

**KAPASITAS ALIRAN TERHADAP DAYA
TURBIN AIR**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Melengkapi Dan Memenuhi Syarat-Syarat
Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik (S.T) Pada
Fakultas Teknik Mesin**

**OLEH:
IRVAN KURNIADY
NPM.118130050**



**FAKULTAS TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2016**

KAPASITAS ALIRAN TERHADAP DAYA TURBIN AIR

SKRIPSI

OLEH:

IRVAN KURNIADY

11.813.0050

Skripsi sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan

Gelar Sarjana teknik di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

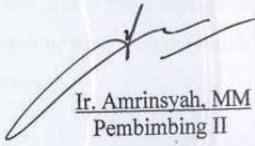
MEDAN

2016

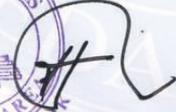
Judul Skripsi : Kapasitas Aliran Terhadap Daya Turbin Air
Nama : Irvan Kurniady
NPM : 11.813.0050

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing

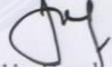

Ir. H. Amirsyam Nasution, MT
Pembimbing I


Ir. Amrinsyah, MM
Pembimbing II

Mengetahui



Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng.Sc.
Dekan Fakultas Teknik


Bobby Umroh, ST, MT
Ketua Program Studi

KAPASITAS ALIRAN TERHADAP DAYA TURBIN

Irvan Kurniady

Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Medan Area

irvankurniadyedc@gmail.com

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate/Jalan PBSI Nomor 1 (061) 7366878, 7360168,
7364348, 7366781, Fax.(061) 7366998 Medan 20223

Kampus II : Jalan Setiabudi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A, (061) 8225602, Fax. (061)
8226331 Medan 20122

Website: www.uma.ac.id E-mail: univ_medanarea@uma.ac.id

ABSTRAK

Kapasitas aliran Terhadap Prestasi Turbin Air

Sumber energi yang dapat diperbaharukan di Indonesia menurut sumber asean energy salah satunya adalah mikrohidro yang memanfaatkan air sebagai sumber energi dari suatu turbin. Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nozel. Air keluar nozel yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impulse) sehingga roda turbin akan berputar. Turbin Pelton merupakan turbin impuls yang terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nozel. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien dan sesuai digunakan untuk head tinggi dan debit aliran yang kecil. Turbin Pelton mempunyai beberapa keuntungan antara lain efisisensi turbin yang relatif stabil pada berbagai perubahan debit aliran. Tujuan penulisan artikel ilmiah ini adalah untuk mengetahui dan memberikan wawasan tentang model sudu dan nozel pada Turbin Pelton sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM). Model sudu dan nozel yang bervariasi akan memberi impuls yang baik untuk menghasilkan putaran turbin. Karakteristik model sudu turbin pada variasi jarak nozel dapat menghasilkan efisiensi yang tinggi.

Kata kunci :Pengaruh kapasitas aliran, Daya turbin air pelton

ABSTRACT

Flow Capacity Against Water Turbine Performance

Renewable energy sources in Indonesia according to the sources of energy asia one of them is a micro hydro that uses water as a source of energy from a turbine. The water potential energy is converted to kinetic energy in the nozzle. Water out of a nozzle that has a high speed hit the turbine blade. After striking the blade the flow velocity changes so that there is a change of momentum (impulse) so that the turbine wheel will rotate. The Pelton turbine is an impulse turbine consisting of a set of road blades that are rotated by a sprayed water jet from one or more devices called nozzles. The Pelton turbine is one of the most efficient and suitable types of water turbines used for high head and small flow debits. Pelton turbines have several advantages such as the relatively stable efficiency of turbines in various flow-flow changes. The purpose of writing this scientific article is to know and provide insight on the model of blades and nozzles on Pelton Turbine as Microhydro Power Plant (PLTM). Various blade and nozzle models will provide a good impulse to produce turbine spins. Characteristics of the turbine blade model on the nozzle range variation can result in high efficiency.

Keywords: Effect of flow capacity, Power of pelton water turbine

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, Sang pencipta langit dan bumi serta segala isinya yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta kasih sayang-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Tak lupa pula shalawat dan salam penulis panjatkan kepada Rasulullah Muhammad SAW yang telah diutus ke bumi sebagai lentara bagi hati manusia, Nabi yang telah membawa manusia dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan pengetahuan yang luar biasa seperti saat ini.

Skripsi yang berjudul **“KAPASITAS ALIRAN TERHADAP DAYA TURBIN AIR”** disusun sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.

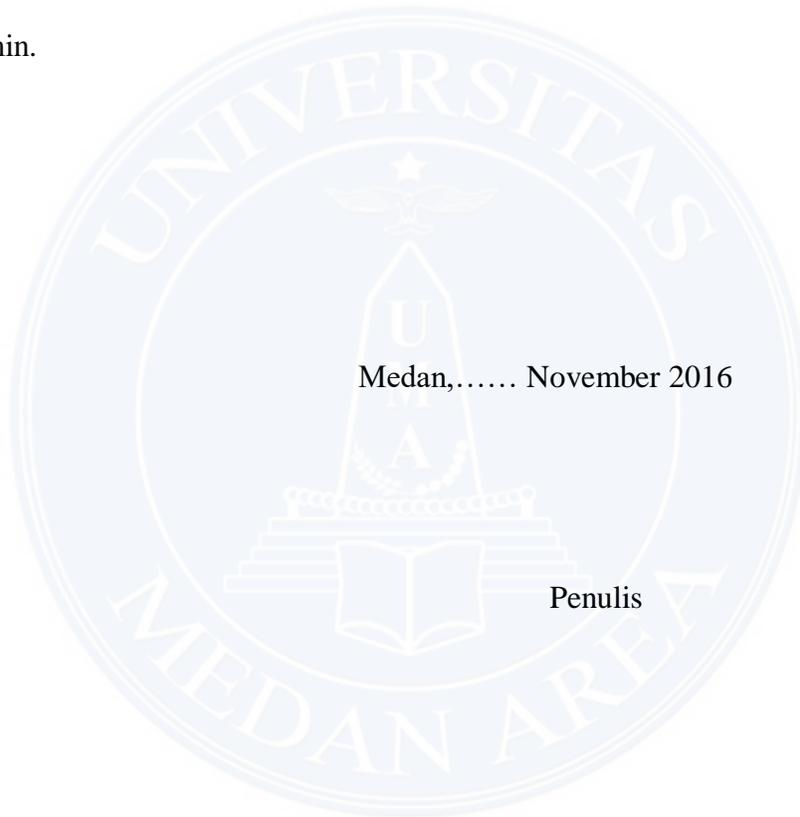
Selama proses penulisan skripsi ini, penulis mengalami beberapa hambatan maupun kesulitan yang terkadang membuat penulis berada di titik terlemah dirinya. Namun adanya doa, restu, dan dorongan dari orang tua yang tak pernah putus menjadikan penulis bersemangat untuk melanjutkan penulisan skripsi ini. Untuk itu dengan segala bakti penulis memberikan penghargaan setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada mereka. Selanjutnya dengan segala kerendahan hati penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah dan Ibu yang selalu mendukung dan memberikan semangat, dan juga bantuan moril dan materi, serta doa restu setiap langkah kepada penulis selaku anaknya dan sampai sekarang masih diberikan fasilitas dalam hal pendidikan yang sangat bermanfaat bagi penulis untuk menjadi Manusia yang berguna bagi Nusa dan Bangsa.

2. Kakak dan abang yang selalu mendukung dan memberikan semangat, dan juga memberikan bantuan moril dan materi, serta doa setiap langkah kepada penulis selaku adiknya.
3. Bapak Bobby Umroh, ST.MT selaku ketua Program Studi Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah memberikan semangat, dukungan, nasehat, bantuan moril dan materi yang begitu besar bagi anak didiknya, dengan jasa beliau sehingga selesainya penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik, di Universitas Medan Area.
5. Bapak Ir. H. Amirsyam, Nst. MT. selaku pembimbing I dan Bapak Ir. Amrinsyah, MT selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam memberikan petunjuk dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh Bapak/Ibu dosen, dan pegawai Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang telah mencurahkan waktu dan membekali ilmu kepada penulis selama di bangku perkuliahan.
7. Abangda Adi, selaku instruktur perancangan dan sebagai pemberi nasihat dalam bidang pembuatan turbin air ini, jasanya yang telah banyak memberikan kontribusi dalam segi keahliannya, ilmunya, tenaganya, dan serta ikut membantu dalam perakitan Alat Peraga Turbin Air.
8. Seluruh teman-teman seperjuangan dan sepenanggungan Transistor '11 yang selalu menyemangati dan memberikan bantuan serta seluruh kenangan-kenangan terindah selama berada di bangku perkuliahan.

9. Serta semua pihak yang tak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Akhirnya penulis menyadari bahwa tak ada gading yang tak retak, begitu juga dengan skripsi ini yang tak luput dari kekurangan. Sehingga dibutuhkan saran dan kritik yang membangun untuk menciptakan karya yang lebih baik lagi dimasa yang akan datang. Semoga Allah SWT menilai ibadah yang penulis kerjakan dan senantiasa membimbing kita ke jalan yang diridhoi-Nya.Amin.



