

**ANALISA PENGARUH VARIASI HEAD DAN KAPASITAS
ALIRAN AIR (FLUIDA) TERHADAP DAYA EFEKTIF
YANG DIHASILKAN TURBIN AIR
TYPE CROSS FLOW**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan
Ujian Sarjana**

Disusun oleh :

**ESRA VINOS S.
NIM : 03 813 0006**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

2009

Document Accepted 28/8/23

ANALISA PENGARUH VARIASI HEAD DAN KAPASITAS ALIRAN AIR (FLUIDA) TERHADAP DAYA EFEKTIF YANG DIHASILKAN TURBIN AIR TYPE CROSS FLOW

TUGAS AKHIR

Oleh

ESRA VINOS

NIM : 03 813 0006



Disetujui

Pembimbing I,

Pembimbing II,

(Ir. H Amirsyam, MT)

(Ir. Surya Keliat)

Mengetahui :

Dekan,
12/10
1
(Ir. H. Haniha, MT)
Tanggal Lulus :

Ka. Program Studi,

(Ir. Amru Siregar, MT)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas Berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tulisan ini dengan judul ***“Analisis Pengaruh Variasi Head dan Kapasitas Aliran Air (Fluida) Terhadap Daya Efektif yang Dihasilkan Turbin Air Type Cross Flow”***.

Tulisan ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan yang harus ditempuh untuk menyelesaikan studi jenjang S1 Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin di Universitas Medan Area.

Dalam penyusunan tulisan ini penulis banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa material, spiritual, informasi, maupun administrasi. Oleh karena itu, sudah selayaknya penulis menyampaikan terima kasih banyak kepada:

1. Ibu Hj. Siti Mariani Harahap, Ketua Yayasan Pendidikan Haji Agus Salim;
2. Bapak Prof. DR. A. Ya' kub Matondang, MA, Rektor Universitas Medan Area;
3. Bapak Drs. Dadan Ramdan, M.Eng, Msc, Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area;
4. Bapak Ir. Amru Siregar, MT, Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Medan Area;
5. Bapak Ir. Amirsyam, Nst, Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam Penyusunan tulisan ini;
6. Bapak Ir. Surya Keliat, Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang sangat bermanfaat dalam Penyusunan tulisan ini;

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/8/23

7. Seluruh Dosen Pengajar Jurusan Teknik Mesin beserta seluruh staff dan karyawan Universitas Medan Area;
8. Kedua Orang Tuaku tercinta, S. Simbolon dan M. Br. Situmorang yang telah berjuang dengan pengorbanan yang tidak terbatas dalam membesarkan, mendidik dan memberi semangat yang penuh kasih sayang serta doa yang tulus kepada penulis;
9. Seluruh keluargaku yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil kepada penulis;

Tiada gading yang tak retak. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tulisan ini masih banyak terdapat kekurangan, baik isi maupun tata penulisannya. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga tulisan ini sangat bermanfaat bagi pembacanya.

Medan, April 2009

Penulis,

Esra Vinos S.

NIM. 03. 813. 0006

RINGKASAN

Sumber Daya air atau tenaga air merupakan suatu *renewable resources* yang mempunyai keunggulan tertentu dibanding dengan sumber energi lainnya dan yang dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak. Tenaga air juga dapat digunakan untuk penghasil energi listrik. Untuk dapat memaksimalkan penggunaan tenaga air tersebut maka dibangunlah PLTA di berbagai daerah, dimana sebagai mesin penggerak utamanya adalah turbin air.

Turbin air adalah suatu mesin penggerak mula yang digunakan untuk menggerakkan mesin-mesin lainnya, dimana air sebagai *fluida* kerjanya. Turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Salah satu jenis turbin impuls ini adalah turbin Michell-Banki atau disebut juga turbin *cross flow*. Turbin *cross flow* dapat dioperasikan pada debit 20 liter/det hingga $10\text{m}^3/\text{det}$, dengan head antara 1 s/d 200 m. Kinerja dari turbin ini dapat mencapai 80% dengan tinggi air jatuh biasa digunakan diatas 1 m s/d 200m, dan kapasitasnya antara $0,02\text{ m}^3/\text{det}$ s/d $7\text{m}^3/\text{det}$.

Untuk meneliti pengaruh variasi *head* dan kapasitas aliran air (*fluida*) terhadap daya efektif yang dihasilkan turbin air tipe *cross flow* dengan menggunakan beberapa alat yaitu: instalasi turbin *cross flow*, *tachometer*, timbang beban, *pressure meter*, dan gelas panduga (*hook gage*). Teknik analisa data yang digunakan adalah analisa deskriptif, analisa varian satu jalur (*one way*), penentuan rataan dayaefektif dan uji kesamaan rataan dengan uji F pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya perubahan daya efektif yang dihasilkan oleh turbin air tipe *cross flow* pada variasi *head* efektif, adanya perbedaan daya efektif yang dihasilkan oleh turbin tipe *cross flow* pada variasi kapasitas alirannya airnya, rata-rata daya efektif maksimum yang dihasilkan untuk masing-masing variabel control adalah beban konstan ($P=1,5\text{ kg}$) = 0,1275 HP dan ($P=2,0\text{ kg}$) = 0,1273 HP sedangkan untuk putaran konstan ($n=200\text{ rpm}$) = 0,1432 HP dan ($n=300\text{ rpm}$) = 0,1223 HP, rata-rata daya efektif minimum yang dihasilkan untuk masing-masing variabel kontrol terhadap kesamaan yaitu sebesar 0 HP pada bukaan katup ke 1 (satu), nilai head efektif dan kapasitas aliran air yang dapat menghasilkan daya efektif maksimum adalah sebesar ($P= 1,5\text{ kg}$) = 7,4565 l/det, ($P= 2,0\text{ kg}$) = 7,4406 l/det dan untuk ($n=200\text{ rpm}$) = 7,3774 l/det dan ($n=300\text{ rpm}$) = 7, 4565 l/det.

Kata kunci : turbin air *cross flow*, variasi *head*

ABSTRACT

Water resources or water power is a renewable resource that has certain advantages compared with other energy sources and that can reduce dependence on fossil fuels. Hydro power can also be used for producing electrical energy. In order to maximize the use of water power is then constructed hydroelectric power in various areas, where as the main driving engine is a water turbine. Water turbine is a machine that first mover used to drive other machines, where water as working fluid. Water turbine can be divided into two groups namely the impulse turbines and reaction turbines. One type of impulse turbine is the Michell-Banki turbine or turbines also called cross flow. Cross flow turbine can be operated at flow 20 liters / s to 10m³/det, with the head between 1 to 200 m. Performance of this turbine can reach a high 80% with falling water used above 1 m up to 200m, and has a capacity of 0.02 m³ / s up to 7m³/det. To investigate the influence of variations in head and flow capacity of water (fluid) to the effective power produced by the type of water turbine cross flow by using several tools, namely: cross flow turbine installations, Tachometer, weigh the load, pressure meters, and glass panduga (hook gage). Data analysis technique used is descriptive analysis, analysis of variance one-lane (one way), determination and testing effectively power averaging similarity with the F test at significant level $\alpha = 0.05$.

