
11.	η_t	efisiensi turbin	%
12.	d_n	diameter nozzle	m
13.	P	tekanan	N/m^2
14.	\dot{m}	laju alir massa	kg/s

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. LatarBelakang

Energi listrik adalah energi yang paling dibutuhkan pada saat sekarang ini, tahun demi tahun kebutuhan akan energi listrik untuk rumah tangga terus meningkat namun keberadaan energi listrik masih tidak dapat dirasakan oleh sebagian masyarakat khususnya yang berlokasi didaerah terpencil yaitu masyarakat yang tinggal di dataran tinggi seperti bukit dan pegunungan. Namun daerah ini memiliki sumber air melimpah dimana banyak terdapat aliran sungai dan sumber air terjun. Sumber air terjun yang memiliki ketinggian air jatuh yang besar dapat dimanfaatkan sebagai penggerak mula untuk pembangkit listrik tenaga air yaitu turbin air. Dalam hal ini perencanaan pembuatan turbin air merupakan solusi yang tepat bagi masyarakat yang tinggal di daerah tersebut. Turbin air sendiri memiliki banyak tipe namun yang paling cocok untuk tinggi air jatuh yang besar adalah jenis turbin pelton.

Turbin pelton adalah jenis turbin air yang digunakan pada tinggi air jatuh yang besar sehingga dapat dilakukan perancangan untuk menghasilkan kapasitas listrik yang besar pula. Pada prinsipnya untuk menghasilkan putaran, turbin pelton menggunakan satu atau beberapa buah nozel dengan diameter tertentu yang berfungsi sebagai penggerak runner yang ditembakkan tepat pada sudu-sudu turbin.

Dalam hal ini nozzle memiliki pengaruh yang penting terhadap kecepatan putaran turbin. Jumlah dan diameter nozzle pada umumnya disesuaikan dengan

tinggi jatuh air. Pemilihan jumlah dan ukuran nozzle yang salah juga dapat menyebabkan rusaknya komponen turbin terlebih lagi jika sudu turbin menerima beban yang terlalu tinggi. Maka dalam hal ini untuk mengetahui pengaruh jumlah nozzle terhadap kinerja turbin penulis melakukan pengujian terhadap sebuah prototype turbin pelton dengan variasi jumlah nozzle.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam pengujian pengaruh jumlah nozzle terhadap kinerja prototype turbin pelton adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah nozzle terhadap kinerja prototype turbin pelton

1.3 Batasan Masalah

Dalam menentukan jumlah nozzle pada turbin pelton perlu dibuat batasan masalah adapun batasan masalah dalam pengujian prototipe turbin pelton adalah sebagai berikut :

1. Jumlah bucket/sudu turbin 12 buah
2. Ukuran Head pompa 12 m dan debit 200 liter/menit
3. Jumlah nozzle yang digunakan 2 buah
4. Simulasi data hasil percobaan dikontrol menggunakan mikrokontrol

Arduino Uno dan di program menggunakan software Arduino IDE

1.4 Tujuan

1.4.1. Tujuan Umum

Untuk dapat mengetahui bagaimana pengaruh jumlah nozzle terhadap kinerja prototype turbin pelton.

1.4.2 Tujuan Khusus.

Untuk menganalisa:

1. Nilai Torsi yang terjadi pada poros
2. Daya yang dihasilkan Turbin.
3. Nilai efisiensi Turbin.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui pengaruh jumlah nozzel terhadap daya dan efisiensi turbin yang dihasilkan
2. Sebagai bahan referensi bagi para mahasiswa mesin untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga air dengan head jatuh yang besar.

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 perencanaan ini, yang diperoleh dari berbagai referensi yang dijadikan landasan untuk melakukan perencanaan ini.

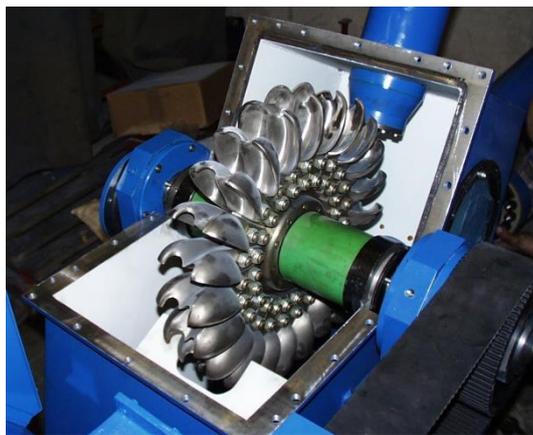
3. Pada BAB 3 membahas tentang metode pengujian, bahan dan peralatan.
4. Pada BAB 4 menganalisa dan mengevaluasi dari hasil rancangan berdasarkan efisiensi keluaran.
5. Pada BAB 5 berupa kesimpulan dan saran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Defenisi Turbin Pelton

Turbin pelton 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 impulse 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 nozzel. 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 air yang keluar atau terpancar melalui nozzle memiliki tekanan yang sama dengan tekanan atmosfer disekitarnya. Sehingga energi tempat 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 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

Runnerturbin Pelton 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 2.2 Runner Turbin Pelton

Kecepatan keliling runner suatu turbin dapat di hitung menggunakan rumus

$$U = \eta \cdot \frac{Vn}{2} \quad (2.1)$$

$$U = \frac{Vn}{2} \text{ untuk } \eta T = 1$$

Untuk mencari diameter luar runner digunakan persamaan

$$D_o = D + 1,2h \quad (2.2)$$

Dimana D adalah diameter lingkaran tusuk

$$D = \frac{60 \times U \times \eta}{3,14 \times rpm} \quad (2.3)$$

b. 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. Sudu bisa dibuat dari beragam bahan.



Gambar 2.3 sudu (bucket)

Untuk menentukan jumlah bucket optimal digunakan persamaan berikut.

$$Z = \sqrt{\pi \cdot d / 2 \cdot D} \quad (2.4)$$

Dimensi-dimensi bucket dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Lebar mangkuk (b)} = (2,5 \sim 3,2) \cdot d$$

$$\text{Tinggi mangkuk (h)} = (2,1 \sim 2,7) \cdot d$$

$$\text{Lebar bukaan mangkuk } (\alpha) = 1,2 \cdot d$$

$$\text{Kedalaman mangkuk (t)} = 0,9 \cdot d \quad (2.5)$$

c. Nozzel

Nozzel merupakan bagian dari turbin, didalam nozzel tekanan air dirubah menjadi kecepatan. Nozzel terdiri atas bagian selubung serupa hidung yang dipasang pada belokan pipa, dan jarum nozzel 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 2.4 nozzel

Untuk menentukan diameter pancaran air atau nozzle maksimum digunakan persamaan:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} \quad (2.6)$$

Atau dari persamaan kontinuitas

$$Q = A \cdot V \quad (2.7)$$

d. Rumah Turbin

Rumah turbin pelton 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 pemasangan suatu turbin.



Gambar 2.5 rumah turbin

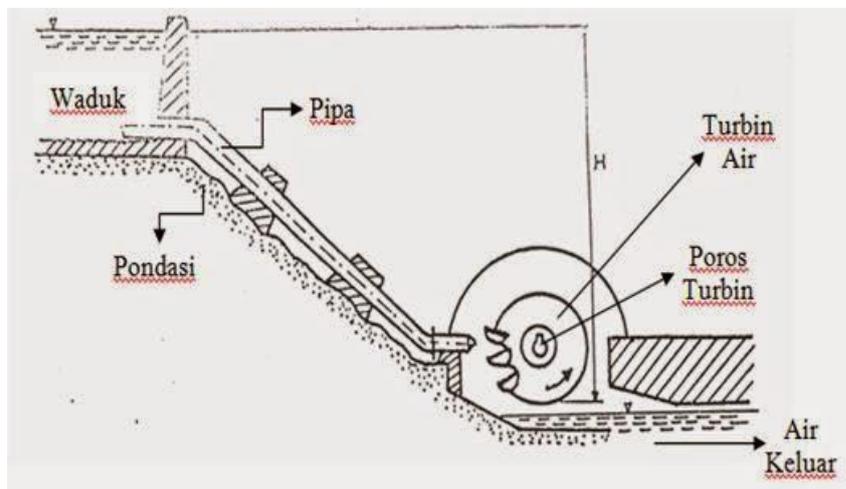
2.4 Prinsip Kerja Turbin Pelton

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.