Medan,..... November 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
RIWAYAT HIDUP.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 ALASAN PEMILIHAN JUDUL.....	1
1.3 PENEGASAN JUDUL.....	2
1.4 PERUMUSAN MASALAH.....	2
1.5 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	3
1.6 BATASAN MASALAH.....	3
1.7 METODE PELAKSANAAN.....	3
1.8 SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 PENGERTIAN DASAR TURBIN AIR.....	5
2.2 JENIS - JENIS TURBIN AIR.....	7
2.3 KONSTRUKSI TURBIN AIR.....	8
BAB III METODEOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 WAKTU DAN TEMPAT PENGUJIAN.....	23
3.2 DATA YANG DI PERLUKAN.....	23
3.3 PELAKSANAAN PENGUJIAN.....	24
3.4 PERANCANGAN TURBIN PELTON.....	24
3.5 PERAKITAN POROS DAN SUDU TURBIN PELTON.....	30
3.6 KOMPONEN PENDUKUNG TURBIN PELTON.....	31
3.7 SUDUT NOZZLE TERHADAP SUDU TURBIN PELTON.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
BAB V KESIMPULAN.....	44
DAFTAR PUSTAKA.....	46

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 4.1. Pengambilan Data	37
Tabel 4.2. Perhitungan Kecepatan Aliran Fluida	40
Tabel 4.3. Perhitungan Laju Aliran Massa Fluida	41
Tabel 4.4. Hasil Penelitian	43



DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 . Perbandingan Karakteristik Turbin.....	6
Gambar 2.2. Konstruksi Dari Turbin Aliran Ossberger.....	9
Gambar 2.3. Aliran Masuk Turbin Ossberger	9
Gambar 2.4.Posisi Penyemburan Vertikal.....	10
Gambar 2.5.Posisi Penyemburan Horizontal.....	11
Gambar 2.6.Posisi Peyemburan Miring.....	11
Gambar 2.7.Luasan Pemasukan Aliran Turbin Aliran Silang.....	17
Gambar 2.8. Konstruksi Geometri Sudu.....	17
Gambar 2.9.Segitiga Kecepatan Dan Rumus Turbin Aliran Silang	19
Gambar 2.10. Alur Pancaran Dalam Runner.....	20
Gambar 3.1. Design Turbin Pelton.....	24
Gambar 3.2. Diagram Alir Perancangan.....	25
Gambar 3.3. Sudu Turbin Pelton.....	26
Gambar 3.4. Design Poros Turbin Pelton.....	27
Gambar 3.5. Design Dudukan Sudu Turbin.....	27
Gambar 3.6.Box Turbin Pelton.....	28
Gambar 3.7. Bearing.....	28
Gambar 3.8. Nozzle.....	29
Gambar 3.9.Poros Dan Sudu Turbin Pelton.....	30
Gambar 3.10. Pompa Sentrifugal	31
Gambar 3.11. Bak Penampung Air.....	31
Gambar 3.12.Pipa Pengalir.....	32
Gambar 3.13. Katup Pengatur Tekanan.....	32
Gambar 3.14. Selang.....	33
Gambar 3.15. Lampu.....	33

Gambar 3.16. Alternator.....34
Gambar 3.17. Kontruksi Lengkap Turbin Pelton.....34
Gambar 3.18.Jarak Nozzle Terhadap Sudu Turbin35
Gambar 4.1.Diagram Alir Proses Pengujian Dan Analisa36



DAFTAR NOTASI

SIMBOL	ARTI	SATUAN
m	Massa	kg
g	Kecepatan gravitasi bumi	9,81 m/s
z	Selisih ketinggian	m
P	Tekanan absolut	N/m ²
V	Kecepatan	m/s
Hl	Head loses pada pipa	m
Heff	Head efektif	m
Q	Debit aliran	m ³ /s
V	Kecepatan aliran	m/s
A	Luas penampang pipa	m ²
n	Kecepatan turbin	rpm
P	Daya Turbin	kW
Ns	Putaran spesifik	rpm
H	Tinggi air jatuh	m
d	Diameter pancaran air nosel	m
U	Kecepatan tangensial	m/s

b	Lebar sudu	m
h	Tinggi sudu	m
t	Kedalaman sudu	m
P_{air}	Daya air	watt
P_T	Daya turbin	watt
F	Beban	N
l	Panjang lengan dinamo meter	m
ω	Kecepatan sudut	rad/s
C	Koefisien kerugian pipa	-
h_f	Head losses mayor	m
h_m	Head losses minor	m
T	Torsi	Nm
P_s	daya yang dihasilkan sudu	watt
ρ	Massa jenis air	Kg/m ³
A_1	Luasan penampang masuk	m ²
A_2	Luasan penampang keluar	m ²
v_1	Kecepatan aliran masuk	m/s
v_2	Kecepatan aliran keluar	m/s
D_1	Diameter penampang masuk	m
D_2	Diameter penampang keluar	m
Q	Debit air atau laju aliran	m ³ /detik

H	Tinggi tekanan atau head bersih	m
V	Tegangan	volt
I	Arus	ampere



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sampai saat ini tenaga air telah dimanfaatkan untuk beberapa keperluan misalnya untuk menaikkan air dengan menggunakan kincir yang diberi mangkok pada suatu sungai, untuk keperluan irigasi, penggilingan padi, rekreasi dan navigasi. Tenaga air merupakan energi terbarukan dengan adanya siklus hidrologi maka kebutuhan tenaga listrik dapat tercukupi, misalnya dengan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Pengembangan sumber daya air dalam skala kecil yang lebih dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) telah lama dikembangkan oleh masyarakat Indonesia sebagai sumber energi, tapi sampai saat ini pengguna Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) masih sangat sedikit.

Salah satu peralatan pokok dalam suatu pembangkit tenaga listrik dan bisa dibuat adalah turbin air. turbin air berfungsi mengubah energi potensial berupa energi kecepatan oleh nosel menjadi energi mekanik berupa putaran pada poros turbin dan untuk mendapatkan energi listrik maka poros turbin dikopel dengan generator.

1.2 Perumusan Masalah

Turbin adalah mesin penggerak tempat energi fluida digunakan langsung untuk memutar roda turbin. Turbin air adalah turbin dengan air sebagai fluida kerja. Air mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Energi potensial air berangsur – angsur berubah menjadi energi kinetik dalam proses aliran di dalam pipa. Di dalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis.

Dalam Tugas Akhir ini akan dibuat Turbin air dengan beberapa variasi aliran hingga dapat di ketahui daya yang di hasilkan turbin di setiap kapasitas aliran.

1.3 Tujuan dan manfaat penelitian

Tujuan penganalisaan ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk memenuhi persyaratan dalam rangka menyelesaikan studi S1 teknik mesin universitas medan area.
2. Mengetahui perbedaan kapasitas aliran fluida (air) terhadap daya turbin air.

1.4 Alasan Pemilihan Judul

Dengan melihat latar belakang kurangnya pengetahuan tentang kapasitas aliran terhadap daya turbin, kami membuat simulasi turbin air tenaga mikro hidro sehingga dapat menjelaskan:

1. Pengaruh variasi kapasitas aliran terhadap daya yang dihasilkan.
2. Pengaruh perubahan debit terhadap daya yang dihasilkan.
3. Perbandingan daya keluaran dan efisiensi yang bisa didapat.
4. Aplikasi sistem PLTMh yang menggunakan turbin pelton

Dengan melihat beberapa alasan tersebut maka penulis mengambil judul :

“ KAPASITAS ALIRAN TERHADAP DAYA TURBIN AIR” .

1.3 Penegasan Judul

Penjelasan tugas akhir ini agar dapat dimengerti maka dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Rancang bangun, adalah kegiatan pembuatan suatu alat berdasarkan rancangan yang sudah ada.
2. Turbin, adalah mesin atau motor yang roda penggerakannya berporos dengan sudu yang putarannya digerakkan oleh air, uap, atau udara untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanik.
3. Memanfaatkan konstruksi kipas pendingin mesin motor matik sebagai sudu,
4. Sudu, adalah salah satu alat yang berbentuk yang bisa dibuat yang dipasang pada piringan untuk menerima tumbukan air yang keluar dari nosel.

Jadi, “KAPASITAS ALIRAN TERHADAP DAYA TURBIN” adalah suatu kegiatan membandingkan kapasitas aliran fluida (air) terhadap daya yang dihasilkan turbin air yang dilakukan dengan membandingkan beberapa kapasitas aliran.

1.6 batasan masalah

Batasan Masalah Pada penelitian ini yang menjadi batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area.
2. Unjuk kerja yang dianalisa adalah kapasitas aliran dalam pipa, daya poros, daya pompa dan daya turbin.
3. Menghitung daya yang di hasilkan turbin dari perbandingan variasi kapasitas aliran fluida (air) di dalam pipa.

1.7 Metode pelaksanaan

Metode penelitian ini digunakan untuk mengetahui perbandingan antara daya turbin dalam berbagai kapasitas aliran.

Metode Pelaksanaan Program.

Dalam pelaksanaan program langkah langkah yang harus kita lakukan adalah :

a. Pembuatan gambar kerja

Disini di proses perancangan dimulai dengan membuat sketsa gambar dengan jelas dan teliti agar tidak ada perbedaan dengan apa yang kita ingin dalam proses pembuatannya nanti.

b. Persiapan Alat dan Bahan

Proses ini dimulai setelah selesainya model rancangan detail. Alat-alat dan bahan yang diperlukan disiapkan secara keseluruhan, sehingga proses pembuatan terlaksana secara sempurna.

c. Pembuatan Alat

Persiapan yang telah direncanakan dilaksanakan sesuai model rancangan yang dibuat, kemudian membuat rangka alat pengujian, merakit semua bagian lalu diuji kinerja. Bila dalam proses ini ada suatu kesalahan atau kekurangan pada alat, maka akan dilakukan perbaikan sampai alat ini dapat berfungsi dengan baik. Kemudian langkah terakhir adalah penyempurnaan alat.

d. Pengujian Alat

Pengujian alat dilaksanakan pada waktu dan tempat laboratorium UMA.