The results showed that the change of effective power generated by the type of water turbine cross flow on the effective head variations, the difference in effective power produced by the cross flow turbine type of water flow capacity variation, the average maximum effective power generated for each control variable is a constant load ($P = 1.5 \text{ kg}$) = 0.1275, and HP ($P = 2.0 \text{ kg}$) = 0.1273 HP to spin while the constant ($n = 200 \text{ rpm}$) = 0.1432 HP and ($n = 300 \text{ rpm}$) = 0.1223 HP, the average minimum effective power generated for each of the control variables of the similarity in the amount of HP at 0 valve openings to 1 (one), the value of effective head and water flow capacity that can produce power is the maximum effective registration ($P = 1.5 \text{ kg}$) = 7.4565 1/det, ($P = 2.0 \text{ kg}$) = 7.4406 1/det and for ($n = 200 \text{ rpm}$) = 7.3774 1/det and ($n = 300 \text{ rpm}$) = 7, 4565 1/det.

Keywords: cross flow water turbine, variations in head.

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

LAMPIRAN

BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Permasalahan	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Kajian	3
1.4. Manfaat Kajian	3
BAB II. LANDASAN TEORI	4
2.1. Tinjauan Umum	4
2.2. Klasifikasi Turbin Air	4
1. Turbin Impuls	5
a. Turbin Pelton	5
b. Turbin Banki (Cross-Flow)	6
2. Turbin Reaksi	8
a. Turbin Francis	9
b. Turbin Kaplan dan Propeller	10
c. Turbin Deriaz (Aliran Diagonal)	12
2.3. Teori Dasar Perhitungan	13
2.3.1. Daya Turbin	13

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

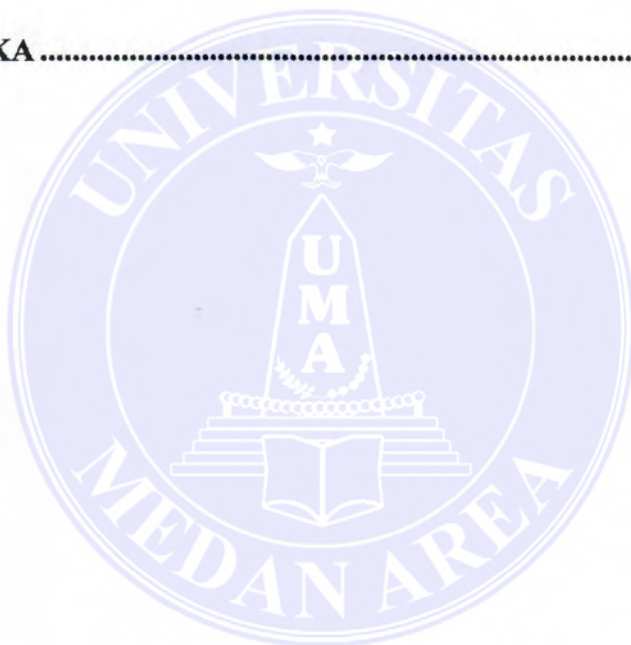
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)28/8/23

2.3.2. Kapasitas Aliran Air.....	14
2.3.3. Head efektif Turbin.....	16
2.3.4. Efisiensi Turbin.....	17
2.4. Karakteristik Turbin Air.....	18
a. Main Characteristics.....	18
b. Operating Characteristics.....	20
c. Contanst Efisiensi Curves.....	21
d. Kecepatan liar.....	23
2.5. Kavitasi.....	23
BAB III. METODE PENELITIAN.....	25
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	25
3.2. Peralatan Uji.....	25
3.3. Populasi dan Sampel Penelitian.....	27
3.4. Prosedur Penelitian.....	27
3.5. Teknik Analisa Data.....	28
3.6. Diagram Penelitian.....	29
BAB IV. HASIL DAN ANALISA DATA.....	30
4.1. Data Hasil Pengujian.....	30
4.2. Analisa data.....	33
4.2.1. Perhitungan Kapasitas Aliran Air.....	33
4.2.2. Perhitungan Kecepatan Air masuk Turbin.....	35
4.2.3. Perhitungan Head Efektif Turbin.....	36
4.2.4. Perhitungan Daya Indikasi Turbin.....	37

4.2.5.Perhitungan Daya Efektif Turbin	38
4.2.6.Data Hasil Perhitungan rata-rata	41
4.2.7. Pengujian Hipotesis.....	46
4.2.8.Interpretasi dan Diskusi.....	59
BAB V. PENUTUP	62
5.1. Kesimpulan.....	62
5.2. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Pada saat ini pemanfaat potensi tenaga air masih relatif kecil, sehingga masih terbuka kesempatan yang luas untuk memanfaatkan dan mengembangkan sumber daya air tersebut, ialah suatu renewable resource yang mempunyai keunggulan tertentu dibanding dengan sumber energi lainnya dan yang dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak.

Suatu usaha yang konsisten untuk mengembangkan sumber-sumber daya air berdasarkan pengetahuan dan pengalaman yang luas, akan membuka jalan untuk memperoleh suatu supply energi yang lestari, bebas polusi dan dapat bertahan terhadap guncangan-guncangan inflasi. Tenaga air sifatnya adalah bukan mengambil akan tetapi justru memberi kemas depan, setiap liter minyak atau setiap kilogram batu bara untuk membangkitkan tenaga saat ini berarti dikurangnya penyediaan untuk masa depan, tetapi setiap Perusahaan Listrik Tenaga Air (PLTA) baru dibangun sekarang dapat turut memberikan energi pula di masa depan.

Di Negara berkembang seperti Indonesia kebutuhan listrik belum dapat terpenuhi secara merata hingga ke daerah-daerah terpencil. Dalam hal ini, guna memanfaatkan potensi tenaga air yang tersedia, oleh pemerintah banyak dibangun pembangkit listrik tenaga air dimana sebagai mesin penggerak utamanya digunakan turbin air.

Pada saat perencanaan instalasi turbin air, harus diketahui unjuk kerja (performance) dari turbin tersebut agar didapat system yang optimum. Ada beberapa faktor unjuk kerja yang umum untuk sebuah turbin uap, salah satu parameter operasi yang menarik perhatian adalah keluaran actual dari turbin. Turbin air selalu disebut sedemikian rupa sehingga dapat diperoleh efisiensi tertinggi pada tinggi jatuh air tertentu. Apabila tinggi jatuh air bertambah besar maka kecepatan putar akan bertambah pula demikian pula debit dan daya yang keluar.