2.41 Aliran Zat Cair dan Bentuknya

Air pada suatu sandart ketinggian tertentu mempunyai bentuk energi sebagai berikut



Gambar 2.6 bentuk energi pada aliran air

a. Energi tempat

Energi yang terkandung didalam suatu fluida berdasarkan ketinggian tertentu , energi ini pada setiapposisi berbeda menurut ketinggiannya

$$E = m \cdot g \cdot z \quad (2.8)$$

b. Energi tekanan

Energi tekanan suatu fluida yang mengalir melalui suatu penampang ditentukan sebagai berikut

$$\text{Energi tekanan} = \frac{m \cdot P}{\rho} \quad (2.9)$$

c. Energi kecepatan

Fluida yang mengalir juga memiliki energi kecepatan, fluida yang mengalir melalui penampang yang kecil akan memiliki energi kecepatan yang besar. Energi kecepatan dirumuskan sebagai berikut

$$Ek = m \frac{V^2}{2} \quad (2.10)$$

2.42 Beberapa Bentuk Persamaan Bernoulli

Pada suatu aliran air didalam pipa, jika diambil suatu selisih ketinggian z antara tinggi air atas dengan tinggi air bawah, maka menurut bernoulli besar energi aliran tersebut adalah:

$$W = m \cdot g \cdot z + m \cdot \frac{P}{\rho} + m \cdot \frac{V^2}{2} \quad (2.11)$$

Bila pada aliran tersebut diambil suatu jumlah air tiap 1kg untuk diperhitungkan, hal ini dinamakan “Spesifik energi” satuannya dalam Nm/Kg Sehingga didapat

$$W = g \cdot z + \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} \quad (2.12)$$

Kemudian jika dibagi lagi dengan percepatan grafitasi g , akan didapat salah satu ruas dari persamaan bernoulli yang mempunyai arti ketinggian;

$$W = z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (2.13)$$

Ketinggian adalah jarak kesuatu tempat dimana suatu benda yang jatuh dari tempat tersebut mempunyai kecepatan V . Pada setiap saat dan tiap posisi yang ditinjau dari suatu aliran di dalam pipa tanpa gesekan yang tidak bergerak akan mempunyai jumlah energi ketinggian tempat, tekanan, dan kecepatan yang sama besarnya.

Persamaan bernoulli umumnya ditulis dalam bentuk :

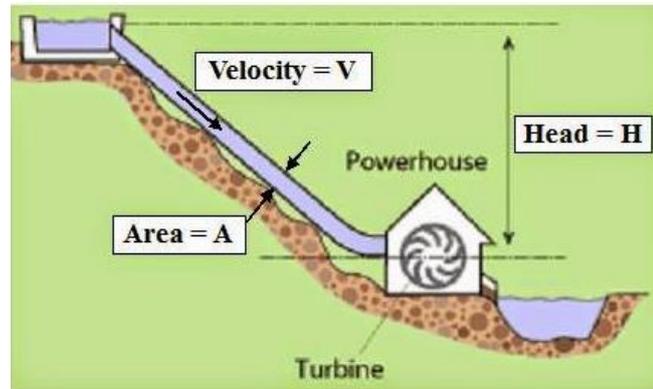
$$H_1 + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{V^2}{2g} = H_s + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{V^2}{2g} \quad (2.14)$$

Artinya sebagai misal adalah aliran air di dalam pipa, pada posisi 1 air mempunyai tekanan tertentu dan luas penampang yang tertentu serta kecepatan V_1 , perubahan bentuk energi akan terjadi bila pada posisi kedua penampangnya diperkecil, dengan demikian kecepatan air akan naik menjadi V_2 dan tekanannya pada posisi kedua akan berkurang; hal ini akan terlihat dengan jelas apabila letak pipa tersebut mendatar.

2.5 Teori Dasar Aliran (Hidrodinamik)

Air yang mengalir 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:

$$P = V \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta t \quad (2.15)$$

Bila massa aliran m dan tinggi air jatuh telah diketahui, maka daya yang dihasilkan

$$P = m \cdot g \cdot H \cdot \eta t \quad (2.16)$$

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

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

Atau

$$T = F \cdot r \quad (2.18)$$

$$Pd = \frac{T/1000 \times 2 \cdot \pi \cdot n/60}{102} \quad (2.19)$$

Dimana Pada turbin air biasanya diketahui kapasitas air V , tetapi pada turbin uap dan gas diketahui jumlah massa fluida \dot{m} yang dialirkan, diantara kedua satuan tersebut terdapat hubungan:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (2.20)$$

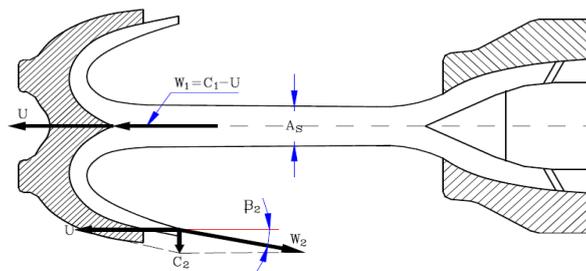
dengan mengubah massa jenis menjadi volume spesifik, maka persamaan menjadi

$$V = \dot{m} \times v \quad (2.21)$$

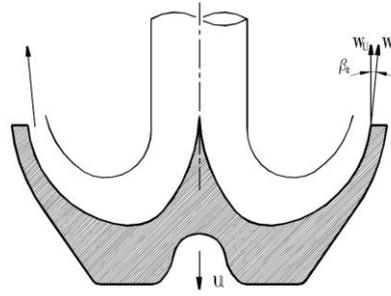
besarnya harga kerapatan dan volume spesifik cairan praktis tidak berubah, sedangkan untuk gas dan uap sangat tergantung kepada tekanan dan temperatur.

2.6 Segitiga Kecepatan

Bentuk konstruksi nozzle dan bucket pada umumnya adalah seperti gambar 2.8 dan 2.9 dimana pancaran air mengenai bucket tepat ditengahnya maka air akan berbelok di kedua arah bucket supaya ada kemungkinan membaliknya air bisa diarahkan tegak lurus, untuk itu penampang sudu bagian luar harus ditinjau



Gambar 2.8 penampang nozzle dan bucket



Gambar 2.9 bagan kecepatan turbin pelton

Persamaan Euler untuk turbin dinyatakan sebagai berikut:

$$H = (u_1 \cdot c_{u1} - u_2 \cdot c_{u2}) / g \cdot \eta_t \quad (2.22)$$

U_1 dan U_2 adalah kecepatan keliling turbin yang disebabkan oleh pancaran air sedangkan c_{u1} dan c_{u2} adalah kecepatan relatif pancaran air terhadap kecepatan keliling. Pada turbin pelton letak $c_{u2} = 0$ maka

$$H = (u_1 \cdot c_{u1}) / g \cdot \eta_t \quad (2.23)$$

Dan didapat

$$U_1 = \frac{\eta_t \cdot g \cdot H}{c_{u1}} \quad (2.24)$$

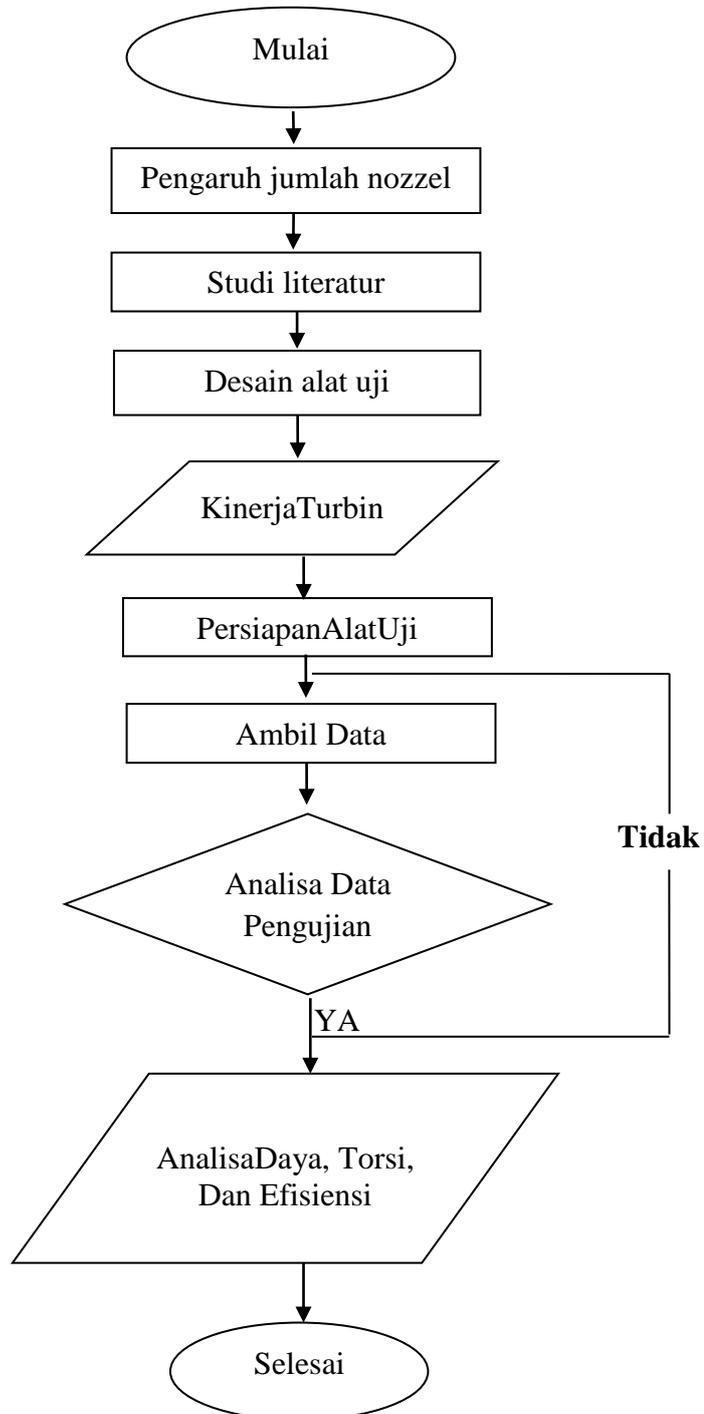
Karena $c = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$ dan $c_{u1} = c_1 = c$ maka

$$U_1 = \frac{\eta_t \cdot g \cdot c^2}{c_1 \cdot 2g} \quad \text{maka} \quad U_1 = \frac{\eta_t \cdot c}{2} \quad (2.25)$$

Untuk $\eta_t = 1$ maka $U_1 = \frac{c}{2}$

BAB 3 METODE PERANCANGAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



3.2 Tempat Dan Waktu

3.2.1 Tempat

Tempat pembuatan prototype turbin pelton dan kegiatan uji coba dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Mukhtar Basri No 3 Medan.