1.8 Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh penjelasan tentang isi dari tugas akhir ini maka akan dikemukakan sistematika penulisan yang di mulai dengan pendahuluan yang berisi tentang latar belakang permasalahan, pembatasan masalah, tujuan penulisan Tugas Akhir, metodologi penyusunan dan sistematika penyusunan. Kemudian tinjauan pustaka yang berisi tentang pendekatan teoritis baik yang bersumber dari acuan pustaka maupun analisis penulis sendiri, dan disertai pertimbangan pemilihan bahan. Selanjutnya perencanaan, pembuatan dan perakitan yang berisi tentang perhitungan, proses awal pembuatan yang kemudian dilanjutkan pada proses perakitan alat, sampai pada perawatannya. Kemudian dilanjutkan dengan metode penelitian yang berisi tentang tempat, metode dan tujuan pengujian, alat bantu uji, prosedur pengujian. Setelah itu di lanjutkan dengan hasil penelitian dan pembahasan yang berisi tentang perhitungan yang berkaitan dengan objek setelah melaksanakan pengujian. Kemudian di akhiri dengan penutup yang berisi kesimpulan dan saran

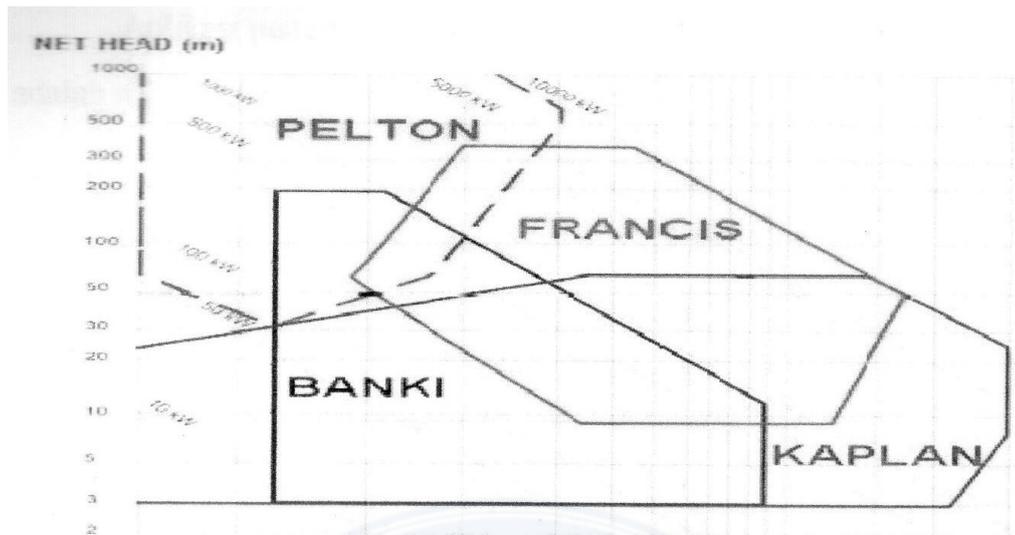


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Dasar Tentang Turbin Air

Turbin berfungsi rnengubah energi potensial fluida menjadi energi mekanik yang kemudian diubah lagi menjadi energi listrik pada generator. Komponen -komponen turbin yang penting adalah sebagai berikut:

1. Sudu pengarah
Biasanya dapat diatur untuk mengontrol kapasitas aliran yang masuk turbin
2. Roda jalan atau *runner* turbin
Pada bagian ini terjadi peralihan energi potensial fluida menjadi energi mekanik.
3. Poros turbin
Pada poros turbin terdapat *runner* dan ditumpu dengan bantalan radial dan bantalan axial.
4. Rumah turbin
Biasanya berbentuk keong atau spiral, berfungsi untuk mengarahkan aliran masuk sudu pengarah
5. Pipa hisap
Mengalirkan air yang keluar turbin ke saluran luar.
Adapun perbandingan karakteristik turbin dapat kita lihat pada grafik net *head* (m) VS flow (m³/s) di bawah ini.



Grafik 2.1. Perbandingan karakteristik Turbin

Dapat dilihat pada grafik 2.1 turbin kaplan adalah turbin yang beroperasi pada *head* yang rendah dengan kapasitas aliran yang tinggi atau bahkan beroperasi pada kapasitas yang sangat rendah. Hal ini karena sudu-sudu turbin kaplan dapat diatur secara manual atau otomatis untuk merespon perubahan kapasitas.

Berkebalikan dengan turbin kaplan, turbin pelton adalah turbin yang beroperasi pada *head* tinggi dengan kapasitas yang rendah. Untuk turbin francis mempunyai karakteristik yang berbeda dengan yang lainnya yaitu turbin francis dapat beroperasi pada *head* yang rendah atau beroperasi pada *head* yang tinggi.

Pemilihan turbin kebanyakan didasarkan pada *head* air yang didapatkan dan kurang lebih pada rata-rata alirannya. Umumnya, turbin impuls digunakan untuk tempat dengan *head* tinggi, dan turbin reaksi digunakan untuk tempat dengan *head* rendah. Turbin Kaplan baik digunakan untuk semua jenis debit dan *head*, efisiennya baik dalam segala kondisi aliran.

Aplikasi penggunaan turbin berdasarkan tinggi *head* yang didapatkan adalah sebagai berikut :

- 1) Turbin Kaplan : $2 < H < 100$ meter
- 2) Turbin Francis : $5 < H < 500$ meter
- 3) Turbin Pelton : $H > 30$ meter
- 4) Turbin Banki : $2 < H < 200$ meter

2.2. Jenis-jenis Turbin Air

Turbin air dapat dikelompokkan menjadi 2 tipe yaitu :

a) Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang memanfaatkan energi potensial untuk menghasilkan energi gerak. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga *runner* (bagian turbin yang berputar) dapat diputar. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi. *Runner* turbin reaksi sepenuhnya tercelup dalam air dan berada dalam rumah turbin.

b) Turbin Impuls

Turbin Impuls adalah Turbin yang memanfaatkan energi potensial air diubah menjadi energi kinetik dengan nozel. Air keluar nozel mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impulse). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin impuls memiliki tekana sama karena aliran air yang keluar dari nozel tekanannya sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Energi potensial yang masuk ke nozel akan berubah menjadi energi kecepatan (kinetik).

Adapun contoh-contoh turbin reaksi dan turbin impuls yaitu :

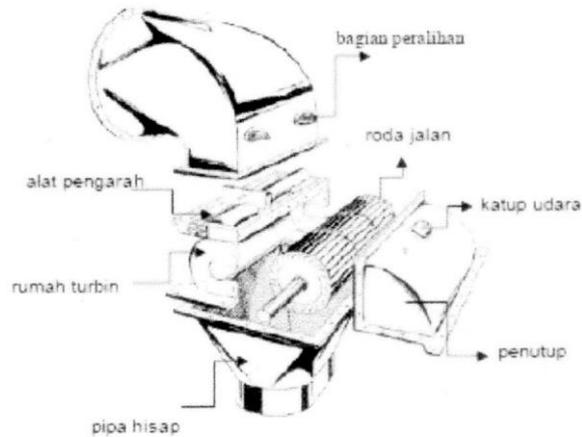
- a) Turbin reaksi.
 - Francis
 - Kaplan Straflo
 - Tyson
 - Kincir air
- b) Turbin Impuls
 - Pelton
 - Turgo
 - Michell-banki (juga dikenal sebagai turbin *crossflow* atau ossberger)

2.3. Konstruksi Turbin Air

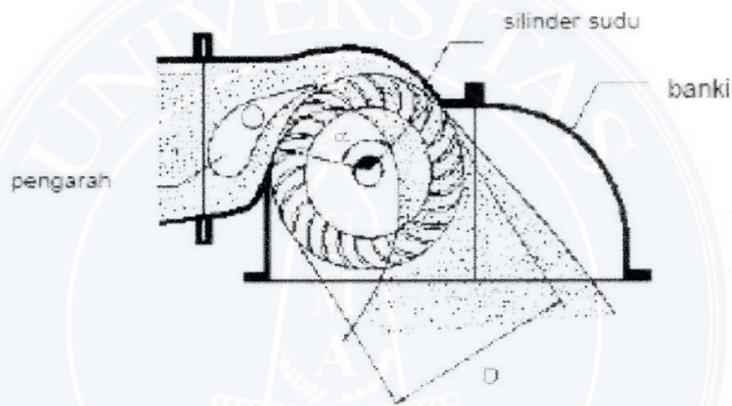
Pada turbin impuls pelon beroperasi pada *head* relatif tinggi, sehingga pada *head* yang rendah operasinya kurang efektif atau efesiennya rendah. Karena alasan tersebut, turbin pelton jarang dipakai secara luas untuk pembangkit listrik skala kecil. Sebagai alternatif turbin jenis impuls yang dapat beroperasi pada *head* rendah adalah turbin impuls aliran *ossberger* atau turbin *crossflow*. Pada gambar 2.1 adalah turbin *crossflow*, konstruksi turbin ini terdiri dari komponen utama yaitu :

1. Rumah turbin
2. Alat pengarah
3. Roda jalan
4. Penutup
5. Katup udara
6. Pipa hisap
7. Bagian peralihan

Aliran air dilewatkan melalui sudu-sudu jalan yang berbentuk silinder, kemudian aliran air dari dalam silinder ke luar melalui sudu-sudu. Jadi perubahan energi aliran air menjadi energi mekanik putar terjadi dua kali yaitu pada waktu air masuk silinder dan air keluar silinder. Energi yang diperoleh dari tahap kedua adalah 20% nya dari tahap pertama.



Gambar 2.1. Konstruksi dari turbin aliran ossberger



Gambar 2.2. Aliran masuk turbin ossberger

Teori rancang bangun ini dimulai dari mencari hubungan antara luas penampang pipa dengan *head* dan debit air dengan persamaan :

$$A = \frac{0,23 \times Q}{\sqrt{H}} \text{ (m}^2\text{)(2,1)}$$

Dimana : A = Luas penampang pipa pancar (semburan) (m²),

Q = debit air atau laju aliran (m³/detik),

H = Tinggi tekanan atau *head* bersih (m)

2.3.1. Konstruksi Turbin Air Aliran Silang Berdasarkan Posisi Penyemburan

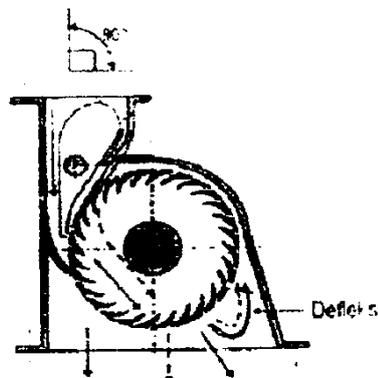
Telah diuraikan bahwa energi potensial air telah dirubah melalui penyembur menjadi energi kinetik pada sudu atau tenaga putar roda jalan. Daya keluaran ini sangat dipengaruhi oleh komponen-komponen kecepatan memasuki sudu-sudu, juga telah dinyatakan $c_1 = 2(u_1/\cos\alpha)$ untuk $\alpha_1 = 12^\circ$ harga ini tidak jauh berubah $c_1 = 2,07 u_1$ hal ini berarti saat berikutnya c_1 kembali memasuki sudu yang lain berlawanan arah, keluar dari sisi masuk kali ini sebagai w_1 .