Karena kebanyakan turbin dihubungkan pada generator listrik maka harus dijaga agar kecepatan putarnya tetap karena kenaikan beban akan meningkatkan torsi akan melawan gerakan turbin sehingga perlu dipertahankan dengan cara merubah-ubah debit atau kapasitas dari pancaran air.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan dalam kajian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Apakah terjadi perubahan daya efektif yang dihasilkan oleh turbin air tipe crossflow pada variasi head yang diberikan
2. Apakah terjadi perubahan daya efektif yang dihasilkan oleh turbin air tipe crossflow pada variasi kapasitas aliran airnya
3. Berapakah daya efektif maksimum yang dihasilkan oleh turbin air tipe crossflow pada variasi head dan kapasitas aliran airnya
4. Berapa daya efektif yang dihasilkan oleh turbin air tipe cross flow pada variasi head dan kapasitas aliran airnya

1.3. Tujuan Kajian

Tujuan yang hendak dicapai dalam kajian ini adalah

1. Mengetahui system kerja secara nyata dari turbin air tipe cross-flow
2. Dapat mengetahui daya minimum dan daya maksimum yang dihasilkan turbin air tipe cross-flow pada variasi head dan kapasitas aliran air tertentu
3. Dapat menggambarkan grafik hubungan antara head dan kapasitas aliran dengan daya yang dihasilkan

1.4. Manfaat Kajian

Adapun manfaat yang hendak dicapai dalam kajian ini adalah agar mendapat suatu pemahaman yang lebih terinci lagi, khususnya tentang pengaruh variasi head dan kapasitas aliran air terhadap daya efektif pada turbin air tipe cross-flow sehingga didapatkan pendekatan interasi praktis terhadap pedoman teoritis maupun literature dengan aplikasinya secara nyata.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Umum

Turbin air adalah suatu mesin penggerak mula yang digunakan untuk menggerakkan mesin-mesin lainnya, dimana air sebagai fluida kerjanya. Air mempunyai sifat alami yaitu mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah dan juga mempunyai energi potensial.

Di dalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan.

Pada umumnya turbin air digunakan untuk menggerakkan generator listrik baik dalam skala mikro maupun makro, disamping itu turbin air dapat pula digunakan untuk menggerakkan pompa-pompa, penggilingan, penggergajian kayu, bengkel dan lain-lain.

2.2. Klasifikasi turbin Air

Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Energi mekanis diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu:

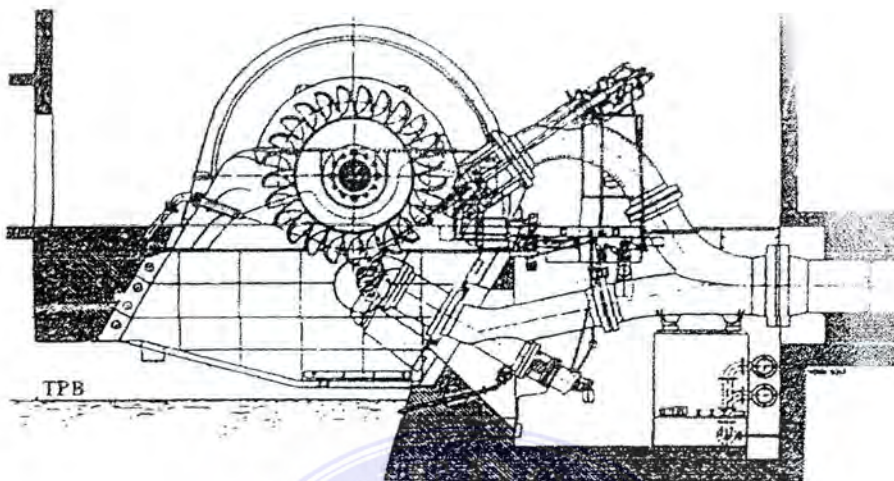
1. Turbin Impuls

Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nozle. Air keluar nozle yang 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 adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nosel tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan.

a. Turbin Pelton

Turbin pelton merupakan turbin impuls. Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nosel. Turbin Pelton adalah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk head tinggi.

Turbin ini digunakan untuk tinggi air jatuh yaitu 100 meter sampai 1800 meter. Poros dari turbin ini dapat dipasang mendatar (horizontal) maupun tegak (vertical). Pada turbin ini dilengkapi dengan deflektor jet yang terpasang antara nosel dan bucket yang dihubungkan dengan generator.



Gambar 2.1 Kontruksi Turbin Pelton (Fritz, 1992 : 30

Bentuk sudu terdiri dari dua bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pacaran air akan mengenai tengah-tengah sudu dan pancara air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya-gaya samapi. Untuk turbin dengan daya yang besar, sistem penyemprotan airnya dibagi lewat beberapa nosel. Dengan demikian diameter pancaran air bisa diperkecil dan ember sudu lebih kecil.

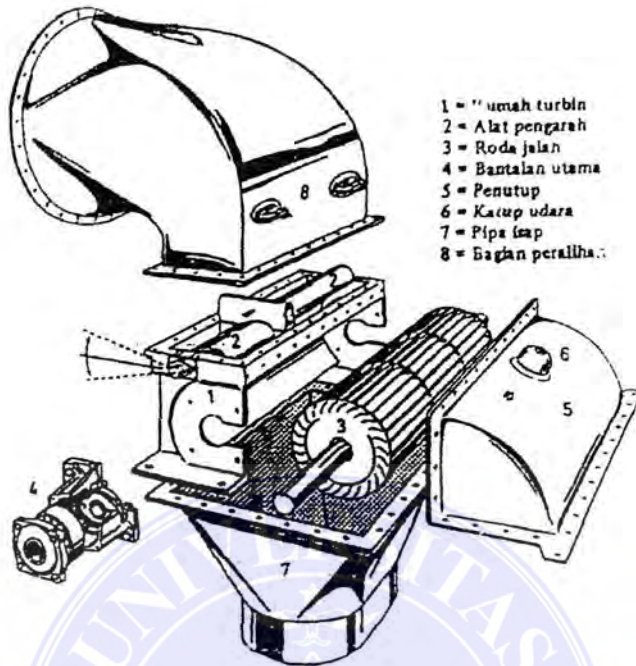
b. Turbin Banki (Cross-Flow)

salah satu jenis turbin impuls ini juga dikenal dengan nama Turbin Michell-Banki yang merupakan penemunya. Selain itu juga disebut Turbin Osberger yang merupakan perusahaan yang memproduksi turbin cross flow.

Turbin cross flow dapat dioperasikan pada debit 20 litres/sec hingga 10 m³/ sec dan

Turbin cross flow dapat dioperasikan pada debit 20 litres/sec hingga $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ dan head antara 1 s/d 200 m. turbin ini merupakan tipe baru dari turbin impuls yang mempunyai poros horizontal dengan aliran silang (Cross-Flow) dan merupakan pengembangan dari water wheel (kincir air) dengan bentuk runner yang sama dengan kincir air konvensional, tapi lebih lebar.

Turbin ini mempunyai kecepatan spesifik yang lebih besar dari pada turbin Pulton. Kecepatan aliran fluida di tumbukkan dua kali ke roda turbin, yaitu airnya ditumbukkan pada sudu tingkat pertama dan kemudian air dengan arah menyilang menumbuk sudu tingkat kedua. Kinerja dari turbin banki dapat mencapai 80% dengan konstruksi yang sederhana sehingga dapat dibuat di bengkel-bengkel kecil dan bahan yang digunakan dapat diperoleh dengan mudah. Tinggi air jatuh biasa digunakan diatas 1 meter samapai dengan 200 meter dan kapasitasnya antara $0,02 \text{ m}^3/\text{detik}$ samapi dengan $7 \text{ m}^3/\text{detik}$.