3.2.2 Waktu

Waktu pelaksanaan pembuatan prototype dan penelitian turbin telah dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan judul penelitian oleh pengelola Program Studi Teknik Mesin sampai dinyatakan selesai diperkirakan Tujuh (7) bulan.

Table 3.1. Jadwal Proses Kegiatan Pembuatan Prototype Turbin Pelton

No	Uraian Kegiatan	Waktu						
		Sept	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar
1	Pengajuan Judul	■						
2	Studi Literatur	■	■					
3	Penyiapan Bahan		■					
4	Pembuatan Alat		■	■	■	■		
5	Pengujian Alat					■		
6	Penyusunan Skripsi				■	■	■	
7	Sidang Sarjana							

3.3 Peralatan Pengujian

A. Prototype Turbin Pelton

Runner turbin pelton berperan sebagai pengubah 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
Dimensi bucket		
Panjang	:	8 cm
Lebar	:	5 cm
Kedalaman	:	1,5 cm
Tebal bucket	:	5 cm



Gambar 3.1 runner turbin

B. Nozzel

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 3.2 nozzle

C. 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 3.3 Arduino Uno

D. Photo sensor interuptor

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.

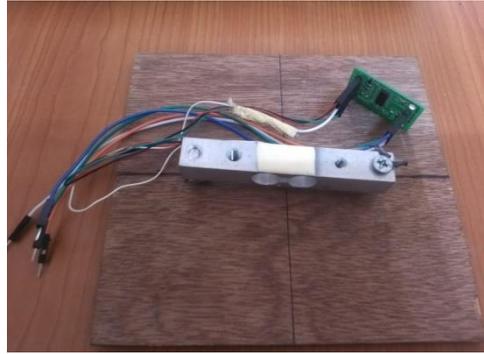


Gambar 3.4 Photo sensor interuptor

E. Load cell

Load cell berfungsi sebagai pembaca berat beban yang diletakkan diatas poros turbin sebagai pengujian untuk mengetahui torsi yang terjadi pada poros.

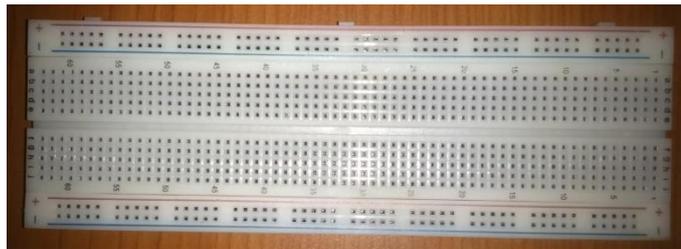
Load cell yang digunakan adalah load cell 3 Kg



Gambar 3.5 load cell

F. Bread Board

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



Gambar 3.6 Bread Board

G. Pulley

Pulley berfungsi sebagai tempat sabuk penggantung beban, beban yang di ikat menggunakan tali yang digantung 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 3.7 pulley

H. 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 3.8 roda pencacah

I. Pompa Air

Pompa air berfungsi untuk memompa air dari bak hingga keluar dari nozzle sehingga dapat dipancarkan oleh nozzle.



Gambar 3.9 pompa air

J. Flow Meter

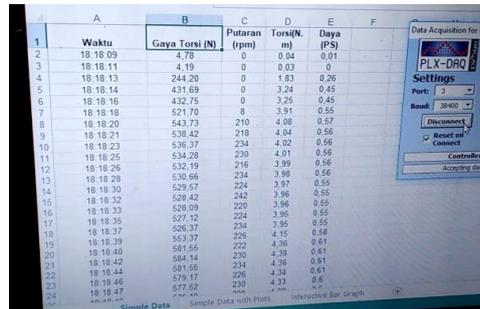
Flow meter adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur debit suatu aliran air dengan ukuran satuan Liter/menit.



Gambar 3.10 Flow Meter

K. PLX-DAQ

PLX-DAQ adalah free software yang digunakan untuk mencatat data serial di Microsoft Excel yang dikirim oleh Arduino Uno ke komputer.



Gambar 3.11 Software PLX-DAQ

L. Laptop

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



Gambar 3.12 Laptop

3.4 Skema Pengujian Jumlah Nozzel

Berikut ini adalah skema pengujian jumlah nozzel :

Keterangan :