Di satu sisi keadaan ini menguntungkan yaitu dapat memanfaatkan secara maksimal energi air. Disisi lain akan merugikan karena kecepatan c_1 menimbulkan arus putar balik (tahanan) yang seharusnya menuju pipa lepas. Kajian ini untuk menetapkan posisi terbaik dari penyembur terhadap sumbu poros.

Posisi penyemburan terhadap sumbu roda jalan dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu :

1) Posisi Vertikal

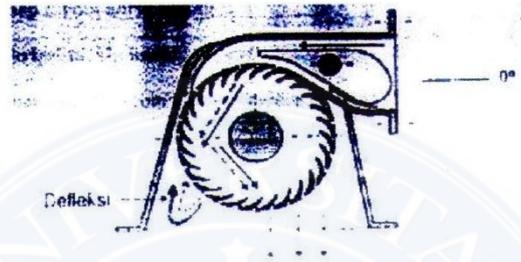
Sisi masuk vertika membentuk sudut 90° dengan lantai. Dilukiskan kecepatan aliran keluar roda jalan sebagai keadaan penuh pada keadaan normal dan garis terputus-putus untuk kecepatan lebih. Kedua garis ini membentuk arus pusar pada posisi tengah ($1/2$) belahan roda jalan ($u_1 = 1/2 c_1$). Arus pusar ini merupakan tahanan geser antara lapisan tangensial dan sebagian lainnya menumbuk dinding setelah terbuan ke pipa lepas.



Gambar 2.3. Posisi Penyemburan Vertical

2) Posisi Horizontal

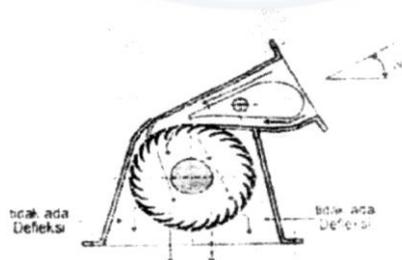
Dari segi pengaruh komponen kecepatan dari roda jalan meskipun persis berada diatas pipa lepas masih terjadi arus pusar pada dinding belakang. Pada kecepatan arus normal terjadi pula arus perlawanan dari sisi depan poros dengan meniadakan letak pipa. Di lapangan sisi masuk tertentu lebih banyak digunakan.



Gambar 2.4. Posisi Penyemburan Horizontal

3) Posisi miring

Berdasarkan kedua kasus diatas diantara sudut miring antara 0° - 90° lukisan lapis kecepatan pada sisi masuk normal maupun pada kecepatan lebih, kedudukan terbaik adalah membentuk 30° . Pada sisi ini komponen kecepatan c_1 berubah menjadi w_1 dan w_2 . Pusaran liar tetap ada, tetapi kedudukan lapis telah menjauhi roda turbin atau jatuh ke pipa lepas dengan tambahan gaya berat sendiri. Lebih besar dari 30° kecenderungan terjadinya arus pusar diantara roda jalan dan dinding mulai terlihat.



Gambar 2.5. Posisi Penyemburan miring

2.3.2. Defenisi dan Rumusan Dasar

1. Tinggi jatuh air (*Head*)

Menurut persamaan Bernoulli maka persamaan tinggi jatuh air sebagai berikut :

- a) Komponen energi potensial, sebesar

$$E_z = W.z \dots\dots\dots (2,2)$$

Dimana :

$$W = \text{Berat fluida (N)}$$

$$z = \text{Jarak tegak / Head diatas suatu elevasi acuan (m)}$$

- b) Komponen energi tekanan

$$E_p = W.P / Y \dots\dots\dots (2,3)$$

Dimana :

$$P = \text{tekanan air (N/m}^2\text{)}$$

$$Y = \text{berat jenis fluida (N/m}^3\text{)}$$

- c) Komponen energi kecepatan

$$E_k = W.c^2/2.g \text{ c = kecepatan fluida} \dots\dots\dots (2,4)$$

Dari persamaan diatas maka Energi totalnya adalah :

$$E = E_z + E_p + E_k \dots\dots\dots (2,5)$$

Apabila ruas kanan dan kiri dibagi dengan mg , maka persamaan diatas menjadi persamaan tinggi jatuh *head*.

$$H = z + \frac{p}{p.g} + \frac{c^2}{2g} = \text{konstan} \dots\dots\dots (2,6)$$

Dimana :

$$H = \text{Tinggi jatuh air atau head total (m)}$$

$$Z = \text{Tinggi tempat atau head potensial (m)}$$

$$\frac{p}{p.g} = \text{tinggi tekan atau head tekan (m)}$$

$$\frac{c^2}{2g} = \text{tinggi kecepatan atau } head \text{ kecepatan (m)}$$

2. Daya Yang dihasilkan Turbin P

Dari kapasitas air V dan tinggi air jatuh H dapat diperoleh Daya air

$$P_n = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \dots \dots \dots (2,7)$$

Dimana :

- P_a = Daya air (kW)
- Q = Kapasitas air (m³/detik)
- ρ = kerapatan air (kg/m³)
- g = gaya gravitasi (m/detik²)
- H = tinggi air jatuh (m)

Dan efisiensi turbin :

$$\eta_\tau = P_t / P_a \dots \dots \dots (2,8)$$

Maka daya turbin yang diperoleh :

$$P_t = P_a \eta_\tau$$

$$P_t = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot \eta_\tau \dots \dots \dots (2,9)$$

Dimana :

- P_t = Daya Turbin (kW)
- η_τ = efisiensi turbin

Secara sederhana dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi jatuh air, dengan kapasitas aliran sama, akan mempunyai energi potensial yang lebih besar dibandingkan dengan tinggi jatuh air yang lebih rendah. Logika tersebut juga berlaku sebaliknya, yaitu untuk tinggi jatuh air yang sama, energi potensial yang dimiliki akan lebih besar apabila kapasitas aliran air juga besar.

3. Penentuan Luas Penampang Saluran (H)

Diameter pipa dan luas penampang lintang saluran dalam turbin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan kontinuitas. Yang dimaksud dengan luas penampang lintang saluran adalah suatu luasan permukaan irisan saluran yang dibuat tegak lurus dengan arah aliran cairan.

$$Q = A \cdot C_n \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :
 Q = Kapasitas air yang mengalir (m³/detik)
 A = Luas penampang pipa yang dipakai (m²)
 C_n = Kecepatan aliran air (m/detik)

Kecepatan aliran air akan besar pada penampang yang semakin kecil, pada kapasitas aliran yang sama. Adapun kecepatan pancaran air yang keluar dari nosel (turbin pelton) adalah $c = \sqrt{2gH}$

4. Diameter dan Lebar *Runner*

Diameter luar *runner* dihitung dengan memakai rumus sebagai berikut :

$$u_1 = \frac{\pi D_1 n}{60}$$

Maka :

$$D_1 = \frac{60 \cdot u_1}{\pi n} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

D₁ = diameter luar *runner* (m)
 n = putaran turbin (rpm)
 u₁ = kecepatan *runner* (m/s)

Luas pemasukan aliran adalah hasil kali lebar *runner*, b₀, dengan panjang busur pemasukan, L. Gambar 2.6.

$$A = b_0 \cdot L \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana :

A = Luas penampang pipa pancar (m²)
 b₀ = Lebar pipa pancar (m)
 L = panjang busur pemasukan (m)

L ditentukan oleh busur pemasukan, φ (°), dan diameter *runner*, D₁ = 2.R₁.

$$L = \frac{2 \cdot R_1 \cdot \pi \cdot \varphi^{\circ}}{360^{\circ}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan tinggi terjun tertentu, luas pemasukan tergantung kepada kebutuhan debit aliran.

$$Q = A.v \dots\dots\dots (2,14)$$

Dimana :

- Q = Debit air atau laju aliran (m³/detik)
- A = Luas penampang pipa diameter (m²)
- v = Kecepatan aliran (m/detik), tegak lurus terhadap luasan pemasukan.

Komponen kecepatan yang berarah tegak lurus terhadap luasan pemasukan adalah komponen mutlak di arah bujur, C_m. sehingga dengan demikian maka :

$$Q = A. c_m \dots\dots\dots (2,15)$$

Komponen kecepatan di arah bujur dapat dinyatakan sebagai :

$$C_m = c. \sin \alpha \dots\dots\dots (2,16)$$

Dimana :

- Q = debit air atau laju aliran air (m³/detik)
- A = Luas panampang pipa pancar (m²)
- C_m = Komponen kecepatan mutlak di arah bujur
- c = kecepatan mutlak
- α = Sudut kecepatan mutlak

Bila kecepatan pancar bebas, dengan mengabaikan kerugian tinggi terjun akibat gesekan aliran, menggantikan kecepatan mutlak, maka :

$$c = c_v \sqrt{2.g.H} \dots\dots\dots (2,17)$$

Dimana :

- c = kecepatan mutlak
- c_v = Koefisien kecepatan nosel = 0,70
- g = Percepatan gravitasi (m/detik)
- H = *Head* air (m)

Menggunakan hubungan tersebut diatas, debit air masuk turbin dapat dinyatakan dengan :

$$Q = A. C_m$$

$$Q = b_0 . L. c_m$$

$$Q = \frac{b . 2R . \pi . \varphi^0 . c_m}{360^0}$$

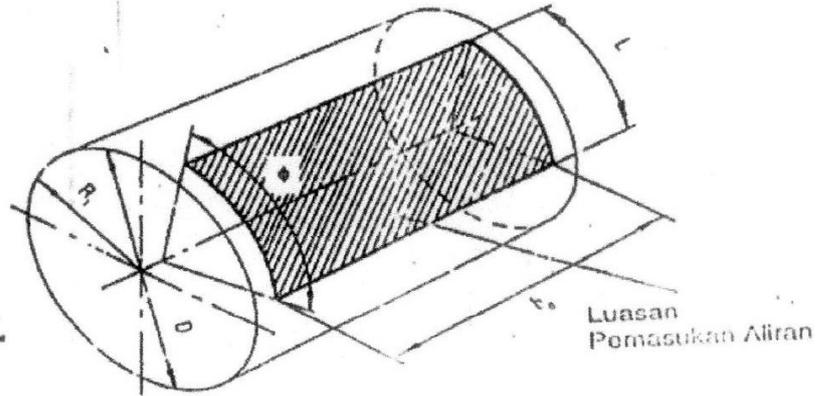
$$Q = \frac{b . 2R . \pi . \varphi^0 . c . \sin \alpha}{360^0}$$

$$Q = \frac{b . 2R_1 . \pi . \varphi^0 . \sqrt{2.g.H.a}}{360^0}, \dots \dots \dots (2,18)$$