Gambar 2.2 Kontruksi Turbin Banki (Cross-1 low). (Fritz, 1992 : 30)

2. Turbin Reaksi

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 berputar. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi. *Runner* turbin reaksi sepenuhnya tercepul dalam air dan berada dalam rumah turbin.

Dalam turbin reaksi sebagai energi fluida diubah menjadi energi kinetik dengan mengalirkan energi kinetik dengan mengalirnya fluida melalui sudu-sudu

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

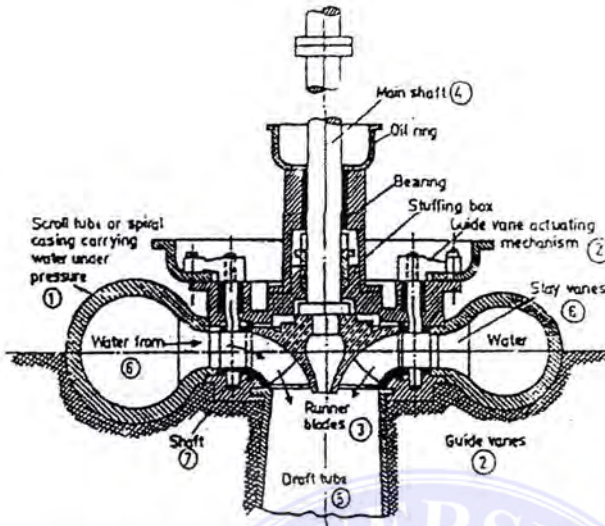
Access From (repository.uma.ac.id)28/8/23

Dalam turbin reaksi sebagai energi fluida diubah menjadi energi kinetik dengan mengalirkan energi kinetik dengan mengalirnya fluida melalui sudu-sudu pengarah (wicket gates) sebelum memasuki rotor dan pengubahannya selanjutnya terjadi di dalam rotor. Aliran air yang melalui turbin reaksi dapat berupa aliran radial, aksial atau campuran. Dua jenis turbin reaksi yang banyak dipakai adalah turbin Francis dan turbin Kaplan (Propeller). Selain itu terdapat pula jenis turbin reaksi lainnya yaitu turbin Deriaz (turbin aliran diagonal)

a. Turbin Francis

Pada turbin Francis air mengalir ke runner dengan arah radial dan keluar dengan arah aksial. Pada waktu air masuk ke roda jalan, sebagian dari energi jatuh telah bekerja di dalam sudu pengarah di ubah sebagai kecepatan arus masuk. Sisa energi tinggi jatuh di manfaatkan atau bekerja di dalam sudu jalan. Dengan adanya pipa isap memungkinkan energi tinggi jatuh bekerja di sudu jalan dengan semaksimal mungkin.

Turbin Francis konstruksi poronya dapat dibuat vertical maupun horizontal dan digunakan untuk tinggi jatuh menengah (medium head). Pada turbin ini baik sudu pangarah maupun sudu jalanya, keduanya terendam dalam air. Air yang masuk kedalam turbin bisa dialirkan melalui pengisian dari atas atau melalui suatu rumah yang berbentuk spiral (rumah keong)

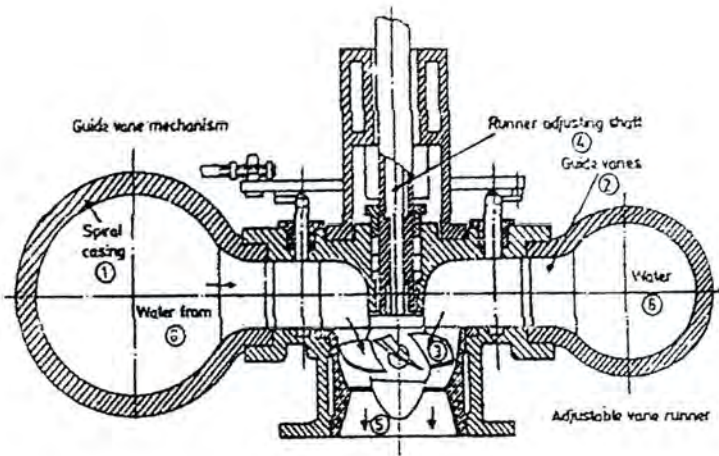


Gambar 2.3 Kontruksi Turbin Francis (Rao G, 1983 : 39)

b. Turbin Kaplan dan Propeller

Turbin Kaplan dan propeller merupakan turbin rekasi aliran aksial. Turbin ini tersusun dari propeller seperti pada perahu. Propeller tersebut biasanya mempunyai tiga hingga enam sudu

Turbin Kaplan digunakan pada head yang rendah dan debit yang besar sehingga sangat baik untuk mengatasi kondisi dimana head dan debit bervariasi. Sudu jalan pada turbin Kaplan mempunyai konstruksi yang dapat digerakkan. Jadi dengan demikian sudut sudu dapat diatur sesuai dengan kondisi operasi turbin saat itu, sehingga kerugian yang terjadi dapat diusahakan sekecil mungkin. Dengan demikian perlengkapan yang diperlukan akan bertambah banyak jumlahnya dan harganya pun akan lebih mahal



Gambar 2.2 Kontruksi Turbin Kaplan (Dao G, 1983 : 39)

Turbin ini memanfaatkan aliran fluida aksial serta kedudukan poros dapat dibuat vertical maupun horisontal.

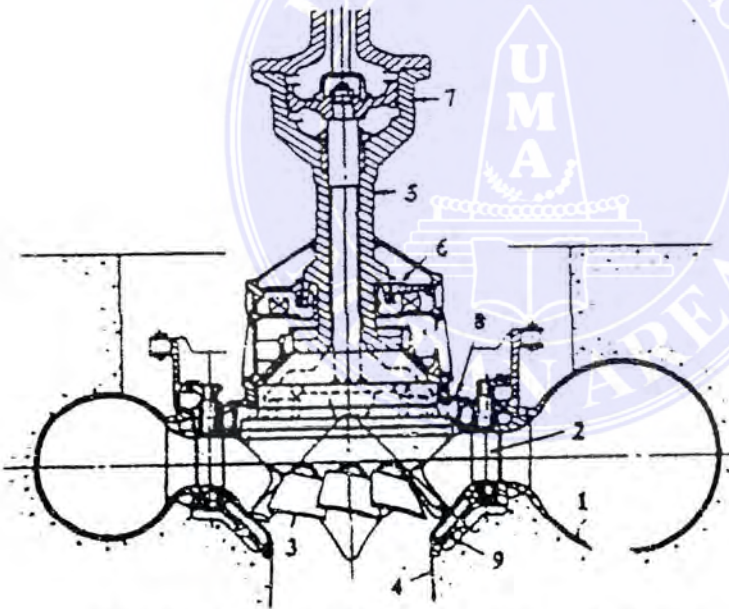
Turbin Kaplan dengan poros horizontal dikenal dengan nam Turbin Tabunga digunakan untuk head yang sanagt rendah. Pusat tenaga yang menggunakan turbin ini akan lebih rendah dan lebarnya labih aedikit, daripada konstruksi yang menggunakan poros vertical, karena turbin dengan poros vertical membutuhkan tempat untuk keran dan pipa isap yang lebih banyak.