1. Rumah Turbin

8. Sensor Flow

2. Bucket

9. Katub Globe

3. Runner

10. Arduino Uno

4. Load Cell

11. Bak Air

5. Kotak Panel On/Off

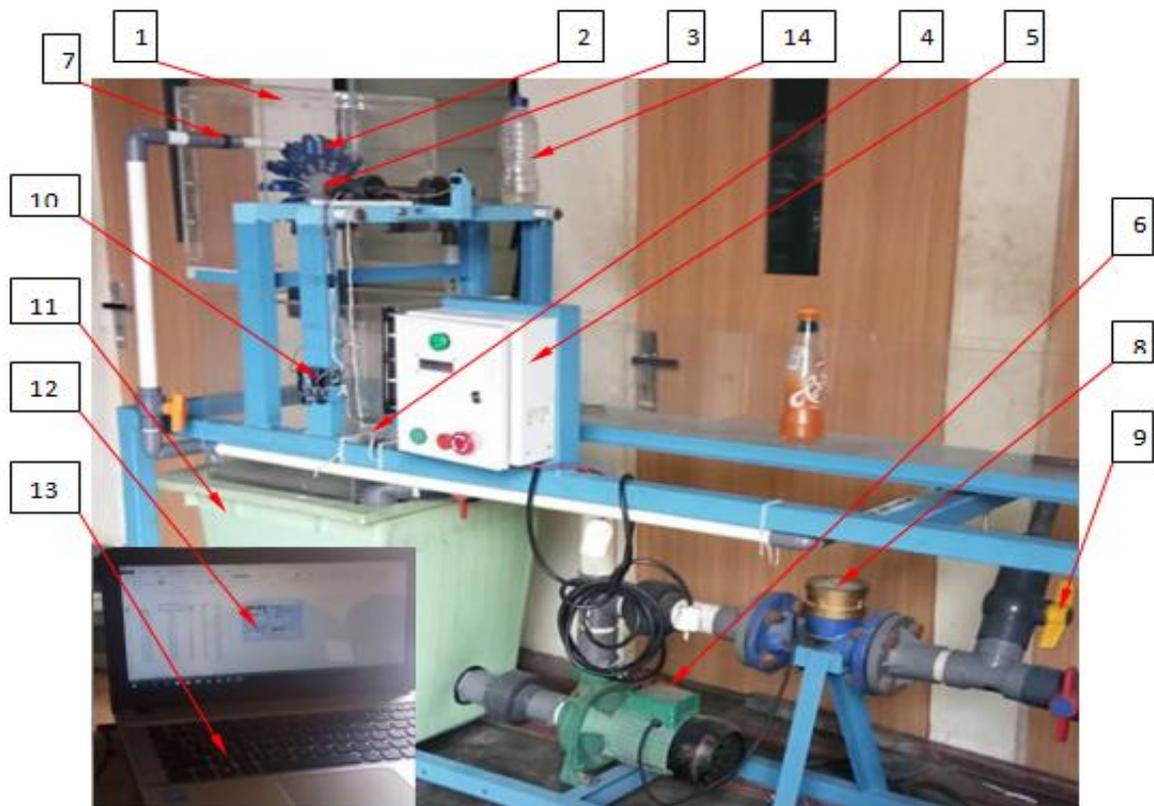
12. Software PLX-DAQ

6. Pompa

13. Laptop

7. Nozzle

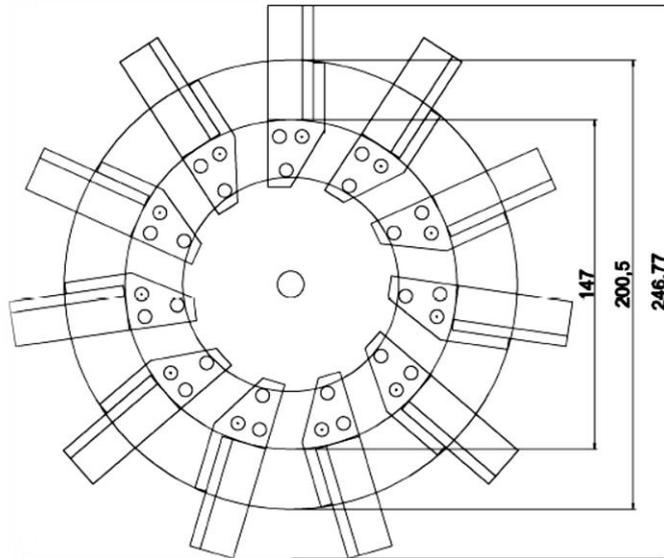
14. Beban Torsi



3.13 Skema Pengujian Jumlah Nozzel

3.5 Konsep Desain Yang Direncanakan

a. Desain Prototype Runner



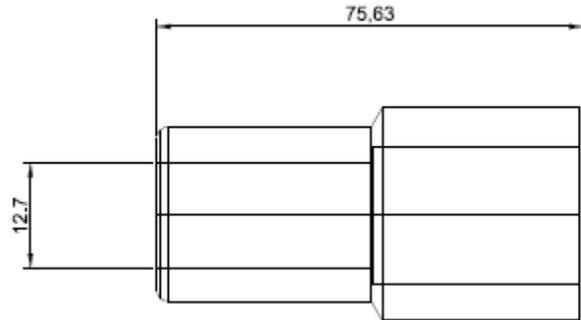
Gambar 3.14 desain runner



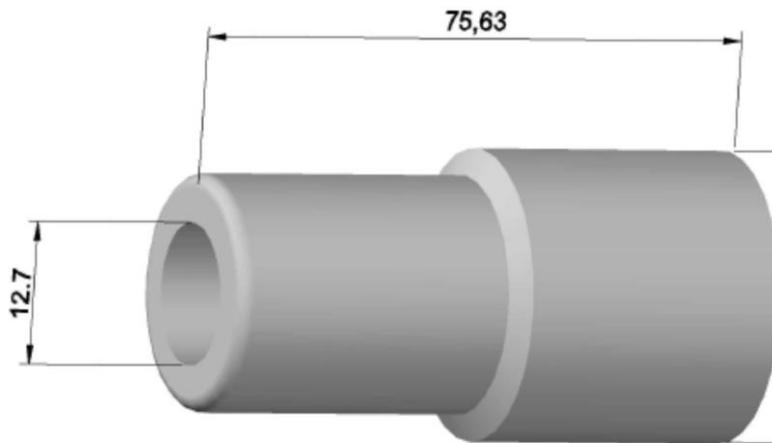
Gambar 3.15 desain runner realistic autocad 2013

b. Dimensi Nozzle

Dimensi nozzle yang dipilih ditunjukkan pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.16 dimensi nozzle



Gambar 3.17 design nozzle

3.6 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 atas pulley
7. Menghidukan pompa air dan melakukan pengamatan data yang ditampilkan di komputer

3.7 Metode Pengukuran

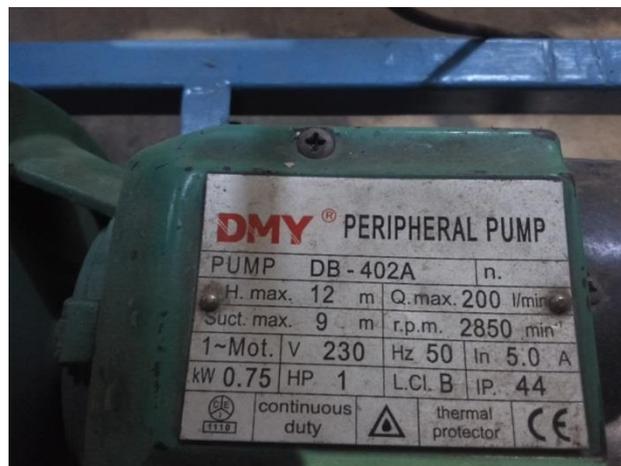
Metode yang digunakan untuk menghitung daya turbin adalah dengan cara membaca pergerakan pertambahan beban yang terjadi setelah turbin berputar, sebelum turbin berputar beban dihitung dulu berat awalnya kemudian setelah turbin berputar catat pertambahan berat beban. Dan lakukan pengamatan kecepatan putar turbin saat poros berputar. Kemudian amati debit air dalam selang waktu 1 menit.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Desain Prototype Turbin

a. Perhitungan Data dan Perencanaan

Dilakukan perencanaan sebuah turbin pelton dan nozzelnya dengan mengacu kepada data spesifikasi pompa seperti pada gambar 3.11

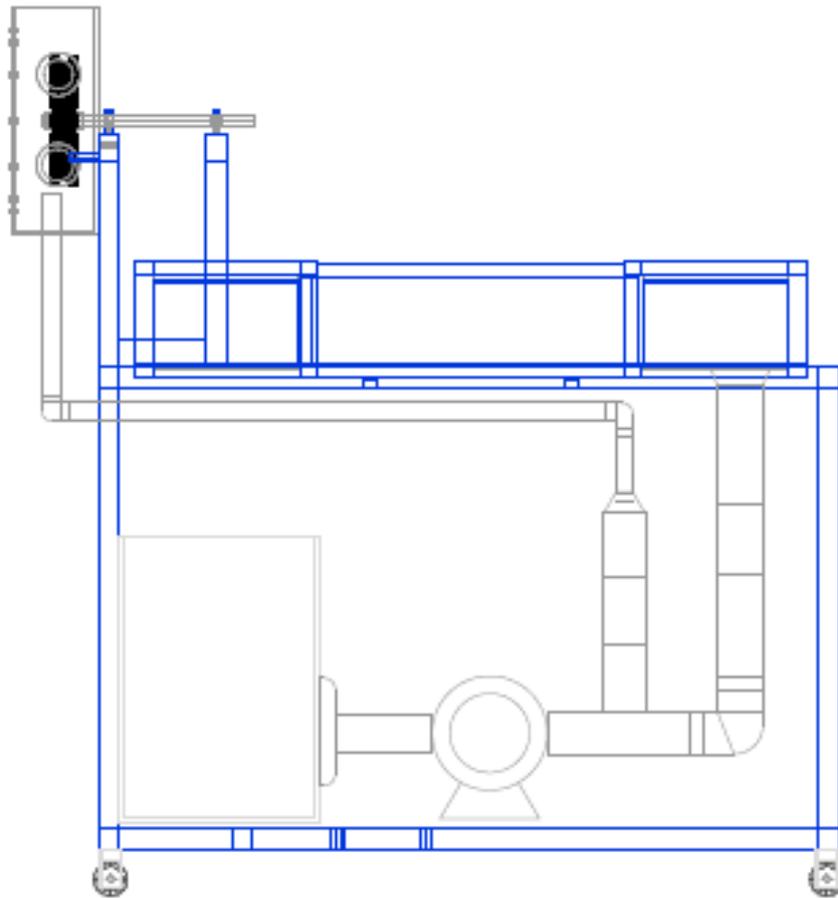


Gambar 4.1 Spesifikasi Pompa Perencanaan

Tabel 4.1 Data-Data Perencanaan

NO	DATA	BESARAN
1	Head	12 meter
2	debit	200 liter/menit
3	putaran	1000 rpm
4	Efisiensi	1
5	Daya pompa	0,75 kW
6	Panjang Pipa Keseluruhan	3 m
7	Diameter pipa	¾ inch (1,905 cm)
8	Siku	8 buah
9	Sambungan T	3 buah

10	Reduser	2 buah
11	Head statis	1,185 m



Gambar 4.2 instalasi turbin

b. Menghitung kecepatan pancaran nozzle

Dari persamaan kontinuitas yaitu persamaan 2.7 digunakan untuk menentukan kecepatan air yang mengalir didalam pipa, dengan diameter pipa yang direncanakan adalah $\frac{3}{4}$ inchi maka kecepatan aliran air yang mengalir melalui pipa adalah

$$Q = A \cdot V_{pipe}$$

$$V_{pipe} = \frac{Q}{A}$$

$$Q = 200 \text{ liter/menit}$$

$$Q = 0,0033 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$A = \frac{3,14}{4} \times (1,905 \text{ cm})^2$$