Persamaan diatas ini memuat semua besaran yang berpengaruh terhadap debit aliran masuk turbin, yaitu :

- b_0 = Lebar pemasukan
- R_1 = Jari-jari lingkaran luar *runner*
- Φ = Sudut busur pemasukan
- H = tinggi terjun netto
- A = Sudut kecepatan mutlak di sisi masuk *runner*

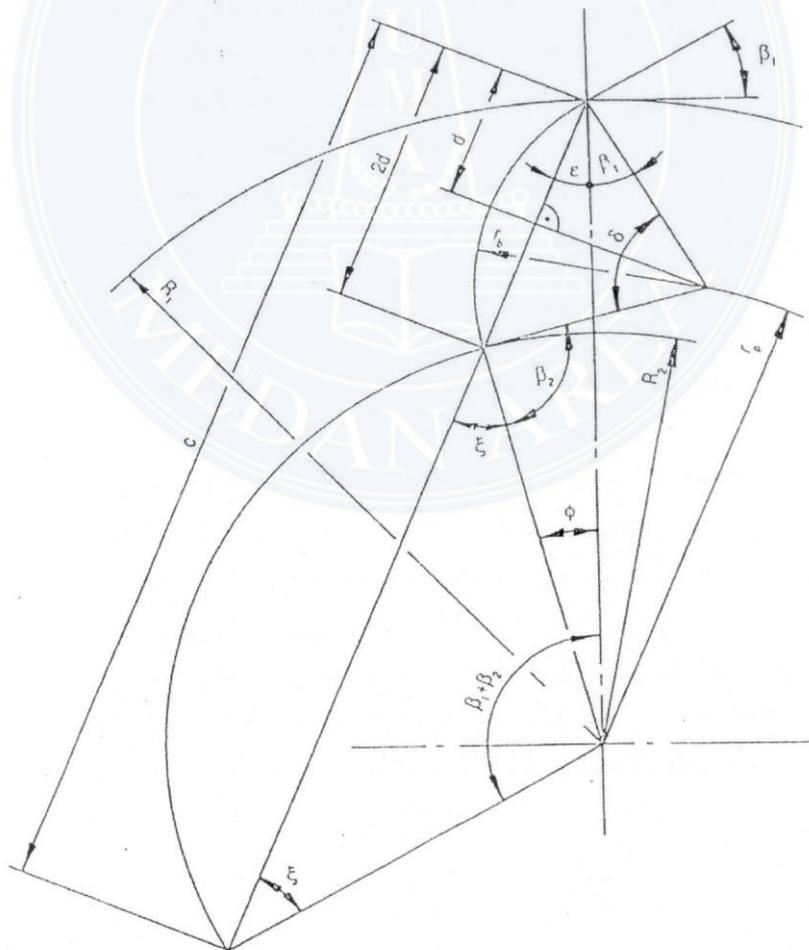
Juga menjadi bahwa baik lebar pemasukan maupun jari-jari raner berpengaruh secara linear terhadap besar debit aliran. Dengan kata lain, suatu turbin dengan lebar pemasukan, $b_0 = 300$ mm dan diameter raner, $D = 400$ mm, mempunyai debit yang sama besar dengan turbin berdiameter, $D = 300$ mm dengan lebar pemasukan $b_0 = 400$ mm. ini menyebabkan kedua turbin bekerja dengan tinggi terjun dan busur pemasukan bersih yang sama. Walaupun kecepatan keliling kedua turbin sama, akan tetapi karena berbeda diameter maka kecepatan masing-masing sama.



Gambar 2.6. Luasan Pemasukan Aliran Turbin Aliran Silang.

2.3.3. Geometri Sudu

Untuk menyatakan hubungan geometri antara besaran-besaran R_1 , R_2 , β_1 , β_2 , r_b , r_p dan δ diperlukan adanya para meter seperti tampak pada Gb. Yaitu ε , ζ , ϕ , c dan d.



Gambar 2.7. Konstruksi Geometri Sudu

Gambar tersebut juga memberikan penyelesaian grafis atas persoalan; sudut $(\beta_1 + \beta_2)$ yang digambarkan dari pusat *runner* sedemikian hingga satu sisi pengepitnya memotong jari-jari R_1 sedang sisi lainnya memotong R_2 . Garis penghubung kedua titik potong tadi mempunyai panjang c . garis ini memotong lingkaran berjari-jari R_2 sepanjang $2d$ dari titik potongnya dengan lingkaran luar *runner*.

Menarik garis atas jarak $2d$ ini menghasilkan garis tempat kedudukan pusat kelengkungan sudu r_b . Titik pusat kelengkungan sudu dilaporkan merupakan titik potong antar garis bersudut β_1 yang ditarik dari titik potong atas lingkaran berjari-jari R_1 dengan garis bagi tersebut. Pusat jari-jari sudu terletak sejauh jari-jari lingkungan tusuk r_p dari sumbu *runner*.

Jari-jari r_b digambarkan sampai juga memotong lingkaran dalam *runner* berjari-jari R_2 . Bila kedua titik potong di kedua lingkaran *runner* dihubungkan berturut-turut dengan pusat jari-jari r_b dan sumbu *runner* diperoleh sudut δ dan \emptyset . Dengan demikian sudut lainnya pun dapat dibuat seperti tampak pada gambar.

Rumus-rumus berikut disusun dengan urutan yang diperlukan untuk menghitung harga δ , r_b , dan r_p berdasarkan besaran R_1 , R_2 , β_1 dan β_2 yang sudah diketahui. Konstruksi grafis geometri sudu dapat digunakan untuk memeriksa harga-harga besaran hasil perhitungan.

$$c = \sqrt{R_1 + R_2 - 2R_1 R_2 \cos(\beta_1 + \beta_2)}$$

$$\varepsilon = \arcsin \left[\frac{R_2 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{c} \right]$$

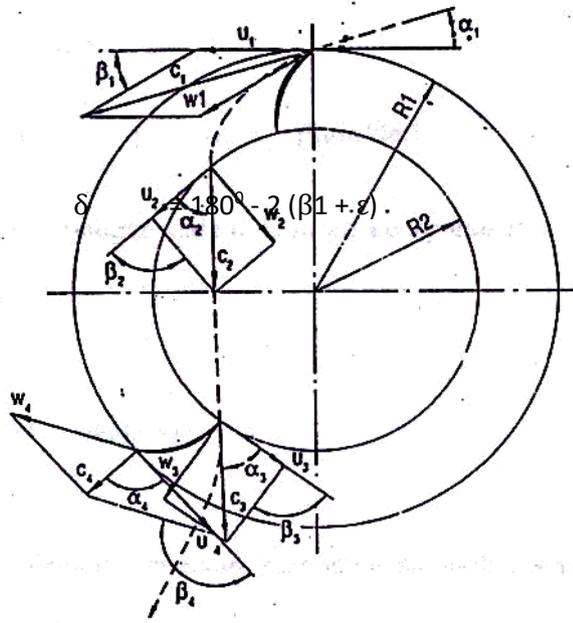
$$\xi = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2 + \varepsilon)$$

$$\emptyset = \beta_1 + \beta_2 - (180 - 2\xi)$$

$$d = \frac{R_1 \sin \emptyset}{2 \sin(180^\circ - \xi)}$$

$$r_b = \frac{d}{\cos(\beta_1 + \varepsilon)}$$

$$r_p = \sqrt{r_b^2 + R_1^2 - 2r_b R_1 \cos \beta_1}$$



Gambar 2.8. Segitiga kecepatan dan rumus turbin aliran silang.

Dimana:

$$C_1 = \sqrt{2gH} = 1; \alpha_1 = 16^\circ \quad g e H = 2u_1 w_1 \cos \beta_1$$

$$U_3 = u_2; u_4 = u_1; c_3 = c_2 \quad g H = \frac{c_1^2}{2}$$

$$\alpha_3 = \alpha_2; \beta_4 = 180^\circ - \beta_1 \quad c = \frac{4u_1}{c_1} \left(\cos \alpha_1 - \frac{u_1}{c_1} \right)$$

$$\beta_3 = \beta_2 = 90^\circ \quad \frac{de}{u} = 0 \Rightarrow u_1 = \frac{c_1 \cos \alpha_1}{2}$$

$$w_2 = w_3; w_4 = w_1 \quad d \frac{1}{c_1}$$

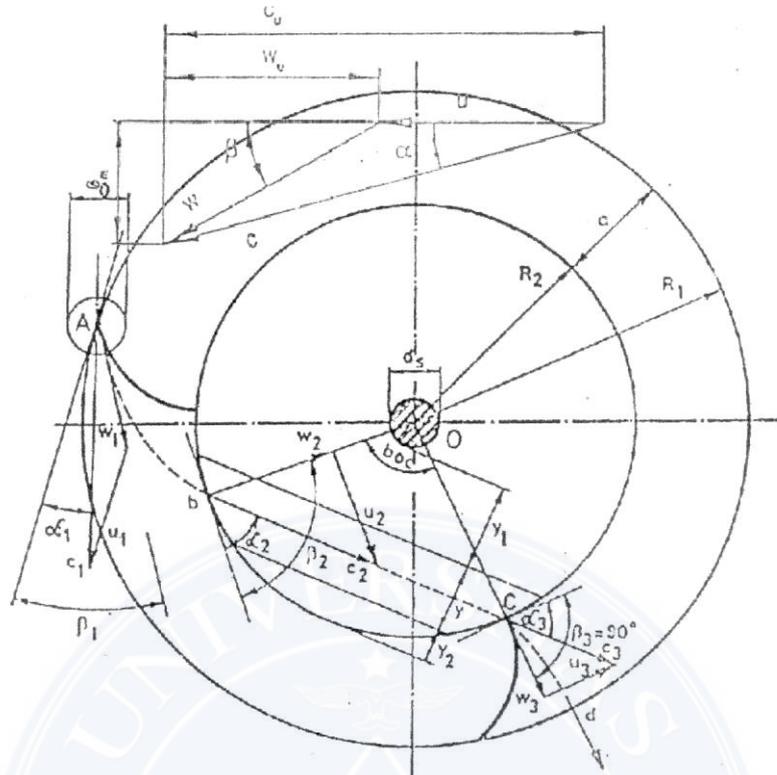
$$c_1 \cos \alpha_1 = u_1 + w_1 \cos \beta_1 \quad \tan \beta_1 = 2 \tan \alpha_1$$