Sedangkan untuk turbin propeller, biasanya hanya digunakan untuk head dan kapasitas yang konstan karena mempunyai sudu jalan yang tidak dapat diatur (tetap).

c. Turbin Deriaz (Aliran Diagonal)

Turbin Deriaz mempunyai sudu dengan lintasan air diagonal, disebut juga turbin bersudu ganda. Tipe turbin ini terletak antara turbin Francis dan turbin Kaplan. Sudu-sudunya juga kombinasi dari keduanya dengan efisiensi yang lebih tinggi dari turbin Kaplan dan beroperasi pada kondisi kavitas yang lebih baik kerakteristik turbin Francis.

Prinsip kerja turbin ini hampir sama dengan turbin Kaplan, perbedaannya terletak pada runner bladenya yang relatif lebih miring dan membentuk sudut 45° terhadap porosnya yang terpasang vertikal.



Gambar 2.2 Kontruksi Turbin Dcriaz (A. Arismunadar)

Keterangan Gambar

- | | |
|----------------|-----------------------|
| 1. Rumah Siput | 6. Bantalan |
| 2. Sudu Antar | 7. Servomotor sudu |
| 3. Rotor | 8. Tutup Atas |
| 4. Pipa Lepas | 9. Cincin Pelepas Air |
| 5. Poros Utama | |

2.3. Teori Dasar Perhitungan

2.3.1. Daya Turbin

Pada turbin air, daya yang berguna ialah daya poros atau daya efektif, karena poros itulah yang menggerakkan beban. Disamping itu terdapat pula daya yang lain, yaitu daya air (daya teoritis).

a. Daya Indikasi

Merupakan daya yang diberikan oleh air terhadap turbin atau daya input. Secara teoritis daya tersebut dapat ditentukan dengan rumus (K. Meerwarth, 1963 hal 3) :

$$N_i = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_e}{75} \text{ (HP)}$$

Dimana:

N_i = daya indikasi

γ = berat jenis air = 1000 kg/m³

Q = debit air (m³ / detik)

H_e = head efektif (m)

b. Daya Efektif

Daya efektif dapat ditentukan dengan menggunakan prony brake (rem gesek). (N. Petrovaky, hal.99)

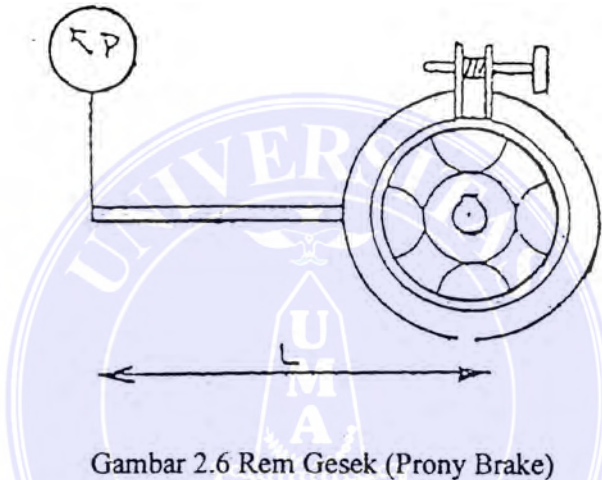
$$N_e = \frac{P \cdot l \cdot n}{716,2} \text{ (HP)}$$

Dimana :

P = beban pada poros (kg)

l = radius lengkap prony (0,2 mm)

n = kecepatan turbin (rpm)



Gambar 2.6 Rem Gesek (Prony Brake)

2.3.2. Kapasitas Aliran Air

Kapasitas aliran merupakan salah satu parameter pengaruh terhadap daya / energi air yang diberikan pada turbin. Dalam penelitian ini, untuk menentukan kapasitas aliran dilakukan pengukuran ketinggian cairan pada rectangular wair (bendung segi-empat), dengan persamaan Bernoulli antara 1 dan 2. (Victor L. Streeter, 1988 hal. 346)

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{\rho_1}{\gamma} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{\rho_2}{\gamma} + z_2$$

Dengan tekanan atmosfer local sebagai datum tekanan, $\rho_1 = \rho_2$ dan $z_1 = h$, $z_2 = h - y$. Kecepatan pada permukaan reservoir adalah (praktis) nol, maka:

$$0 + 0 + h = \frac{v_2^2}{2g} + 0 + h - y$$

Dan

$$V_2 = \sqrt{2gy}$$

Debit teoritis Q_t adalah:

$$Q_t = \int v dA$$

$$= \int_0^h v dy$$

$$= \sqrt{2g} L \int_0^h y^{1/2} dy$$

$$= \frac{2}{3} \sqrt{2g} L h^{3/2}$$

Kontraksi dan kerugian memperkecil debit nyata sampai lebih 62% debit teoritis, maka (Victor L. Streeter, 1998 hal. 346):

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g} L h^{3/2}$$

Dimana:

l = Lebar bendung = 0,246 m

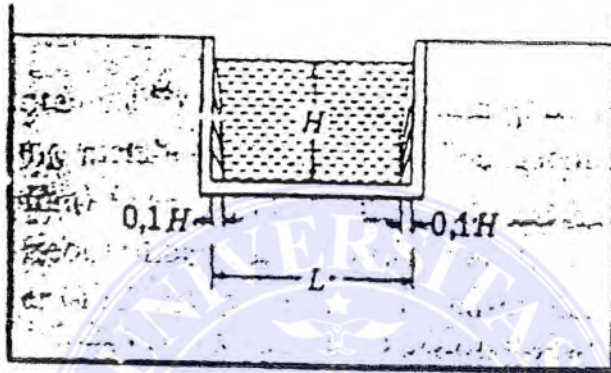
h = ketinggian permukaan aliran (m)

C_d = koefisien discharge = 0,62

g = Percepatan gravitasi = 9,81 m/s²

Pada penelitian yang dilakukan, bendung yang mempunyai kontraksi gulung. Koreksi empiris untuk perkurangan aliran dengan mengurangkan 0.1 h dari L untuk kantraksi ulang maka (Victor L. Streeter, 1998 hal. 346):

$$Q = \frac{2}{3} \cdot Cd \sqrt{2g[L - (n \cdot 0,1)h]} h^{3/2}$$



Gambar 2.7 Rectangular Weit (Victor L. 1998)

2.3.3. Head Efektif Turbin

Head Efektif turbin dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Robert L. Dauherty, 1985 hal . 346):

$$He = \frac{\rho}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z(m)$$

Dengan :

$$V = \frac{Q}{A} \text{ (m/dtk)}$$

Dimana :

ρ = tekanan air dalam nozel (Kg/m^3)

γ = Berat jenis air = 1000 Kg/m^3

V = kecepatan aliran dalam nozel (m/dtk)

g = percepatan gravitasi air (m/dtk)

Q = Kapasitas aliran air (m/dtk)

z = Elevelensi antara tekanan dalam nozel dengan tekanan keluar turbin = 0,56 m

2.3.4. Efisien Turbin

Perbandingan antara daya efektif dan daya teoritis turbin dikenal sebagai efisiensi total turbin tersebut, yaitu kemampuan untuk meneruskan energi mekanis pada poros.

$$\eta_o = \frac{N_e}{N_i}$$

Dimana :

N_e = daya efektif turbin (HP)

N_i = daya indikasi turbin (HP)

2.4. Karakteristik Turbin Air

Kurva-kurva karakteristik digunakan untuk mengetahui unjuk kerja dari turbin pada beberapa kondisi yang bervariasi. Kurva-kurva turbin biasanya dibuat oleh pabrik-pabrik pembuat turbin, berdasarkan percobaan-percobaan actual.