$$A = 2,848 \text{ cm}^2 = 0,0002848 \text{ m}^2$$

$$V_{pipe} = \frac{0,00333 \text{ m}^3/\text{dtk}}{0,0002848 \text{ m}^2}$$

$$V_{pipe} = 11,7009 \text{ m/dtk}$$

c. analisa jenis aliran

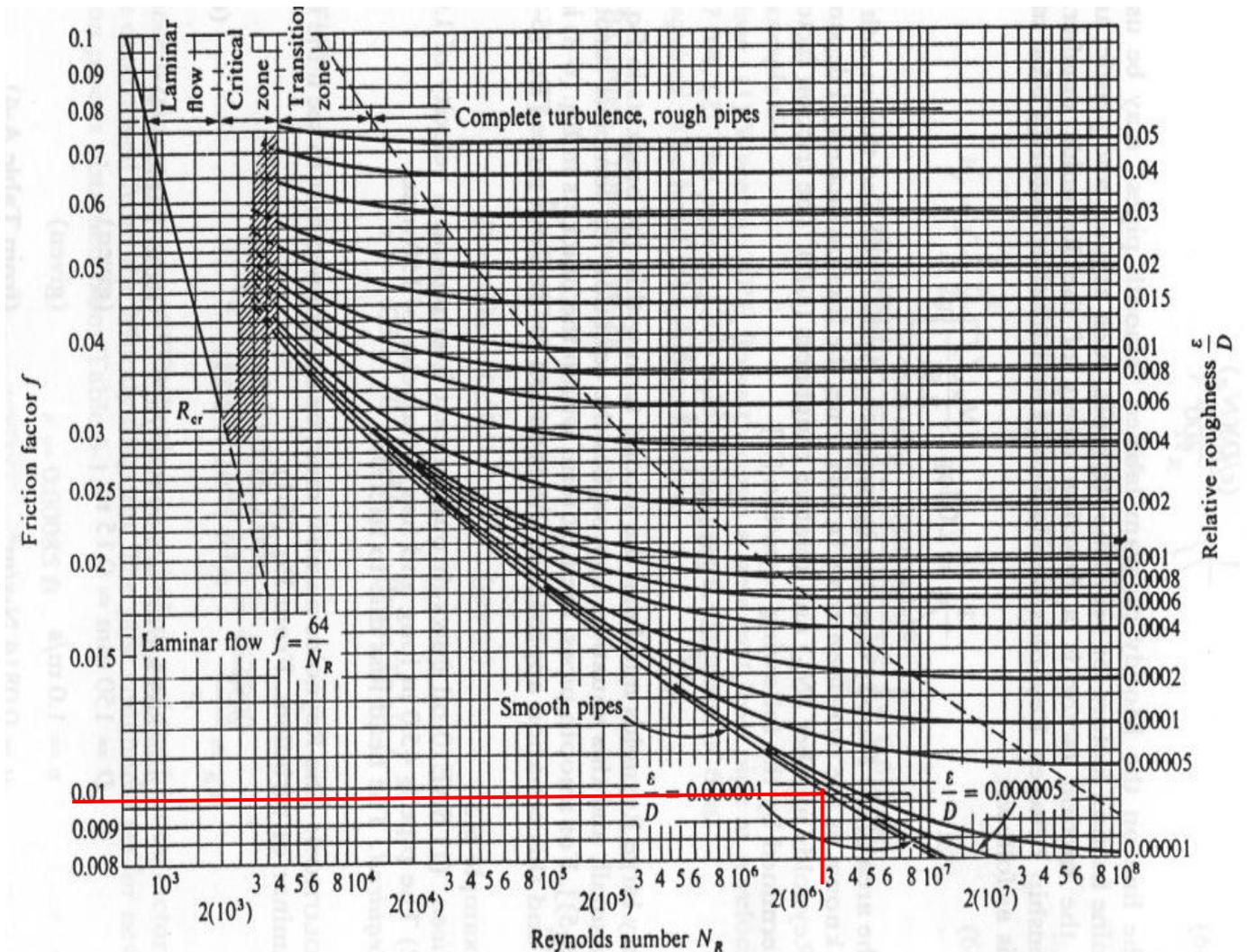
Untuk menganalisa jenis aliran yang terjadi didalam pipa maka perlu dihitung bilangan reynold dengan mengambil viskositas air $8,03 \times 10^{-7}$ pada suhu 30°C

$$Re = \frac{V_{pipe} \times D}{\nu}$$

$$Re = \frac{11,7009 \text{ m/dtk} \times 0,01905}{8,03 \times 10^{-7}}$$

$$Re = \frac{11,7009 \text{ m/dtk} \times 0,01905}{8,03 \times 10^{-7}}$$

$$Re = 2,77 \times 10^5$$



Gambar 4.3 diagram moody

nilai $Re > 4000$ maka aliran yang mengalir dalam pipa adalah turbulen untuk menghitung, sehingga untuk menghitung faktor gesekan f digunakan diagram moody, kekasaran bahan pipa dianggap smooth (halus)

Maka didapat faktor gesekan $f = 0,0098$ sehingga head loss yang terjadi pada pipa adalah

$$H_f = f \cdot \frac{L_{\text{pipa}}}{D_{\text{pipa}}} \times \frac{V_{\text{pipe}}^2}{2 \cdot g}$$

$$H_f = 0,0098 \cdot \frac{3 \text{ m}}{0,01905 \text{ m}} \times \frac{11,7009^2 \text{ m/dtk}}{2 \times 9,81 \text{ m/dtk}^2}$$

$$H_f = 10,76 \text{ m}$$

Menghitung loses yang terjadi pada elbow dimana harga $K = 0,9$ dan jumlah elbow 8 buah

$$H_{\text{elbow}} = 8 \cdot K \cdot \frac{V_{\text{pipe}}^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{\text{elbow}} = 8 \times 0,9 \times \frac{(11,7009 \text{ m/dtk})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/detik}^2}$$

$$H_{\text{elbow}} = 6,53673 \text{ m}$$

Menghitung loses pada sambungan T dimana harga $K = 0,9$ dengan jumlah 3 buah

$$H_{\text{Tee}} = 3K \cdot \frac{V_{\text{pipe}}^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{\text{Tee}} = 3 \times 0,9 \times \frac{(11,7009 \text{ m/dtk})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/detik}^2}$$

$$H_{\text{Tee}} = 18,841 \text{ m}$$

Menghitung H reduser pada nozzle dimana harga $K = 0,02$

$$H_{reduser} = 2 \times K \cdot \frac{V_{pipe}^2}{2 \cdot g}$$

$$H_{reduser} = 2 \times 0,02 \cdot \frac{(11,7009 \text{ m/dtk})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/detik}^2}$$

$$H_{reduser} = 0,279 \text{ m}$$

Maka Head Loses Total = Hf + H.elbow + H Tee + H Reduser

$$H = 10,76 \text{ m} + 6,53673 \text{ m} + 18,841 \text{ m} + 0,279 \text{ m}$$

$$H = 36,417 \text{ m}$$

Dengan menggunakan persamaan bernoulli maka dapat dicari kecepatan pancarann nozzle

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_{pipe}^2}{2 \cdot g} + H_{pompa} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_n^2}{2 \cdot g} + H_l$$

$$H_{s1} + \frac{V_{pipe}^2}{2 \cdot g} + H_{pompa} = H_{s2} + \frac{V_n^2}{2 \cdot g} + H_{loses}$$

$$\frac{V_n^2}{2 \cdot g} = \frac{V_{pipe}^2}{2 \cdot g} + H_{s2} - H_{s1} + H_{pompa} - H_{loses}$$

$$\frac{V_n^2}{2 \cdot g} = \frac{V_{pipe}^2}{2 \cdot g} + H_{s2} - H_{s1} + H_{pompa} - H_{loses}$$

$$V_n^2 = 2 \cdot g \left(\left(\frac{V_{pipe}^2}{2 \cdot g} + H_{s2} - H_{s1} \right) + H_{pompa} - H_l \right)$$

$$Vn = \sqrt{2 \cdot g \left(\left(\frac{V_{pipe}^2}{2 \cdot g} + H_{s1} - H_{s2} \right) + H_{pompa} - H_l \right)}$$

$$Vn = \sqrt{2 \times 9,81 \left(\left(\frac{(11,7009)^2}{2 \times 9,81} + 1,185 \text{ m} \right) + 12 - 36,417 \text{ m} \right)}$$

$$Vn = 17,857 \text{ m/dtk}$$

d. Menentukan Diameter Nozzle

Dengan menggunakan persamaan kontinuitas maka dapat ditentukan ukuran nozzle dimana $Q = 200 \text{ liter/mnt} = 0,00333 \text{ m}^3/\text{mnt}$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times Vn}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0,00333 \text{ m}^3/\text{detik}}{3,14 \times 17,857 \text{ m/dtk}}}$$

$$d = 0,01542 \text{ m}$$

$$d = 1,542 \text{ cm}$$

4.2 Data Hasil Pengujian Pengaruh Jumlah Nozzel Pada Bukaannya Katup Penuh

Data pada tabel 4.2 adalah hasil pengujian yang dilakukan selama satu menit. Berat beban akhirnya adalah pertambahan berat yang terbaca oleh sensor berat selama 1 menit terjadi pada beban ketika turbin berputar,

Tabel 4.2 Data Pengujian Katup Buka Penuh

Berat Beban Awal (gram)	Berat beban akhir (gram)	Debit (m ³ /mnt)	Jumlah Nozzle	Putaran (Rpm)	Torsi (Kg mm)	Daya Turbin (Watt)	Daya Air (Watt)	Efisiensi
100	127,48	0,09	1	397,56	301,91	123,165309263	176,58	69,75042998
200	272	0,09	1	394,95	304,09	123,240223814	176,58	69,79285526
300	440,35	0,09	1	362,4	306,61	114,020443451	176,58	64,57155026
400	602,32	0,09	1	358,35	309,03	113,636087441	176,58	64,35388348
500	714,88	0,09	1	351,31	310,72	112,012874395	176,58	63,43463268
100	125,34	0,09	2	260	301,88	80,540830789	176,58	45,61152497
200	262,86	0,09	2	259,64	303,94	80,978118374	176,58	45,85916773
300	430	0,09	2	256,91	306,4621	80,791570289	176,58	45,75352265
400	585,27	0,09	2	256,46	308,78	81,260038246	176,58	46,01882334
500	688,56	0,09	2	252,709	310,33	80,473463289	176,58	45,57337371

Terlihat pada tabel 4.2 bahwa Gaya torsi pada baris pertama dengan satu nozzle diperoleh dari pembacaan sensor loadcell dimana beban 100 gram di bebaskan ke poros untuk menghasilkan gaya torsi. Sementara putaran dibaca oleh sensor putar interuptor .