$$\left. \begin{aligned} w_1^2 - u_1^2 &= w_2^2 - u_2^2; w_2 = \sqrt{w_1^2 - u_1^2 + u_2^2} \\ w_2 &= w_1 \frac{R_1}{R_2} \sin \beta_1 \end{aligned} \right\} \text{ Dengan } \beta_1 = 30^\circ \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 0,666$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{w_2}{u_2}; u_2 = \frac{R_2}{R_1}; \quad \text{Dengan } \beta_1 = 30^\circ \tan \alpha_2 = 0,528 c_1$$

$$w_1 0,555 c_1; u_1 = u_1 = 0,481 c_1; \tan \alpha_2 = 1,3 \Rightarrow \alpha_2 = 53^\circ; c_2 = \frac{u_2}{\cos \alpha_2} = 0,528 c_1$$

$$c_4 = \frac{c_1 \sin \alpha_1}{\sin \alpha_4}; \text{ dengan } u_1 = \frac{c_1 \cos \alpha_1}{2} \Rightarrow \alpha_4 = 90^\circ; c_4 = 0,276 c_1$$



Gambar 2.9. Alur Pancaran dalam runner

2.3.4. Kecepatan Aliran Fluida

Menurut persamaan Euler, persyaratan awal bagi pertukaran energi antara fluida yang bergerak dengan sudu *runner*, yang juga bergerak, suatu mesin hidrolis adalah bahwa sudu *runner* menyebabkan berubahnya kecepatan fluida. Dalam hal fluida dipercepat oleh sudu *runner*, terjadi penyerahan energy oleh sudu kepada fluida seperti terjadi pada pompa. Sebaliknya, dimana fluida diperlambat oleh sudu, terjadi penyerahan energi dari fluida kerja kepada *runner* mesin, merupakan prinsip kerja semua turbin air.

Menggunakan istilah segitiga kecepatan, pertukaran energi antara fluida kerja dan sudu-sudu *runner* turbin berlangsung bila segitiga-segitiga sisi masuk dan sisi keluar berbeda. Mengingat kedua segitiga kecepatan tersusun dari tiga vektor kecepatan c , u , dan w .

Harga masing-masing energi sisi masuk dan keluar harus diperbandingkan sehingga dihasilkan istilah energi berikut :

$$\frac{c_1^2 - c_2^2}{2g} \dots\dots\dots (2,19)$$

Selisih tekanan statis akibat gaya sentrifugal.

$$\frac{u_1^2 - w_2^2}{2g} \dots\dots\dots (2,20)$$

Selisih tekanan dinamis akibat perubahan kecepatan mutlak.

$$\frac{w_1^2 - u_2^2}{2g} \dots\dots\dots (2,21)$$

Berdasarkan ini, energy teoritis H_{th} suatu system *runner* yang mengubah energy aliran tanpa kerugian menjadi daya, dituliskan dalam bentuk persamaan EULER berikut :

$$H_{th} = \frac{c_1^2}{2g} - \frac{c_2^2}{2g} + \frac{u_1^2}{2g} - \frac{u_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g} + \frac{w_2^2}{2g} \dots\dots(2,22)$$

Hukum cosinus membuat rumusan berikut berlaku :

$$W^2 = u^2 + c^2 - 2 u \cdot c \cdot \cos\alpha \dots\dots\dots (2,23)$$

Dimana :

α = sudut antara vektor-vektor kecepatan mutlak dan keliling.

Dengan :

$$c \cdot \cos\alpha = C_u \dots\dots\dots (2,24)$$

dimana :

C_u = komponen vektor kecepatan mutlak dan keliling

Dari persamaan diatas maka dapat dituliskan sebagai :

$$W^2 = u^2 + c^2 - 2 u \cdot C_u \dots\dots\dots (2,25)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melaksanakan pengujian ini penulis menggunakan metode pengujian dan prosedur pengujian. Sehingga langkah-langkah serta tujuan dari pengujian yang dilakukan dapat sesuai dengan apa yang diharapkan.

3.1 Waktu dan Tempat Pengujian

3.1.1. Waktu

Waktu pelaksanaan, pembuatan dan pengujian Turbin Air Pelton ini diawali dari persetujuan pembimbing. Kemudian dimulai dari perangkat alat, pengambilan data hingga pengolahan data sampai dengan selesai dan sampai pada penulis membuat laporan tugas akhir skripsi ini.

3.1.2. Tempat Penelitian

Tempat dan waktu pelaksanaan proses pengujian serta analisa ini dilakukan di Bengkel dan Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Medan Area.

3.2 Data Yang Diperlukan

Data yang diperlukan dalam pengujian turbin pelton mini ini adalah :

1. Tekanan pada nosel. (pa)
2. Putaran generator. (Rpm)
3. Beban lampu LED. (w)
4. Tegangan generator. (v)
5. Arus yang mengalir pada beban. (A)
6. Kapasitas aliran. (Liter/menit)

3.3 Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian ini sebagai berikut :

- a. Pengujian dengan variasi putaran turbin.
 1. Menyiapkan instalasi turbin pelton mikro dan perlengkapannya.
 2. Mengisi reservoir dengan air secukupnya.
 3. Melakukan pengecekan alat ukur, dan melakukan kalibrasi pada alat ukur.
 4. Menghubungkan rangkaian ke beban dengan alat ukur *amperemeter* dan *voltmeter*.
 5. Menghidupkan pompa.
 6. Mengatur bukaan katup pembebas tekan hingga di peroleh kapasitas yang di inginkan.
 7. Melakukan penyeimbangan torsi sebelum generator diberi beban lampu pijar.
 8. Mencatat tekanan pada nosel, torsi pada poros generator, tegangan generator, arus beban, putaran generator dan nilai kapasitas aliran.
 9. Menaikkan beban secara bertahap pada generator. Mencatat nilai parameter seperti langkah 8 pada tiap beban dinaikkan dan tiap pergantian *kapasitas aliran*.
 10. Mematikan pompa pada tiap pergantian.

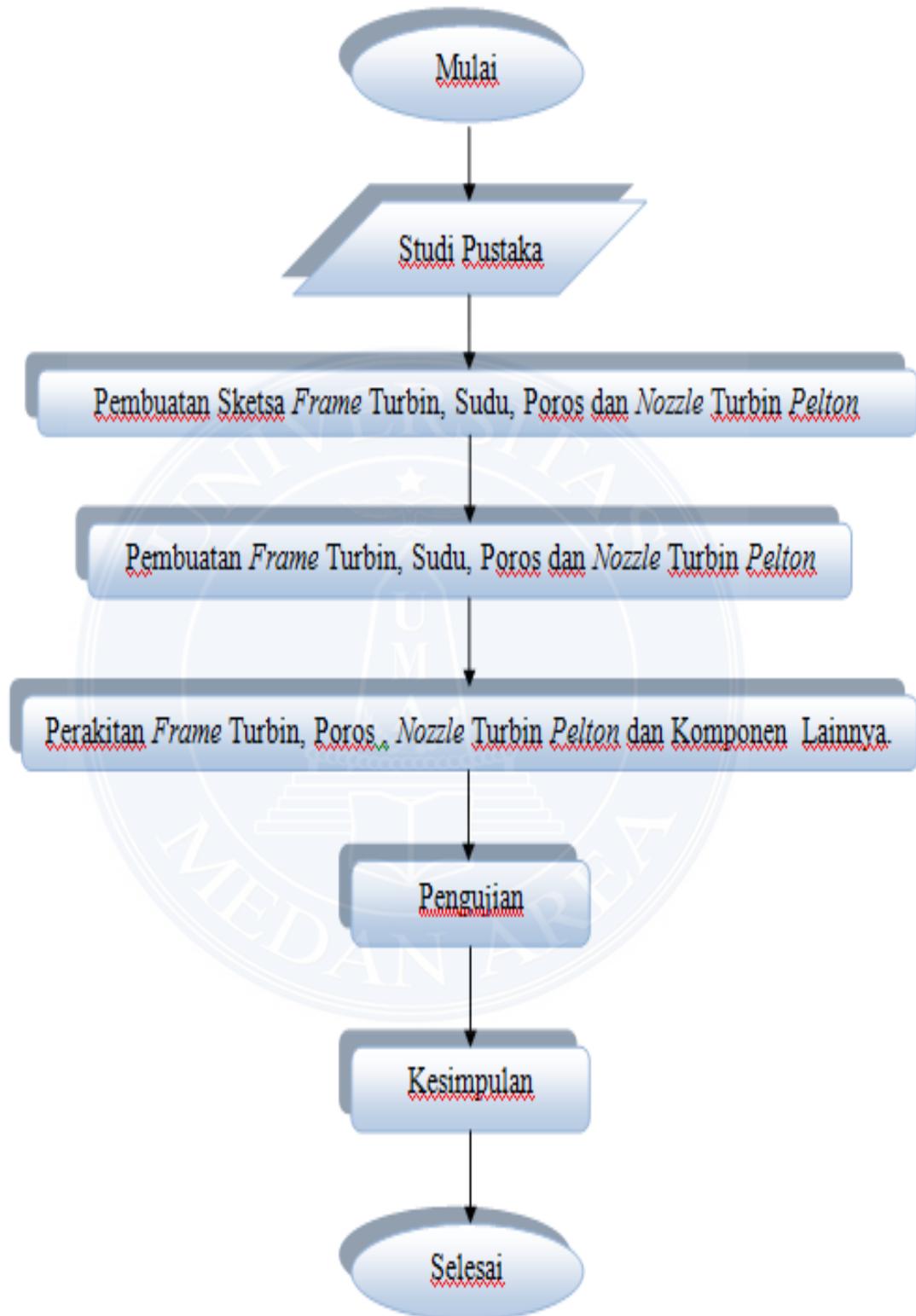
3.4 Perancangan Turbin Pelton

Suatu perancangan Turbin Pelton harus memiliki frame yang kuat sebagai pendukung terbentuknya Turbin *Pelton*, dengan *frame* yang dirancang sesuai kebutuhan seperti sebagai tempat bak penampung air, pompa air, sudu Turbin *Pelton* dan pipa saluran air. Bahan yang digunakan adalah plat besi seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.0 di bawah ini



Gambar 3.0 *Design Turbin Pelton*

3.4 diagram alir perancangan turbin



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan

3.4.1 Perancangan Poros dan Sudu Turbin *Pelton*

Seperti yang tampak pada bagan diagram alir Gambar 3.1 di atas yang menjelaskan mengenai rangkaian proses kerja yang dilakukan. Rangkaian tersebut dimulai dari studi pustaka yang diperoleh dari berbagai buku dan internet mengenai sudu Turbin *Pelton* hingga proses pembuatan.