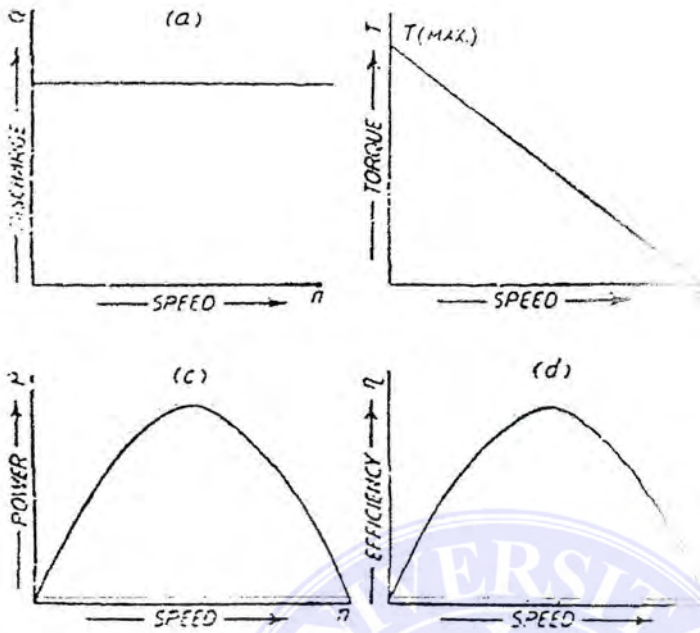
Beberapa parameter yang harus diketahui pada percobaan sebuah turbin adalah:

- a) Kecepatan turbin (v)
- b) Kapasitas aliran (Q)
- c) Tinggi Air jatuh (head) (H)
- d) Daya yang dihasilkan (N)
- e) Efisiensi total (η)
- f) Gate opening

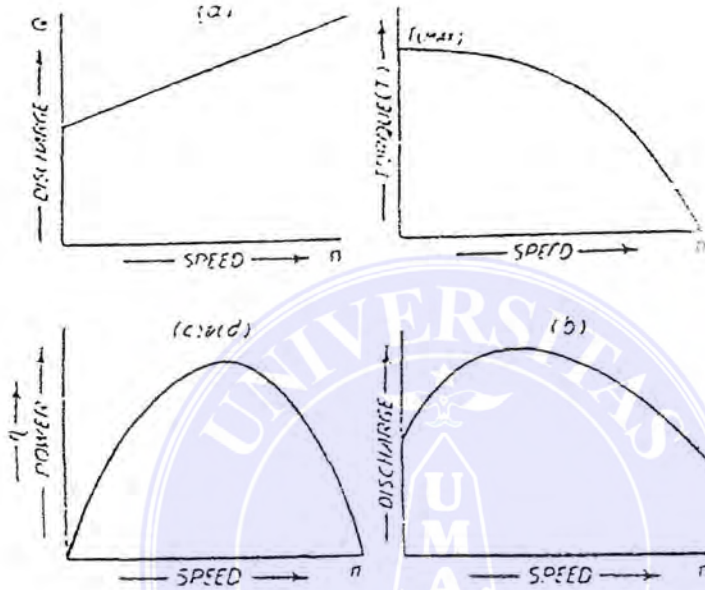
Kurva-kurva karakteristik turbin dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam, yaitu:

a. main characteristics

Kurva ini menunjukkan hubungan antara kecepatan turbin dengan kapasitas aliran, daya keluaran dan overall efficiency. Kondisi head dan gate opening di jaga konstan dalam berbagai variasi kecepatan umumnya turbin-turbin beroperasi pada kondisi head yang constant.



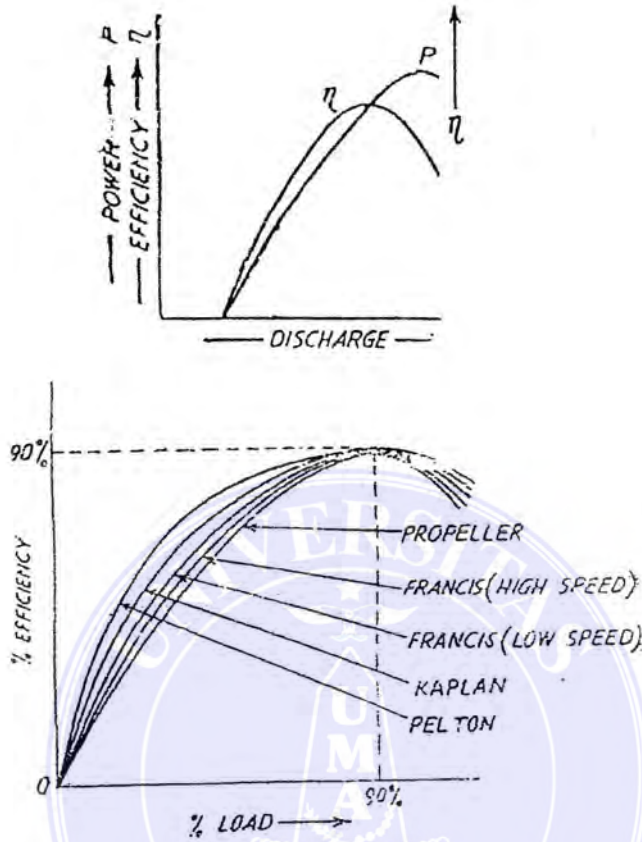
Gambar 2.8 Main Characteristic Curves Turbin Impuls (Pelton) (V.P Vasandani, 1980)



Gambar 2.9 Main Characteristic Curves Turbin Reaksi (V.P Vasandani,1980)

b. Operating Characteristics

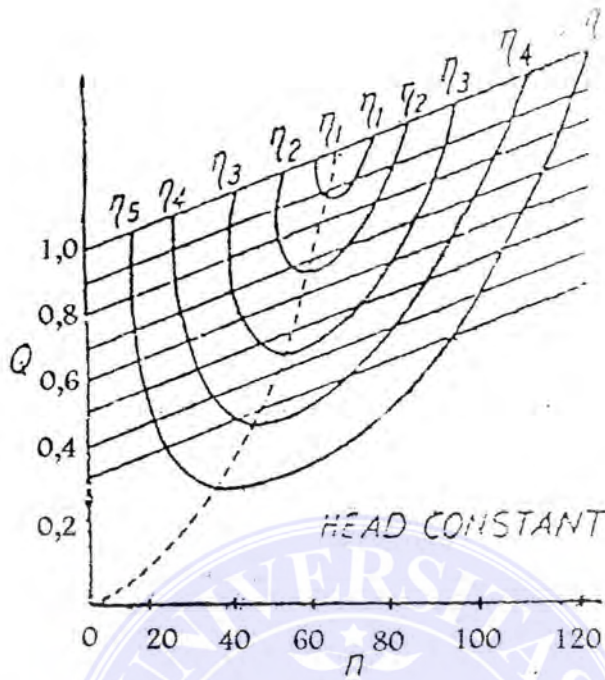
pelaksanaan turbin di lapangan memerlukan suatu keadaan kecepatan putar harus selalu konstan pada range yang telah ditentukan. Gambar di bawah memperlihatkan hubungan antara kapasitas dengan daya dan efisiensi serta pengaruh variasi beban terhadap overall efficiency-nya.