Dengan persamaan 2.18 didapatkan nilai torsi pada baris ke 1 sebagai sampel perhitungan yaitu

$$T = F \cdot r$$

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

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

$$F = 127,48 \text{ gram}$$

$$T = F \cdot r$$

$$T = 127,48 \text{ gram} \times 0,015 \text{ m}$$

$$T = 1,9122 \text{ gram. m}$$

$$T = \frac{127,48}{1000} \text{ Kg.} \times 0,015 \text{ m} \times 1000 \text{ mm}$$

$$T = 1,9122 \text{ kg. mm}$$

Perhitungan Daya dari beban pada turbin diambil dari persamaan (2.17) apabila T dalam satuan Kg.mm

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

$$Pd = \frac{(1,9122 \text{ Kg.mm}/1000) \cdot (2 \times 3,14 \times 397,56/60)}{102}$$

$$Pd = 0,000779191616 \text{ Kw}$$

$$Pd = 0,779191616 \text{ Watt}$$

Menghitung momen torsi yang disebabkan oleh runner turbin dimana jarak lengan gaya = 20cm = 200 mm dengan debit air Q = 0,085 m³/mnt

$$T = F \cdot r$$

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

$$T = 300 \text{ kg. mm}$$

Untuk menghitung daya yang berasal dari runner digunakan persamaan 2.17 sehingga diperoleh

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

$$Pd = \frac{(300 \text{ Kg. mm}/1000) \cdot (2 \times 3,14 \times 397,56/60)}{102}$$

$$Pd = 0,12238611764 \text{ Kw}$$

$$Pd = 122,38611764 \text{ Watt}$$

Sehingga daya total yang dihasilkan turbin adalah

$$Pd = 122,38611764 \text{ Watt} + 0,779191616 \text{ Watt}$$

$$Pd = 123,8369175 \text{ Watt}$$

Untuk mencari nilai efisiensi dari turbin maka daya input air harus di hitung. Menghitung daya air diketahui debit air = $0,085 \text{ m}^3/\text{mnt} = 0,00141 \text{ m}^3/\text{detik}$

$$Pa = Q \cdot \gamma \cdot H$$

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

$$Pa = 0,00141 \text{ m}^3/\text{detik} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 12 \text{ m}$$

$$Pa = 176,58 \text{ Watt}$$

$$Pa = 0,17658 \text{ Kw}$$

Maka efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

$$\eta_t = \frac{\text{daya turbin}}{\text{daya air}} \times 100 \%$$

Maka nilai efisiensi satu nozzle untuk baris pertama pada data tabel 4.1 diperoleh dengan rumus efisiensi berikut

$$\eta_t = \frac{123,8369175 \text{ Watt}}{176,58 \text{ Watt}} \times 100 \%$$

$$\eta_t = 0,6975042998 \times 100$$

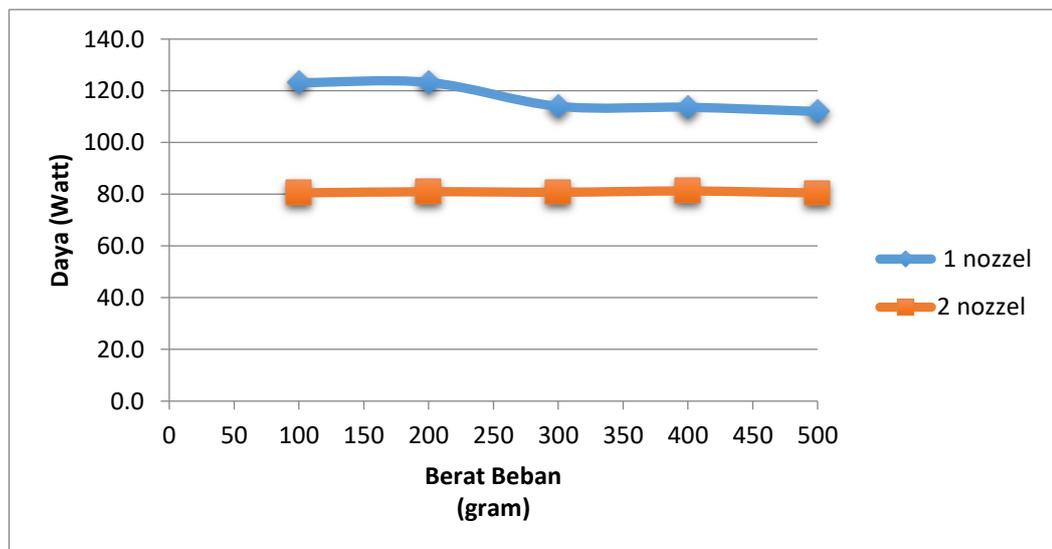
$$\eta_t \cong 69,75 \%$$

Untuk data pada baris selanjutnya digunakan metode perhitungan yang sama sehingga dihasilkan hasil perhitungan seperti yang terdapat pada tabel 4.1 Data Pengujian

4.3 Data Perbandingan Jumlah Nozzle Terhadap Berat Beban Dan Daya Pada Katup Buka Penuh

Data pada katup buka penuh diambil dengan tanpa menutup katup buka air, dimana debit air yang mengalir selama satu menit adalah $0,09 \text{ m}^3/\text{mnt}$ diukur menggunakan flow meter.

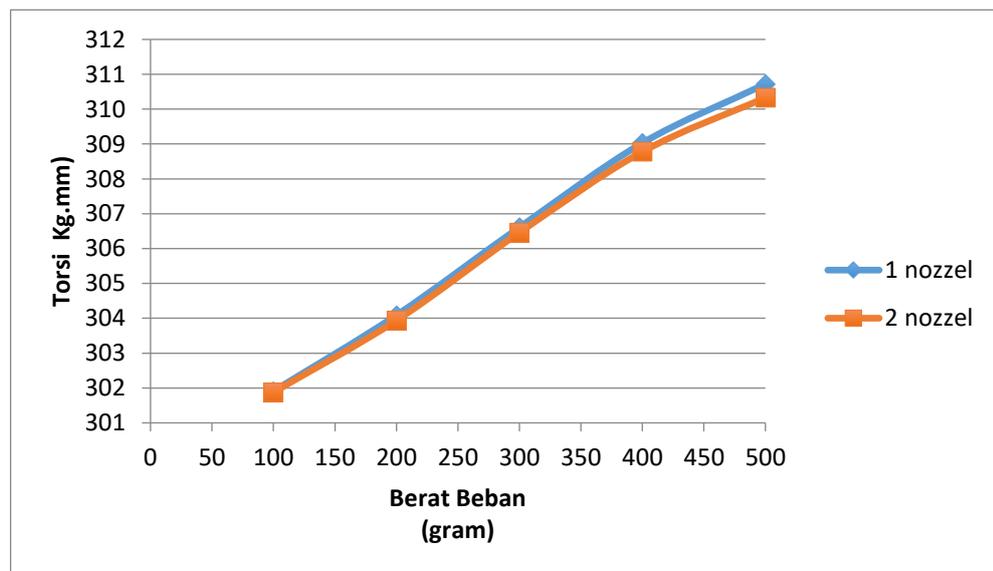
Daya turbin pada tabel 4.1 diperoleh dengan menjumlahkan daya yang berasal dari torsi beban dengan daya yang berasal dari torsi turbin. Dari gambar 4.1 terlihat bahwa turbin dengan jumlah nozzle 1 buah (grafik berwarna biru) memiliki daya yang lebih besar dibandingkan dengan turbin dengan nozzle 2 buah (garis merah)



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Berat Beban Dengan Daya

Perbedaan besarnya nilai daya yang terdapat pada gambar 4.4 dipengaruhi oleh beberapa hal, yang pertama adalah instalasi turbin yang menggunakan satu buah pompa sehingga untuk turbin dengan dua buah nozzle energi kecepatan yang terkandung didalam fluida serta debit air yang mengalir terbagi menjadi dua dikarenakan pembagian jumlah nozzle, turbin dengan jumlah nozzle satu buah dengan pompa yang sama kecepatan alirannya menjadi lebih cepat dibanding turbin yang menggunakan satu buah nozzle. Terbaginya debit air yang mengalir mempengaruhi jumlah putaran yang dihasilkan turbin karena putaran berbanding lurus dengan daya, maka jika putaran turbin yang dihasilkan kecil daya yang dihasilkan juga kecil