Setelah itu dilakukannya proses perakitan poros, sudu dan komponen penunjang lainnya seperti bearing dan lain-lain. Proses selanjutnya adalah proses pengujian komponen tersebut dengan cara melakukan penghidupan mesin yang kemudian akan ditarik suatu kesimpulan tertentu.

Dalam perancangan sudu Turbin *Pelton* yang terlihat pada Gambar 3.2 dengan jumlah daun sudu sebanyak 20 buah



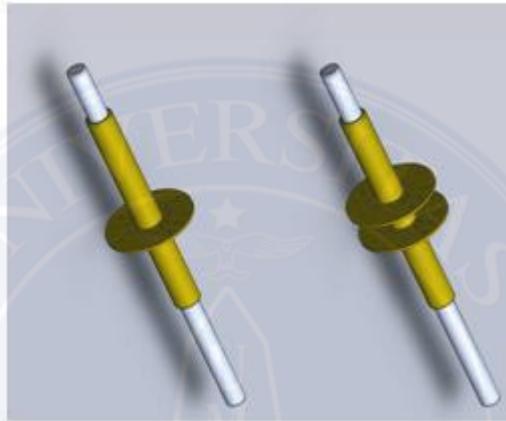
Gambar 3.2 Sudu Turbin pelton

Sudu ini mempunyai bobot yang cukup ringan namun tidak terlalu ringan sehingga sudu ini mampu memutar poros alternator yang akan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.

Dari konstruksi dan bahan yang digunakan dalam sudu ini mempunyai ketahanan yang kuat untuk menerima tekanan dari nozzle yang menyemburkan air yang bertekanan tinggi.

3.4.2 Pembuatan Poros, Dudukan Sudu Turbin *Pelton*

Untuk langkah awal pembuatan sudu pada Turbin *Pelton* yaitu diawali dengan pembuatan poros yang berfungsi sebagai titik pusat agar sudu turbin dapat berputar. Poros ini juga berfungsi sebagai pegangan salah satu dudukan sudu yang dilas sehingga poros dan dudukan sudu menjadi satu. Poros ini berbahan dasar besi cukup ringan dan kuat untuk menahan beban sudu dan beban daya puntir yang terjadi pada saat turbin dioperasikan.



Gambar 3.3 *Design* Poros Turbin *Pelton*



Gambar 3.4 *Design* Dudukan Sudu Turbin *Pelton*

Komponen yang lainnya yaitu dudukan sudu turbin yang dapat dilihat pada Gambar 3.4 berfungsi sebagai pegangan daun sudu turbin, dudukan sudu turbin ini terbuat dari plat. Dudukan sudu ini terdapat satu buah dengan ukuran dan tebal plat yang sama. Masing masing dudukan mempunyai lubang-lubang

untuk pegangan daun sudu tidak terlepas dan goyang maka dibuat 3 lubang baut agar dudukan terpasang dengan kuat.

3.4.3 Box Sudu Turbin Pelton

Box ini akan lebih kuat menahan getaran yang di timbulkan oleh sudu yang berputar kencang ketika turbin di jalankan seperti yang tampak pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.5 *Box Turbin Pelton*

3.4.4 Bearing

Bearing yang terlihat di Gambar 3.6 ini berfungsi sebagai bantalan atau penahan beban sudu turbin.



Gambar 3.6 *Bearing*

3.4.5 *Nozzle*

Yang terpenting lainnya adalah nozzle yang terlihat pada Gambar 3.7 dengan variasi diameter tertentu. nozzle yang akan di gunakan memiliki ukuran 3 mm. Nozzle juga mempunyai beberapa fungsi penting terhadap pengaruh putaran sudu Turbin *Pelton* tersebut, yaitu :

1. Mengarahkan pancaran air ke sudu turbin
2. Mengubah tekanan menjadi energi kinetik
3. Mengatur kapasitas air yang masuk ke turbin



Gambar 3.7 Nozzel

3.5 Perakitan Poros dan Sudu Turbin *Pelton*

Setelah komponen lengkap dan siap digunakan, maka metode selanjutnya yang dilakukan adalah proses perakitan poros dan sudu turbin serta komponen-komponen penunjang lainnya yang berhubungan langsung dengan sudu Turbin *Pelton* ini.

Seperti yang tampak pada Gambar 3.8 yang merupakan gambar hasil perakitan antara poros dan sudu Turbin *Pelton* dengan menggunakan proses pengelasan.

Sudu Turbin *Pelton* merupakan komponen yang berfungsi untuk merubah energi air menjadi energi mekanik berupa torsi pada poros sudu dimana aliran air yang disemprotkan oleh nozzel ke arah sudu mengakibatkan daun-daun sudu terdorong dan berputar.

Aliran air yang diarahkan langsung menuju sudu-sudu melalui pengarah atau nozzel ini juga menghasilkan daya pada sirip. Selama sudu berputar, gaya bekerja melalui suatu jarak sehingga menghasilkan kerja.



Gambar 3.8 Poros dan Sudu Turbin *Pelton*

3.6 Komponen Pendukung Turbin *Pelton*

3.6.1 Pompa

Pompa yang biasa digunakan pada turbin air berskala mikro adalah jenis sentrifugal. Pompa sentrifugal ini menciptakan kecepatan fluida kemudian mentransformasikannya ke energi tekanan saat fluida terlepas dari pompa melalui pipa-pipa pengalir.

Oleh karena itu head yang tercipta bisa dikatakan sebanding dengan energi kecepatan impeller, maka digunakan pompa sentrifugal seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.10 mengenai contoh gambar pompa sentrifugal.



Gambar 3.9 Pompa Sentrifugal

3.6.2 Bak Penampung

Bak penampung ini berfungsi sebagai tempat penampungan air yang digunakan untuk mensuplai kebutuhan pompa dalam memperoleh air seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.11



Gambar 3.10 Bak Penampungan Air

3.6.3 Pipa

Pipa merupakan salah satu komponen pada turbin ini yang berfungsi sebagai sarana penghubung antara satu komponen dengan komponen lainnya serta sebagai sarana untuk mengalirkan fluida air dari pompa yang menyuplai air dari bak penampungan air seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.12 yang nantinya akan mengalir ke nozzel, aliran fluida air diatur dengan keran.



Gambar 3.11 Pipa Pengalir

3.6.4 Katup Pengatur Tekanan

Katup pengatur tekanan ini mempunyai fungsi untuk mengatur tekanan fluida yang akan diteruskan ke nozzle sehingga debit aliran yang masuk ke turbin bisa terkontrol seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.12



Gambar 3.12 Katup Pengatur Tekanan

3.6.5 Selang

Selang di Gambar 3.13 pada Turbin *Pelton* ini fungsinya hampir sama dengan pipa, yaitu sebagai penghubung serta sarana agar fluida dapat mengalir.

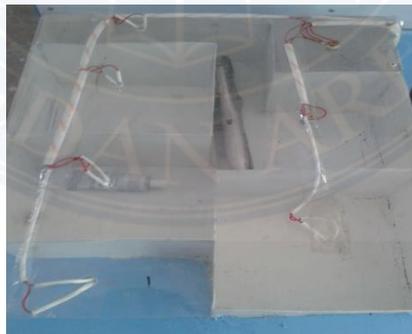
Tetapi biasanya dialiri untuk fluida yang memiliki tekanan lebih kecil dibanding dengan aliran air di dalam pipa.



Gambar 3.13 Selang

3.6.6 Lampu (Beban)

pada Gambar 3.15 sebagai media cahaya yang menyala karena adanya aliran listrik hasil dari putaran turbin yang ditransmisikan ke alternator sehingga menghasilkan daya listrik.



Gambar 3.14 Lampu

3.6.7 Generator

Alternator merupakan komponen turbin air yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, mempunyai kapasitas 12 A seperti yang tampak pada Gambar 3.15



Gambar 3.15 Alternator

Untuk melihat Konstruksi Turbin *Pelton* secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 3.16 dimana Turbin *Pelton* ini terdiri dari 3 bagian utama yaitu pompa, roda jalan dan alternator.