Gambar 2.9 Operating Characteristic Curves (V.P Vasandani, 1980)

c. Constenst efisiensi curves

Dari kurva dan kurva terlihat bahwa hubungan $n-\eta$ dfan kurva $n - Q$ bahwa hubungan $n-\eta$ membentuk suatu parabola, dimana terdapat dua nilai kecepatan untuk satu nilai efisiensi pada kapasitas yang konstan.



Gambar 2.9 Contant Efeciensy Curves (V.P Vasandani, 1980)

Berkaitan dengan berbagai variasi kecepatan tersebut, terdapat pula dua nilai kapasitas untuk masing-masing nilai efisiensi. Karena itu dapat disimpulkan, bahwa pada satu garis efesiensi kontan terdapat dua nilai kapasitas dan satu nilai untuk efisiensi maksimumnya. Kurva di atas memperlihatkan hubungan-hubungan tersebut untuk bukaan katup yang bervariasi.

d. Kecepatan Liar

kecepatan liar (runaway speed) suatu turbin adalah kecepatan putar turbin tanpa beban dengan kapasitas tertentu. Kecepatan maksimum yang mungkin kapasitas tertentu. Kecepatan maksimum yang mungkin terjadi dinamakan kecepatan liar maksimum. Apabila turbin bekerja pada tinggi air jatuh yang berubah-ubah, maka dipakai kecepatan liar terbatas yang sesuai dengan head terbesarnya. Kecepatan liar untuk masing-masing turbin mempunyai angka yang berbeda-beda, diantaranya:

- a. Turbin Pelton = 1,8 – 1,9 kali putaran normal
- b. Turbin Francis = 1,6 – 2,2 kali putaran normal
- c. Turbin Deriaz = 1,8 – 2,3 kali putaran normal
- d. Turbin Kaplan = 2,2 – 3,2 kali putaran normal

2.5. Kavitasasi

Menurut kaidah umum yang berlaku untuk air, yaitu apabila air mendapat tekanan kerencahan (Kurang dari satu atmosfer) yang lebih rendah dari tekanan uapnya akan terbentuk gelembung-gelembung uap air. Kemudian air tersebut mengalir ke tempat yang tekanannya lebih tinggi, maka gelembung-gelembung tersebut akan terkondensasi dan pecah dengan tiba-tiba, hal ini akan menyebabkan tekanan pada roda dengan tekanan setempat yang sangat tinggi.

Kavitasi tidak diinginkan karena akan menimbulkan lubang. Getaran mekanik dan berkurangnya efisien. Pada turbin impuls kavitasi dapat menimbulkan kerusakan pada ember, tetapi pada runner turbin reaksi biasanya

pengaruhnya akan lebih parah. Pada turbin reaksi, kavitasi sering terjadi pada sisi belakang dari daun baling-baling runner di dekat ujung-ujung ekornya. Kavitasi dapat dicegah dengan perencanaan, pemasangan dan pengoperasian turbin sedemikian rupa sehingga tidak ada satu titikpun yang tekanannya lebih rendah dari pada tekanan uap air.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. PLN (Persero) Cabang Sibolga Sektor Pandan PLTA Sipan Sipahcras, dengan waktu penelitian, seperti terlihat pada tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

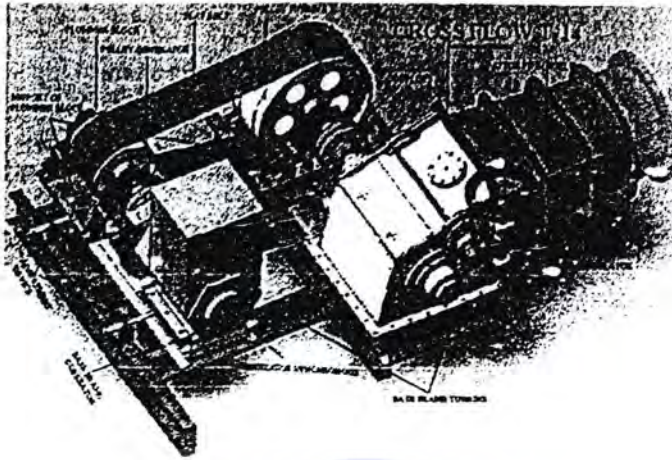
No	Kegiatan	Waktu Penelitian							
		I				II			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Studi Literatur	■	■	■					
2	Persiapan alat-alat		■	■	■				
3	Pengujian		■	■	■				
4	Pengolahan Data					■	■		
5	Penyusunan Skripsi							■	■

3.2 Peralatan Uji

Dalam penelitian pengaruh variasi head dan kapasitas aliran air (fluida) terhadap daya efektif yang dihasilkan turbin air tipe cross flow ini menggunakan alat sebagai berikut :

1. Instalasi Turbin Cross-Flow

Instalasi turbin air dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar.3.1 Instalasi Turbin Air Tipe Cross Flow

2. Tachometer

Adalah alat untuk mengukur putaran poros out put



Gambar 3.2 Tachometer

3. Timbang beban

4. Pressure meter

5. Gelas Panduga (Hook gage)

3.3 Populasi dan Sampel Peneliti

1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah besarnya head dan kapasitas aliran air yang diberikan kepada turbin dengan perantara pompa, dimana variasi head dan kapasitas aliran air tersebut diperoleh dengan cara mengatur bukaan kutup, yang terdiri dari 100 (seratus) besaran.

2. Sampel

Penelitian ini menggunakan teknik sampling eksperimen, dimana head dan kapasitas aliran air yang diberikan kepada turbin dibagi dalam 10 (sepuluh) tingkatan. Untuk masing-masing tingkatan dilakukan 10 (sepuluh) kali pengamatan.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu :

1. Menyiapkan lembar observasi dan alat-alat ukur (tachometer, timbangan beban, pressure meter, dan gelas penduga).
2. Periksa keadaan instalasi sebelum penelitian dimulai dan catat ketinggian air pada hook gage (gelas penduga) setelah bak pelimpah terisi penuh dan tenang.
3. Atur kedudukan penunjuk beban pada timbangan posisi nol dan tutup semua katup pada instalasi.
4. Tekan tombol start untuk menjalankan mesin, kemudian tunggu beberapa saat sampai instalasi berjalan normal.