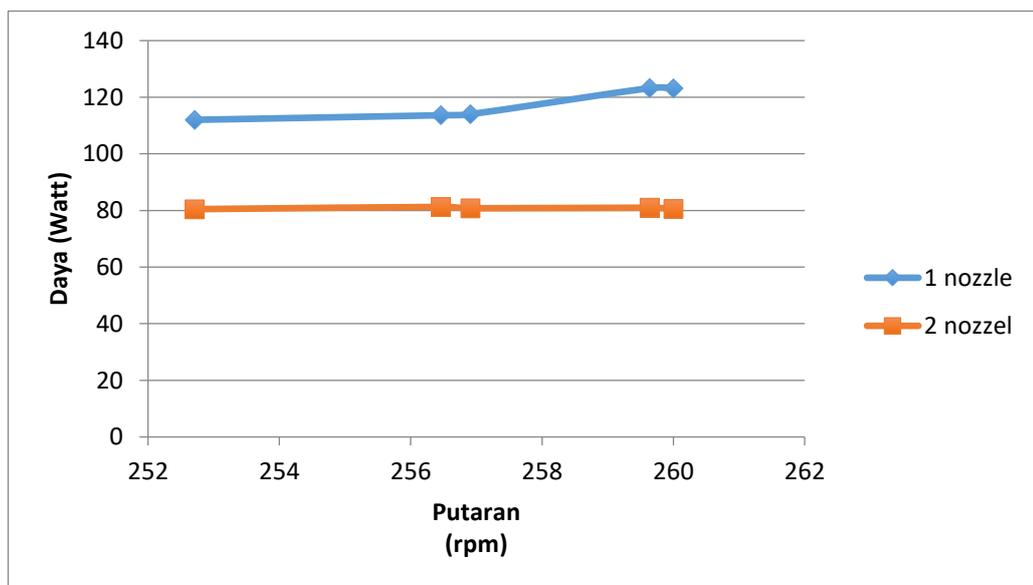
4.4 Data Perbandingan Jumlah Nozzel Terhadap Berat Beban Dan Torsi Pada Katup Buka Penuh



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Berat Beban Dan Torsi

Pada gambar 4.5 dapat dilihat turbin dengan satu buah nozzel (diagram biru) memiliki nilai torsi yang lebih besar dibanding turbin dengan jumlah nozzel dua buah, perbedaannya terlihat tipis hal ini dipengaruhi oleh debit fluida yang mengalir dan terbagi dua melalui nozzel, turbin dengan jumlah nozzel dua buah memiliki kecepatan pancaran yang kecil, sehingga ketika menghantam sudu turbin gaya yang diberikan air ke sudu turbin lebih kecil dibandingkan gaya yang diberikan air pada turbin dengan jumlah satu buah nozzel ke sudu turbin. Putaran turbin juga mempengaruhi pertambahan berat beban yang terjadi ketika melakukan pengujian seperti yang terlihat pada tabel 4.1 pada pengujian bukaan katup penuh. Karena torsi berbanding lurus dengan gaya maka jika gaya yang terjadi pada poros turbin kecil maka torsi yang dihasilkan turbin menjadi lebih kecil

4.5 Perbandingan Jumlah Nozzel Terhadap Putaran dan Daya Pada Katup Bukaan Penuh



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Putaran Dan Daya

Pada gambar grafik 4.6 terlihat bahwa turbin dengan jumlah nozzel satu buah memiliki daya yang lebih besar dibandingkan turbin dengan jumlah nozzel dua buah, dari grafik menunjukkan bahwa garis berwarna biru adalah akumulasi data pengujian dengan jumlah 1 nozzle dan garis berwarna oranye adalah data pengujian dengan dua buah nozzle. Grafik 4.6 menunjukkan untuk jumlah satu nozzle pada putaran yang sama untuk turbin dengan dua buah nozzel, daya yang dihasilkan tidak menunjukkan kenaikan yang tinggi. Dari grafik 4.6 dapat diketahui rentang daya yang diperoleh untuk bukaan katup penuh dengan dua buah nozzle adalah 80-82 watt sehingga grafik terlihat tidak curam, hal ini disebabkan oleh debit air yang mengalir dan terbagi dua oleh saluran pipa nozzel sehingga energi tekan cairan yang menghantam turbin memberikan putaran yang kecil untuk turbin, putaran sebagaimana yang kita ketahui berbanding lurus dengan daya sehingga apabila putaran turbin kecil daya yang diberikan pun kecil.

sedangkan untuk satu buah nozzle didapat rentang daya 100-130 watt.

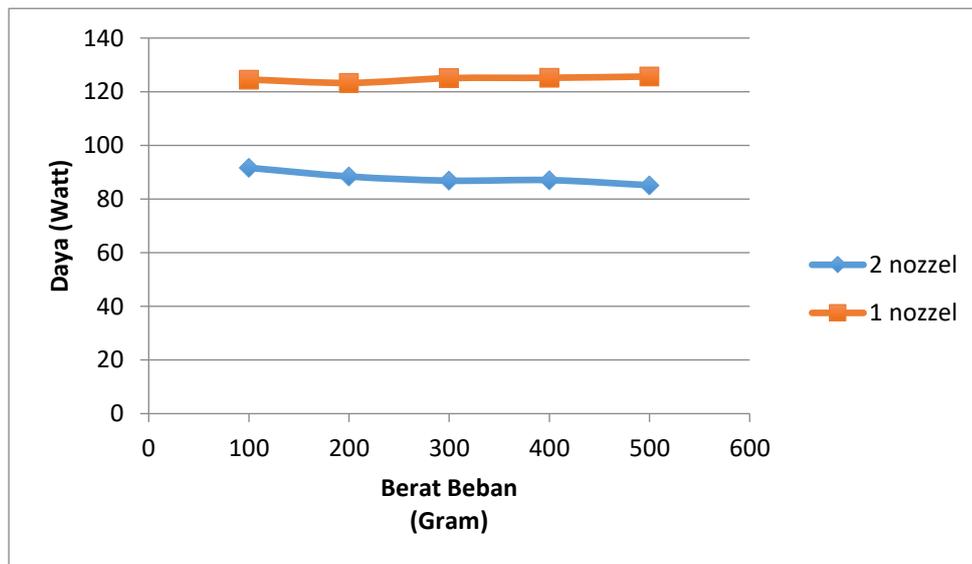
Grafik garis untuk dua nozzel

4.6 Data Perbandingan Jumlah Nozzel Terhadap Berat Beban Dan Daya Pada KatupBukaan $\frac{3}{4}$

Pada katup bukaan $\frac{3}{4}$ data pengujian diambil selama satu menit dengan variasi beban hingga 500 gram, beban digantung pada poros turbin selama satu menit, dalam pengujian ini katup $\frac{3}{4}$ diperoleh dengan membuka katup buangan air $\frac{3}{4}$ bukaan, data debit air di peroleh dengan memperhatikan flow meter selama satu menit, sama seperti pengujian sebelumnya untuk bukaan penuh

Tabel 4.3 Data Pengujian Katup Buka 3/4

Berat Beban Awal (gram)	Berat beban akhir (gram)	Debit (m ³ /mnt)	Jumlah Nozzle	Putaran (Rpm)	Torsi (Kg mm)	Daya Turbin (Watt)	Daya Air (Watt)	Efisiensi %
100	129,24	0,09	2	295,76	301,94	91,636461312	186,39	49,16382924
200	270,95	0,09	2	283,29	304,06	88,389109227	186,39	47,42159409
300	441,47	0,09	2	276	306,62	86,839593725	186,39	46,59026435
400	606,31	0,09	2	274,444	309,09	87,045618730	186,39	46,70079872
500	756,81	0,09	2	266,51	311,35	85,147245062	186,39	45,68230327
100	138,03	0,09	1	401,78	302,07	124,538643675	186,39	66,81616164
200	291,41	0,09	1	397,57	302,19	123,284435734	186,39	66,1432672
300	465,82	0,09	1	396,97	306,99	125,051854818	186,39	67,09150427
400	623,99	0,09	1	394,35	309,36	125,185556941	186,39	67,16323673
500	765,76	0,09	1	393,14	311,49	125,660725753	186,39	67,4181693



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Berat Beban Dengan Daya

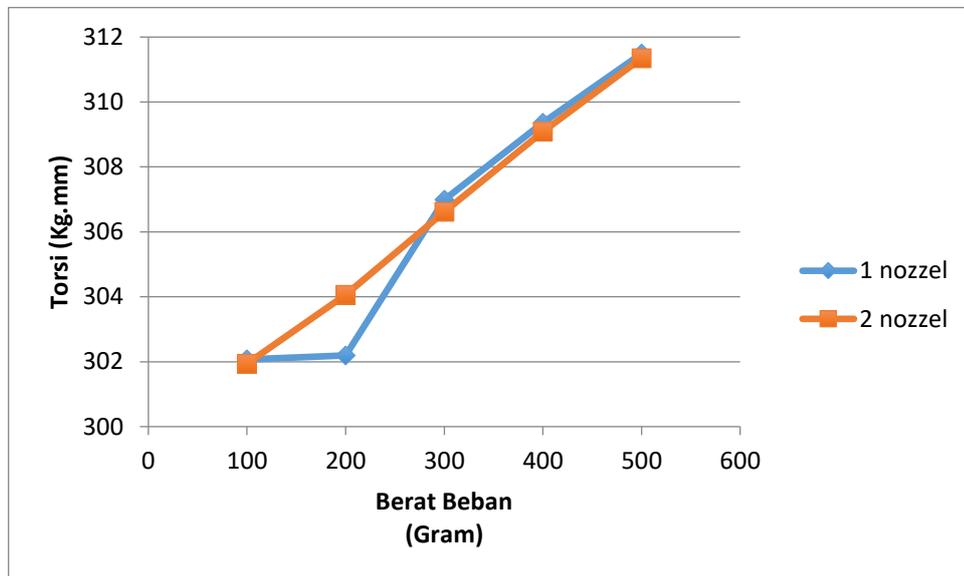
Gambar Grafik 4.7 diperoleh dari akumulasi data torsi total dan daya yang terdapat pada tabel 4.3 dimana untuk setiap variasi berat beban turbin dengan jumlah satu nozzle di tunjukkan oleh grafik berwarna oranye, dan untuk turbin

dengan jumlah nozzle dua buah ditunjukkan oleh grafik berwarna biru. Dari diagram terlihat untuk turbin dengan jumlah nozzle satu buah memiliki daya yang lebih besar dari turbin dengan jumlah nozzle dua buah hal ini dikarenakan Perbedaan besarnya nilai daya yang terdapat pada gambar 4.6 dipengaruhi oleh beberapa hal, sama halnya dengan dengan pengujian pada katup bukaan penuh, yang pertama adalah instalasi turbin yang menggunakan satu buah pompa sehingga untuk turbin dengan dua buah nozzle energi kecepatan yang terkandung didalam fluida serta debit air yang mengalir terbagi menjadi dua dikarenakan pembagian jumlah nozzle, turbin dengan jumlah nozzle satu buah dengan pompa yang sama kecepatan alirannya menjadi lebih cepat dibanding turbin yang menggunakan satu buah nozzle. Terbaginya debit air yang mengalir mempengaruhi jumlah putaran yang dihasilkan turbin karena putaran berbanding lurus dengan daya, maka jika putaran turbin yang dihasilkan kecil daya yang dihasilkan juga kecil