Gambar 3.16 Konstruksi Lengkap Turbin *Pelton*

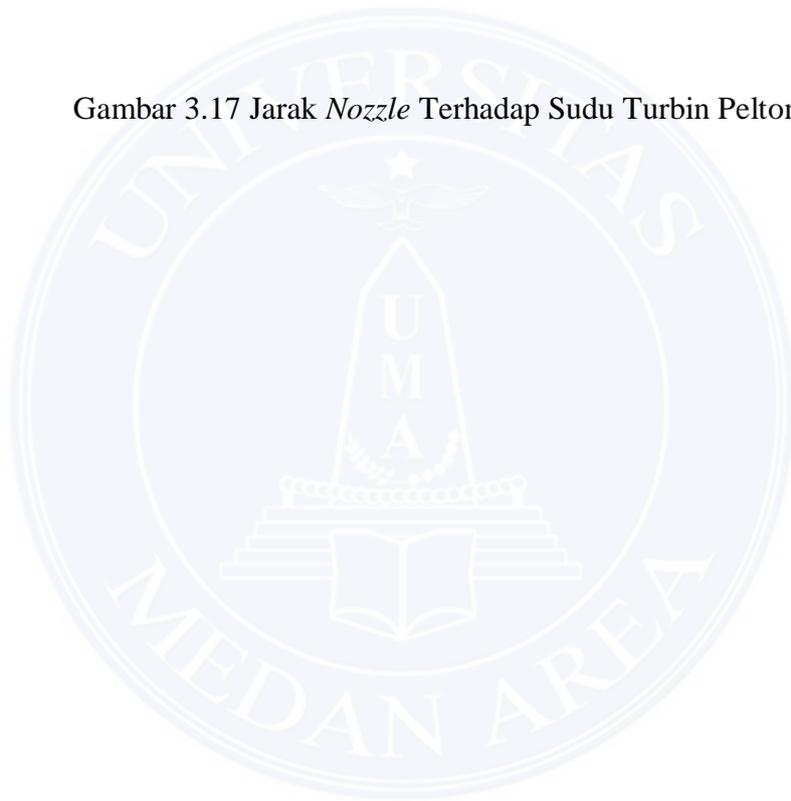
3.7 Sudut Nozzel Terhadap Sudu Turbin Pelton

Dalam Turbin Pelton ini hal yang tergolong cukup penting yaitu sudut antara Nozzel terhadap sudu Turbin *Pelton* seperti yang tampak pada Gambar 3.18. Dalam pengujian Turbin Pelton ini sudut Nozzel yang dipakai yaitu dengan sudut primer 30° dan sudut sekunder 40° dan dengan diameter lubang nozzle 3 mm

kapasitas aliran fluida (air) sangat mempengaruhi putaran sudu Turbin Pelton dan daya listrik yang akan dihasilkan. Karena kecepatan putaran turbin akan berbeda sehingga akan berpengaruh kepada daya puntir pada sudu Turbin Pelton yang berakibat perbedaan daya listrik yang akan dihasilkan.



Gambar 3.17 Jarak *Nozzle* Terhadap Sudu Turbin Pelton



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat di ambil berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan matematis tentang Turbin *Pelton* di Tugas Akhir ini adalah :

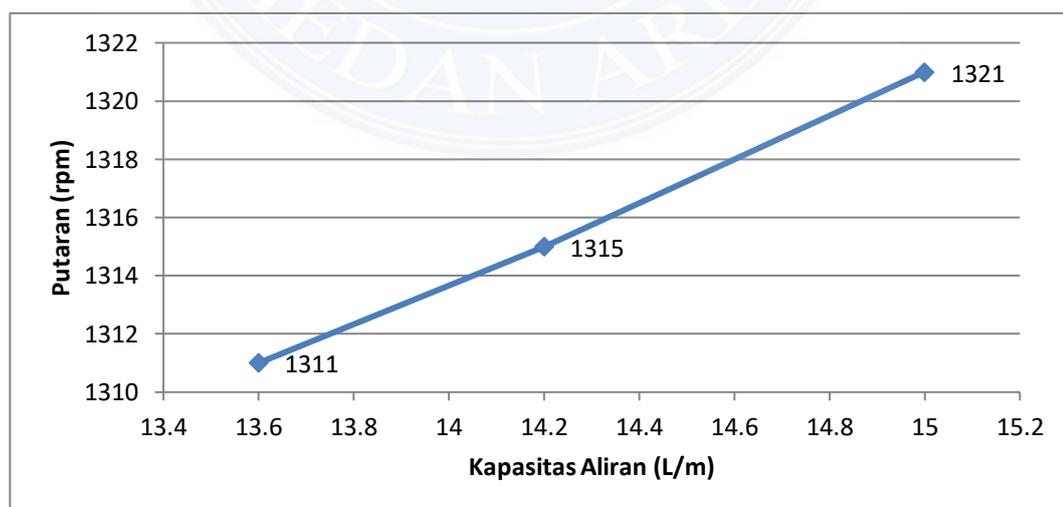
1. Pada kapasitas aliran fluida setiap perbedaan kapasitas aliran maka akan memiliki daya . Pada diameter *nozzle* 3 mm dengan kapasitas aliran 15 L/min diketahui bahwa *nozzle* dibuka katup 35⁰ debit aliran fluida yaitu sekitar $2,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ dengan putaran yang dihasilkan sekitar 1321 RPM dan daya turbin 1,293 watt. Untuk diameter *nozzle* 3 mm dengan kapasitas aliran, debit yang dihasilkan terjadi pada bukaan katup 35⁰ menghasilkan debit aliran sekitar $2,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ dengan hasil putaran 1315 RPM dan daya turbin 1,293 watt . Untuk diameter *nozzle* 3 mm dengan kapasitas aliran 13 L/min, debit yang dihasilkan terjadi pada bukaan katup 35⁰ menghasilkan debit aliran sekitar $2,2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ dengan hasil putaran 1311 RPM dan daya turbin 1,234 watt. Hal ini membuktikan semakin besar kapasitas aliran semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh Turbin.
2. Untuk kecepatan fluida diketahui bahwa semakin banyak jumlah sudu dan debit aliran fluida yang dihasilkan, maka kecepatan aliran fluida tersebut akan semakin besar.

3. Dalam hal laju aliran massa fluida semakin besar diameter *nozzle* digunakan dan debit aliran fluida yang dihasilkan, maka semakin besar pula laju aliran massa fluida yang diperoleh. Hasil tertinggi dari laju aliran massa fluida yaitu 0,25 kg/s.
4. Dari nilai bilangan reynold yang ada hal, yang mempengaruhi besar kecilnya bilangan *Reynold* adalah dari kecepatan fluida dan jumlah sudu. Semakin besar kecepatan aliran fluida & jumlah sudu, maka alirannya cenderung *Turbulen*, hasil pengambilan data pada Turbin *Pelton* ini semua jenis aliran fluida bersifat *Turbulen*.
5. Daya listrik yang dihasilkan dengan menggunakan *nozzle* 3 mm dengan kapasitas aliran 15 L/min terjadi pada sudut *nozzle* 35⁰ dengan daya listrik sebesar 1,77 Watt. selanjutnya pada *nozzle* 3 mm dengan kapasitas aliran 14 L/min terjadi pada sudut *nozzle* 35⁰ dengan daya listrik sebesar 2,14 Watt. Hasil maksimal nya terjadi pada *nozzle* 3 mm dengan kapasitas aliran 13 yaitu pada sudut *nozzle* 35⁰ dengan hasil daya listrik sebesar 2,5 Watt. Meskipun memiliki perbedaan sedikit antara kapasitas alirannya berpengaruh terhadap besarnya debit aliran fluida, kecepatan fluida, laju aliran fluida dan putaran poros turbin sehingga semakin besar pula input daya listrik yang akan tercipta pada Turbin *Pelton* ini.

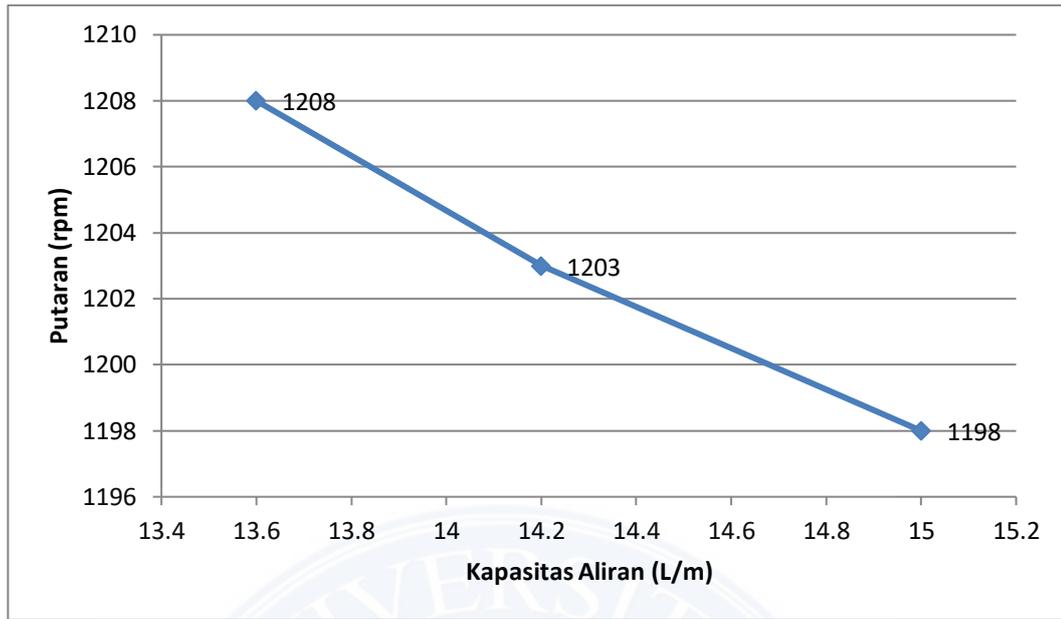
LAMPIRAN

Tabel Data dari Hasil Pengujian Turbin Air Pelton

Kondisi	Kapasitas Aliran (Q) [L/menit]	Diameter Nozzel [mm]	Sudut Nozzel [0]	Jumlah Sudu	Tegangan [V]	Arus [A]	Putaran [Rpm]
Belum Berbeban	15	3	P 35 S 35	20	4	0	1321
Berbeban	15	3	P 35 S 35	20	2	1.08	1198
Belum Berbeban	14	3	P 35 S 35	20	4.41	0	1315
Berbeban	14	3	P 35 S 35	20	2.04	1.28	1203
Belum Berbeban	13	3	P 35 S 35	20	4.8	0	1311
Berbeban	13	3	P 35 S 35	20	2.06	1.48	1208



Grafik Hubungan Antara Kapasitas Aliran Fluida Terhadap Putaran Sudu Turbin Pelton dalam Keadaan Sebelum Berbeban



Grafik Hubungan Antara Kapasitas Aliran Fluida Terhadap Putaran Sudu Turbin Pelton dalam Keadaan Berbeban