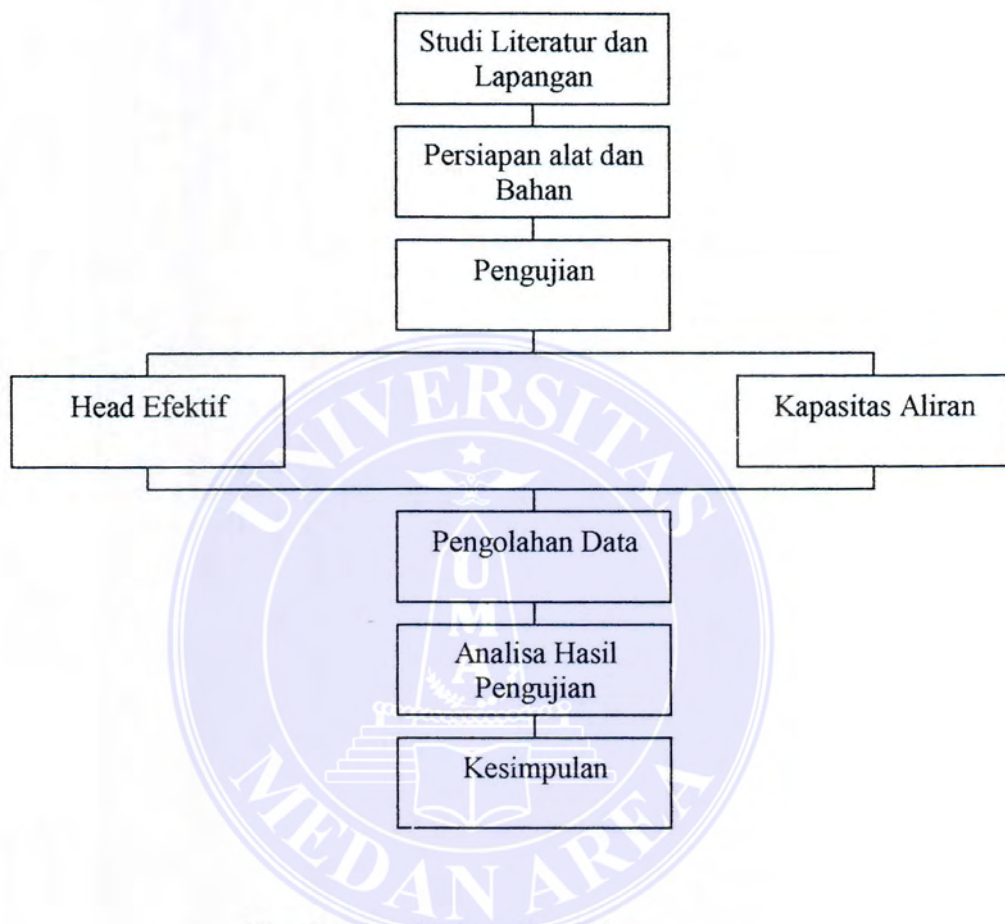
5. Atur putaran pompa yang diinginkan dengan cara mengantar posisi belt dalam hal ini putaran pompa sebesar 1600 rpm.
6. Buka katup utama / discharge valve pada pipa menuju turbin dalam penelitian ini persentase bukaan katup dibagi menjadi 10 (sepuluh) bagian dan amati seluruh besaran pada alat-alat ukur, untuk masing-masing bukaan katup.

3.5 tehnik Analisa Data

Teknik analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini, meliputi

1. Analisa Deskriptif
2. Dilakukan dengan cara menentukan rataan daya efektif untuk setiap bukaan katup. Dan selanjutnya dapat diketahui harga daya efektif untuk setiap bukaan.
3. Analisa anava satu jalur (one way)
4. Didahului dengan melakukan uji interval kepercayaan dan uji homogenitas varian. Kemudian dilanjutkan dengan uji kesamaan rataan dengan menggunakan uji F pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$.

3.6 Diagram Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Penelitian

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil analisa secara kualitatif pada bab sebelumnya memberi acuan untuk, menarik kesimpulan, yang dapat diinferensikan seperti berikut:

1. Terjadi perubahan daya efektif yang dihasilkan oleh turbin air tipe cross-flow pada variasi head efektif
2. Terjadinya perbedaan daya efektif yang dihasilkan oleh turbin tipe cross-flow pada variasi kapasitas aliran airnya
3. Rata-rata daya efektif maksimum yang dihasilkan untuk masing-masing variable control:
 - a. Beban konstan ($P = 1,5 \text{ kg}$) = 0,1275 HP
 - b. Beban kanstan ($P = 2,0 \text{ kg}$) = 0, 1273 HP
 - c. Putaran konstan ($n = 200 \text{ rpm}$) = 0,1432 HP
 - d. Putaran konstan ($n = 300 \text{ rpm}$) = 0,1223 HP
4. Rata –rata daya efektif minimum yang dihasilkan untuk masing-masing variable kontrol terhadap kesamaan, yaitu sebesar 0 HP pada bukaan katup ke 1 (satu)
5. Nilai head efektif dan kapasitas aliran air yang dapat menghasilkan daya efentif maksimum adalah sebesar:
 - a. 7,4565 l/dtk untuk $P = 1,5 \text{ kg}$
 - b. 7,4406 l/dtk untuk $=P = 2,0 \text{ kg}$

c. 7,3774 l / dtk dan 7,4565 l/dtk untuk $n = 200$ rpm

d. 7,4565 l/dtk untuk $n = 300$ rpm

5.2.Saran

Dalam penelitian ini dilakukan 10 (sepuluh) kali pengamatan untuk masing-masing bukaan katup. Dari hasil-hasil temuan didapat ternyata terdapat keheterogen data pada percobaan beban konstan ($P = 2,0$ kg). Untuk itu diberikan masukan-masukan kepada peneliti-peneliti selanjutnya yang ingin selanjutnya yang ingin melanjutkan atau mengembangkan penelitian pada turbin air tipe cross-flow:

- a. Hendaknya dilakukan lebih dari 10 (sepuluh) kali pengamatan untuk masing-masing bukaan katup, agar didapatkan kehomogenan data pada masing-masing bukaan katupnya
- b. Pada sambungan pipa dari instant pompa ke turbin hendaknya pengecilan sambungan digunakan pipa berbentuk konvergen guna menghindari penyempitan mendadak (sudden contraction) sehingga dapat mengurangi kerugian tekanan yang terjadi

DAFTAR PUSTAKA

1. Fritz . 1992. Diesel, Turbin, pompa dan Kompreser. Penerbit Erlangga Jakarta
2. N. S. Crovida Rad. 1983. Machines Hill Publishing Limited, New Delhi
3. A. Arismunadar. S. Kumahara. Teknik tenaga listrik jilid I Pradiya paramita, Jakarta.
4. Victor L. 1998. Mekanika Fluida Jilid 2 Edisi Delapan Penerbit Erlangga. Jakarta
5. V. P. Vasandani. 1980. Theory Of Hydroulic Machines Jahanna Publishers, Delhi