4.7 Data Perbandingan Jumlah Nozzel Terhadap Berat Beban Dan Torsi Pada Katup Bukaan $\frac{3}{4}$

Dari tabel 4.3 terlihat bahwa gaya torsi pada turbin dengan jumlah satu buah nozzle memiliki torsi yang lebih besar di banding dengan turbin dengan jumlah nozzle dua buah perbedaanya juga terlihat tipis sama halnya seperti pengujian pada katup bukaan penuh, ha ini dipengaruhi oleh debit fluida yang mengalir dan terbagi dua melalui nozzle, turbin dengan jumlah nozzle dua buah

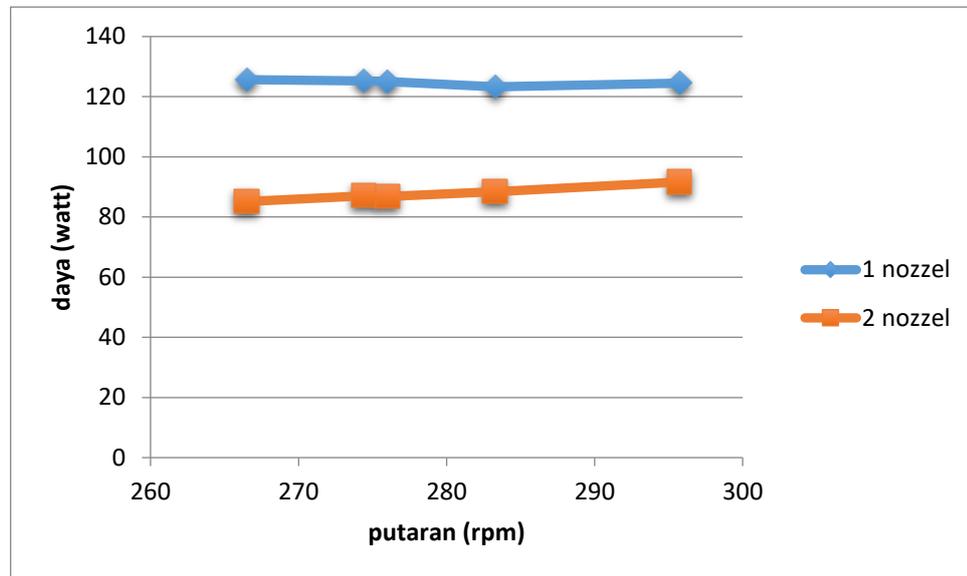
memiliki kecepatan pancaran yang kecil, sehingga ketika menghantam sudu turbin gaya yang diberikan air ke sudu turbin lebih kecil dibandingkan gaya yang diberikan air pada turbin dengan jumlah satu buah nozzel ke sudu turbin. Putaran turbin juga mempengaruhi penambahan berat beban yang terjadi ketika melakukan pengujian seperti yang terlihat pada tabel 4.3 pada pengujian bukaan katup 3/4. Karena torsi berbanding lurus dengan gaya maka jika gaya yang terjadi pada poros turbin kecil maka torsi yang dihasilkan turbin menjadi lebih kecil



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Berat Beban Dan Torsi

Grafik garis berwarna oranye terlihat linier hal ini disebabkan oleh penambahan nilai torsi naik secara teratur seiring bertambahnya berat beban. Untuk grafik berwarna biru dengan jumlah nozzel satu buah grafiknya tidak berbentuk linier sempurna hal ini disebabkan pada berat beban 100 dan 200 gram torsi beban naik dengan selisih yang tipis, dari tabel 4.3 terlihat bahwa hanya naik sebesar 0,12 kg.mm

4.8 Data Perbandingan Jumlah Nozzel Terhadap Putaran Dan Daya Pada Katup Buka $\frac{3}{4}$



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Putaran Dan Daya

Dari Grafik 4.9 menunjukkan turbin dengan jumlah satu buah nozzle memiliki daya yang lebih besar (grafik berwarna biru), sedangkan untuk turbin dengan dua buah nozzle ditunjukkan oleh grafik berwarna oranye..

Grafik 4.3 juga menunjukkan kenaikan daya pada turbin dengan jumlah dua buah nozzle tidak terlalu tinggi berkisar pada rentang 80-100 watt sedangkan untuk turbin dengan satu buah nozzle mencapai kisaran daya yang lebih tinggi yaitu 120-140 watt. Data pada grafik 4.9 diambil dari tabel 4.3 dimana terlihat untuk 1 buah nozzle terjadi penurunan daya dikarenakan kenaikan nilai torsi pada turbin dan turunnya nilai putaran turbin, sehingga grafik biru terlihat lurus namun menurun,

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari data pengujian pada seluruh bukaan katup yaitu bukaan penuh, dan bukaan $\frac{3}{4}$ dapat disimpulkan yaitu

1. Turbin dengan satu buah nozzel memiliki daya yang lebih besar dibandingkan dengan turbin dengan dua buah nozzel untuk semua bukaan katup
2. Torsi turbin untuk satu buah nozzel memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan torsi turbin dengan instalasi dua buah nozzel
3. Efisiensi turbin untuk instalasi satu buah nozzel lebih tinggi dibandingkan dengan instalasi dua buah nozzel
4. Pengujian pengaruh jumlah nozzle terhadap kinerja turbin dengan kapasitas pompa 200 liter/mnt daya pompa 0,75 Kw dan head pompa 12 m instalasi terbaik adalah dengan menggunakan satu buah jumlah nozzle

B. Saran

1. Sebelum melakukan pengujian hendaknya memeriksa kondisi fungsional alat yang hendak di uji
2. Untuk pengujian turbin khususnya pada bagian yang rawan terkena air alangkah baiknya alat-alat elektronik yang mendukung kerja pengujian seperti sensor putar dan mikrokontrol untuk di jauhkan dari air atau

dibuat pelindungnya sebab pembacaan data percobaan dapat error ketika terkena air,

3. kesabaran dalam pengujian sangat dibutuhkan sebab memakan waktu yang lumayan lama

DAFTAR PUSTAKA

Dietzel, Fritz dan Sriyono Dakso, 1981, Turbin Pompa dan Kompresor, Erlangga, Jakarta.

Markus Eisenring, 1991, Micro Pelton Turbine, GATE (German Appropriate Technology Exchange), Eschborn, German

Hadimi dkk, 2006, Rancang Bangun Model Turbin Pelton Minisebagai Mediasimulasi/Praktikum Mata Uliah Konversi Energi, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Vol 9, No 1 , Hal 16-24

Sularso dan Kiyokatsu Suga, 1994, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Pradnya Paramita, Jakarta,

Mubarok, Ahmad Dk, 2017, Pengaruh Berat Bucket Terhadap Putaran Dan Torsi Turbin Pada Turbin Pelton, Seminar Nasional Teknoka, Vol 2, Jakarta, Indonesia, Hal2-8

M. Supardi, 2015, Kajian Eksperimental Pengaruh Variasi Diameter Nozzle Dan Jumlah Sudu Terhadap Daya Dan Efisiensi Pada Prototype Turbin Pelton Di Lab Fluida, Mekanikan Jurnal Teknik Mesin Vol 1, No1 , Hal 63-65

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Kiki Ananda Siahaan
NPM : 1307230133
Tempat/ Tanggal Lahir : Rantau prapat, 23 Desember 1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Jln Padang Bulan No.53
 Kel/Desa : Padang Bulan
 Kecamatan : Rantau Utara
 Kabupaten : Labuhanbatu
 Provinsi : Sumatera Utara
Nomor HP : 0822 6782 0206
Nama Orang Tua
 Ayah : Jisman Siahaan B.A
 Ibu : Ilyum Zahra

PENDIDIKAN FORMAL

2002-2007 : SD Negeri 112134 Rantau Utara
2007-2010 : SMP Negeri 1 Rantau Selatan
2010-2013 : SMA Negeri 1 Rantau Selatan
2013-2018 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara