

SKRIPSI

**ANALISIS KARAKTERISTIK KINERJA TURBIN AIR ARUS ATAS
DENGAN 8 (DELAPAN) SUDU LENGKUNG**

Disusun dan diajukan oleh:

SHODIQ AL-MAHMUD

D021181324



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2022

SKRIPSI
ANALISIS KARAKTERISTIK KINERJA TURBIN AIR ARUS ATAS
DENGAN 8 (DELAPAN) SUDU LENGKUNG

DISUSUN OLEH
SHODIQ AL-MAHMUD
D021181324

Merupakan Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas
Hasanuddin

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2022

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KARAKTERISTIK KINERJA TURBIN AIR ARUS ATAS DENGAN 8 (DELAPAN) SUDU LINGKUNG

Disusun dan diajukan oleh

SHODIQ AL-MAHMUD

D021 18 1324

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada Tanggal 4 Oktober 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, M.T

NIP. 19591220 198601 1 001


Prof. Dr. Ir. Luther Sule, M.T

NIP. 19560827 198503 1 001

Ketua Program Studi,


Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, S.T., M.T.

NIP. 19720825 200003 1 001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda – tangan dibawah ini:

Nama : Shodiq Al-Mahmud

Nim : D021 18 1324

Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Kinerja Turbin Air Arus Atas
Dengan 8 (Delapan) Sudu Lengkung

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Hasanuddin atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Gowa, 15 September 2022

Yang membuat pernyataan



Shodiq Al-Mahmud

**ANALISIS KARAKTERISTIK KINERJA TURBIN AIR ARUS ATAS
DENGAN 8 (DELAPAN) SUDU LENGKUNG**

Nama : SHODIQ AL-MAHMUD
Nim : D021 18 1324
Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT
Pembimbing II : Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT

ABSTRAK

Turbin air merupakan alat yang digunakan untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Pengujian ini dilakukan secara eksperimen menggunakan jenis sudu lengkung dengan jumlah sudu sebanyak 8 sudu dan jenis turbin air yang digunakan yaitu turbin *Pelton* dimana pancaran air yang keluar dari mulut nozel diterima oleh sudu-sudu pada turbin sehingga turbin berputar. Kemudian bervariasi debit dan pembebanan pada eksperimen ini.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kinerja turbin air arus atas 8 (delapan) sudu lengkung pada variasi pembebanan dan debit menghasilkan nilai yang tertinggi pada debit $0,00048 \text{ m}^3/\text{s}$ di pembebanan 2 kg dengan nilai daya turbin maksimum dihasilkan sebesar 8,1937 watt dan efisiensi turbin yang dihasilkan sebesar 91,314%.

Kata kunci : Daya turbin, efisiensi turbin, turbin *Pelton*

ANALYSIS OF THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF AN UPSTREAM TURBINE WITH 8 (EIGHT) CURVED BLADES

Nama : SHODIQ AL-MAHMUD
Nim : D021 18 1324
Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT
Pembimbing II : Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT

ABSTRACT

Water turbines are a tool used to convert water potential energy into mechanical energy. This test is carried out in experiment using a type of curved blade with a number of blades as many as 8 blades and the type of water turbine used is the pelton turbine where the water beam that comes out of the mouth of the nozzle is received by the blade on the water wheels so that the turbine rotate. Then vary the discharge and loading on this experiment.

The results obtained indicate that the performance of an 8 (eight) bowl blade top flow water turbine at variations in loading and discharge produces the highest value at a discharge of 0.00048 m³/s at a load of 2 kg with a maximum turbine power value of 8.1937 watts. and the resulting turbine efficiency is 91.314%.

Keywords : *Pelton* turbine, turbine efficiency, turbine power

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur dipanjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan kekuatan, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Analisis Karakteristik Kinerja Turbin Air Arus Atas Dengan 8 (delapan) Sudu Lengkung**”. Penyusunan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar..

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan serta masukan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga sangat menyadari penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa kerja keras penulis dan bantuan orang-orang terdekat yang selalu memberikan berbagai macam dukungan dan masukan demi kelancaran skripsi ini. Atas alasan itu pula penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih:

1. Kepada orang tua saya tercinta, Bapak Amiruddin Syam dan Ibu Hasnawiah Amin terima kasih atas semua kasih sayang, dan doa yang tidak pernah putus. Kalian adalah semangat penulis dalam menyelesaikan studi ini.
2. Bapak Dr.Eng. Jalaluddin ST., MT selaku ketua Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dan kemudahan yang diberikan.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT selaku pembimbing I Tugas Akhir.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT selaku pembimbing II Tugas Akhir.
5. Bapak Dr. Rustan Tarakka ST.,MT selaku penguji.
6. Bapak Gerrard Antonini Duma, ST., MT selaku penguji, sekaligus pendamping saat dilakukan pengambilan data.
7. Segenap Dosen Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Kanda Elieser Timbayo Sule S.T selaku pengarah pengambilan data saat meneliti.

9. Saudara-saudara seperjuangan penulis Reactor 2018 terutama saudara Nur Wahyudi Bakri selaku ketua angkatan Reactor 2018 yang sudah menjadi tim pendukung paling hebat yang selalu ada dalam suka maupun duka.
10. Himpunan Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah menjadi tempat untuk bermain dan belajar penulis.
12. Saudara Rizki Habibi, Ahya Adnan, Muhammad Alif Rifqi Zulfaqri sebagai partner dalam penyelesaian tugas akhir penulis.
13. Terakhir, penulis hendak menyapa setiap nama yang tidak dapat penulis cantumkan satu per satu, terima kasih doa yang senantiasa mengalir tanpa sepengetahuan penulis. Terima kasih sebanyak-banyaknya kepada orang-orang yang turut bersukacita atas keberhasilan penulis menyelesaikan skripsi ini. Senantiasa Allah SWT selalu memberikan kebahagiaan bagi kita semua.

Sebagai manusia biasa tentunya penulis masih memiliki banyak kekurangan pengetahuan dan pengalaman pada topik yang diangkat dalam skripsi ini, begitu pula dalam penulisannya yang masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis akan sangat senang jika menerima berbagai masukan dari pada pembaca baik berupa kritik maupun saran yang sifatnya membangun demi penyempurnaan penulisan skripsi di masa yang akan datang. Terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Gowa, 15 September 2022

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
NOMENKLATUR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kincir Air	4
2.2 Klasifikasi Kincir Air	5
2.3 Turbin Air	7

2.4	Klasifikasi Turbin Air	7
2.5	Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Putaran Turbin	11
2.6	Komponen Utama Turbin Air	11
2.7	Keadaan Beban Tidak Maksimum dan Pengaturan Turbin Air	12
2.8	Persamaan Rumus yang Digunakan.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		16
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2	Jenis dan Sumber Data	16
3.3	Tahapan Penelitian	16
3.4	Prosedur Pengambilan Data	17
3.5	Alat yang Digunakan.....	18
3.6	Rancangan Alat	22
3.7	Flow Chart Penelitian.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		24
4.1	Contoh Perhitungan.....	24
4.2	Hubungan Daya Turbin dengan Debit Air	27
4.3	Hubungan Efisiensi Turbin dengan Debit Air.....	29
4.4	Hubungan Beban dengan Daya Turbin	31
4.5	Hubungan Beban dengan Efisiensi Turbin.....	33
4.6	Hubungan Efisiensi Turbin dengan Daya Turbin	35
4.7	Hubungan Daya Turbin dengan Daya Air.....	37
4.8	Hubungan Efisiensi Turbin dengan Daya Air.....	39

4.9 Hubungan Efisiensi Turbin dengan debit Air	40
BAB V PENUTUP.....	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hubungan daya turbin terhadap debit air pada variasi debit.....	27
Tabel 4.2	Hubungan efisiensi turbin terhadap debit air pada variasi debit.....	29
Tabel 4.3	Hubungan daya turbin terhadap beban pada variasi debit	31
Tabel 4.4	Hubungan efisiensi turbin terhadap beban pada variasi debit	33
Tabel 4.5	Hubungan efisiensi turbin dengan daya turbin	35
Tabel 4.6	Hubungan daya turbin dengan daya air	37
Tabel 4.7	Hubungan efisiensi turbin dengan daya air.....	39
Tabel 4.8	Hubungan efisiensi turbin dengan debit air	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kincir Air tipe <i>Undershot</i>	5
Gambar 2.2	Kincir Air tipe <i>Breatshot</i>	6
Gambar 2.3	Kincir Air tipe <i>Overshot</i>	6
Gambar 2.4	Turbin <i>pelton</i>	8
Gambar 2.5	Turbin <i>turgo</i>	8
Gambar 2.6	Turbin <i>crossflow</i>	9
Gambar 2.7	Turbin <i>francis</i>	10
Gambar 2.8	Turbin <i>kaplan & propeller</i>	10
Gambar 2.9	Komponen Turbin	11
Gambar 2.10	Randemen beberapa konstruksi turbin air pada saat pembebanan sebagian	13
Gambar 3.1	Penampungan air	18
Gambar 3.2	Pompa <i>Sentrifugal</i>	19
Gambar 3.3	Pipa	19
Gambar 3.4	Kincir air.....	20
Gambar 3.5	<i>Stopwatch</i>	20
Gambar 3.6	Ember	20
Gambar 3.7	Pembebanan.....	21
Gambar 3.8	Neraca pegas.....	21
Gambar 3.9	Mistar.....	21
Gambar 3.10	<i>Tachometer</i>	22
Gambar 3.11	Instalasi alat	22
Gambar 3.12	Kincir air sudu lengkung	22
Gambar 3.13	<i>Flowchart</i> penelitian.....	23
Gambar 4.1	Hubungan daya turbin terhadap debit air	28
Gambar 4.2	Hubungan efisiensi turbin terhadap debit air.....	30
Gambar 4.3	Hubungan daya turbin terhadap beban	32
Gambar 4.4	Hubungan efisiensi turbin terhadap beban	34
Gambar 4.5	Hubungan efisiensi turbin dengan daya turbin.....	36

Gambar 4.6	Hubungan daya turbin dengan daya air	38
Gambar 4.7	Hubungan efisiensi turbin dengan daya air	40
Gambar 4.8	Hubungan efisiensi turbin dengan efisiensi debit.....	41

NOMENKLATUR

No.	Simbol	Keterangan	Satuan
1	Q	Debit	m^3/s
2	t	Waktu	s
3	V	Volume	liter
4	v	Kecepatan aliran air	m/s
5	A	Luas penampang	m^2
6	ρ	Massa jenis air	kg/m^3
7	P	Daya	watt
8	ω	Kecepatan sudut	rad/s
9	τ	Momen torsi	Nm
10	η	Efisiensi	%

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagian besar negara di dunia termasuk Indonesia, penggunaan energi listrik masih mengandalkan pembangkit berbahan bakar fosil yakni minyak bumi, gas alam dan batu bara yang kini terbatas jumlahnya di alam dan suatu saat akan habis, sementara permintaan akan energi listrik meningkat. Oleh karenanya pemanfaatan energi pada masa sekarang sudah diarahkan pada penggunaan energi terbarukan yang ada di alam. Misalnya energi air, energi angin, energi matahari, panas bumi, bahkan nuklir. Perlu dipertimbangkan, untuk negara Indonesia bahwa resiko penggunaan energi nuklir luar biasa, dapat merusak sistim genetika kehidupan makhluk hidup, ada beberapa contoh; seperti di kota Sernobil Rusia dan di negara Jepang akibat tsunami pembangkit tenaga nuklirnya mengalami kerusakan yang mencekam umat manusia saat ini, olehnya di negara kita Indonesia yang masih kaya dengan energi air yang tersedia banyak di pedesaan, utamanya pada saluran irigasi potensi energi airnya cukup dan bisa dipasang lebih dari satu kincir sepanjang salauran irigasi, cuma masalahnya perlu dikaji dan diteliti penggunaan kincir yang cocok dan sesuai serta murah menggunakan bahan-bahan alternatif yang tidak membutuhkan keahlian khusus membuatnya. (Sule, 2015).

Beranjak dari kebutuhan inilah yang menjadi cikal-bakal dimana air ternyata mampu dimanfaatkan sebagai sumber energi yang dikonversi menjadi energi listrik. Energi listrik selayaknya telah menjadi kebutuhan pokok bagi manusia karena manfaatnya mampu mengubah peradaban dunia menjadi lebih modern sehingga apa saja pekerjaan yang dilakukan akan terasa lebih mudah. Namun, masalah yang dihadapi ialah populasi manusia yang semakin hari semakin meningkat setiap tahunnya mengakibatkan kebutuhan energi listrik juga akan semakin meningkat, maka perlu adanya terobosan baru agar dapat meningkatkan energi listrik

untuk kebutuhan manusia. Mengingat air yang ternyata mampu dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik yang ramah lingkungan maka hal itu pun patut untuk dicoba. Dalam penelitian kali ini, saya akan meneliti terkait turbin air arus atas jumlah sudu 8 dengan bentuk sudu lengkung.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penelitian efisiensi terbaik dari turbin akan dilakukan. Maka dari itu penulis melakukan penelitian dengan judul **“ANALISIS KARAKTERISTIK KINERJA TURBIN AIR ARUS ATAS DENGAN 8 (DELAPAN) SUDU LENGKUNG”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, ada beberapa permasalahan yang dapat dirumuskan antara lain :

1. Bagaimana menganalisis daya turbin air arus atas menggunakan 8 sudu lengkung dengan variasi pembebanan dan debit ?
2. Bagaimana menganalisis efisiensi turbin air arus atas menggunakan 8 sudu lengkung dengan variasi pembebanan dan debit ?
3. Bagaimana menentukan kinerja terbaik turbin air arus atas menggunakan 8 sudu lengkung dengan variasi debit ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, ada beberapa tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menganalisis daya turbin air arus atas menggunakan 8 sudu lengkung dengan variasi pembebanan dan debit.
2. Menganalisis efisiensi turbin air arus atas menggunakan 8 sudu lengkung dengan variasi pembebanan dan debit.
3. Menentukan kinerja terbaik turbin air arus atas menggunakan 8 sudu lengkung dengan variasi debit.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian, antara lain :

1. Dalam penelitian ini, alat yang digunakan adalah turbin air dengan 8 sudu lengkung.
2. Material yang digunakan untuk setiap sudu yaitu akrilik.
3. Turbin air dengan perlakuan debit (Q) yang berbeda untuk sudu lengkung.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari ini penelitian ini adalah :

1. Mengetahui secara teoritis dan praktik proses pemanfaatan energi air dengan menggunakan alat eksperimental sehingga dapat menentukan kinerja terbaik.
2. Sebagai referensi untuk dilakukannya penelitian yang sama tentang pemanfaatan energi air dengan menggunakan turbin air arus atas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kincir Air

Kincir air adalah benda berbentuk lingkaran seperti roda sepeda yang berfungsi mengubah aliran air menjadi tenaga gerak putar. Dimana pada aliran air terdapat dua energi yaitu energi potensial (air dari ketinggian) dan energi kinetik. Energi dari aliran air ini akan mendorong sudu-sudu kincir sehingga alat ini berputar pada porosnya. Dimana pada porosnya akan dipasang *pulley* yang akan mentransmisikan putaran ke generator menggunakan sabuk. Selain kincir sebagai pembangkit listrik, alat ini dapat dimodifikasi lagi untuk mengangkat air ke daerah yang lebih tinggi dan menumpahkan ke talang penampung. Selanjutnya air dari talang dialirkan ke daerah-daerah yang membutuhkan (Suharsono, 2004).

Kincir air digerakkan oleh tenaga aliran air yang beraliran deras yang menyebabkan terdorongnya sudu-sudu kincir sehingga kincir berputar pada porosnya, yang kemudian pada poros kincir dipasang pulli. Dimana putaran dari pulli akan diteruskan ke generator menggunakan sabuk. Putaran tersebut akan memutar kumparan dari generator yang akan memotong garis-garis medan magnetnya. Gerakan inilah yang menimbulkan gaya gerak listrik (GGL). Kincir air juga dapat dibuat dari bahan kayu, plat besi, drum bekas yang dibelah, bekas veleg mobil dan gardannya atau veleg sepeda. Kincir air yang terbuat dari kayu sangat cocok untuk daerah-daerah yang memiliki persediaan kayu, misalnya daerah disekitar hutan ataupun tempat-tempat yang jauh dari lokasi pengelasan. Keuntungan dari kincir yang terbuat dari kayu yaitu biaya pembuatan kincir air dari kayu relatif murah, pembuatannya dapat langsung dilakukan dilokasi pemasangan. Kelemahan kincir ini mudah lapuk, apalagi kalau dibuat dari kayu muda. Jenis kayu yang cocok dibuat kincir ialah kayu ulin atau kayu besi karna kayu jenis ini tidak mudah lapuk walaupun terendam di air. Untuk mengatasi kelemahan dari kincir

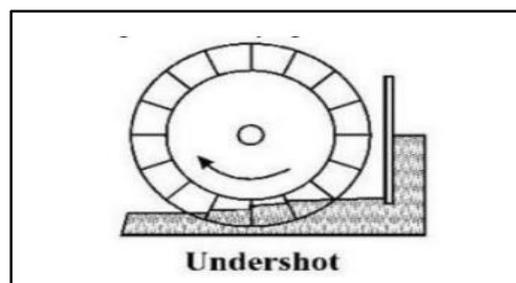
yang terbuat dari kayu maka dibuat kincir dari bahan drum, dimana lebih sederhana, biaya relatif murah dan mudah dibuat serta bahannya mudah didapatkan. Tapi sayangnya kincir ini tidak bisa diperbesar diameternya karena tergantung pada ukuran drum yang ada. Hal ini tidak sama dengan penggunaan kincir air dari bahan roda sepeda yang diameternya dapat diperbesar dan dimodifikasi untuk mengangkat air. Namun pada skala besar lebih menguntungkan menggunakan gardan mobil sebagai bahan kincir. Alasannya, daya yang dihasilkan lebih besar dan kincirnya dapat lebih tahan lama. Kelemahan dari kincir ini membutuhkan biaya yang relatif mahal. Dalam pembuatan kincir dari bekas gardan mobil ini pun memerlukan pengelasan sehingga proses pembuatan lebih sulit (Kusnaldi, 1999).

2.2 Klasifikasi Kincir Air

Klasifikasi kincir air/turbin air berdasarkan sistem aliran air pendorong yaitu titik darimana air akan mendorong sudu kincir air antara lain :

1. *Undershot* Kincir Air

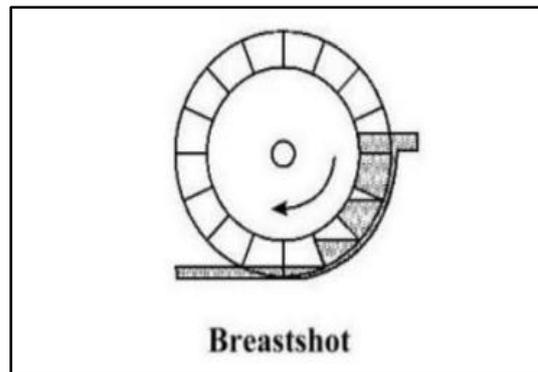
Undershot kincir air ini bekerja bila air yang mengalir menghantam sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Kincir air ini tidak mendapat keuntungan dari *head*. Tipe ini cocok untuk di pasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini juga di sebut “vitruvian”. Di sini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir



Gambar 2.1 Kincir Air Tipe *Undershot*

2. *Breastshot* Kincir Air

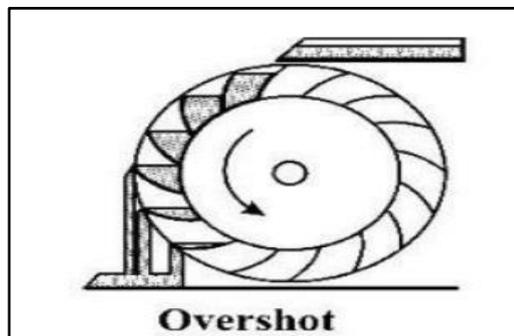
Breastshot kincir air ini merupakan perpaduan antara *overshot* dengan *undershot* di lihat dari energi yang di terimanya. Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi tinggi diameter kincir, arah aliran air yang menggerakkan kincir air di sekitar sumbu poros dari kincir air. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari tipe kincir air *undershot*.



Gambar 2.2 Kincir Air Tipe *Breastshot*

3. *Overshot* Kincir Air

Overshot kincir air ini bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudu-sudu bagian atas dan karena gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air ini yang paling banyak di gunakan di banding kincir lain.



Gambar 2.3 Kincir Air Tipe *Overshot* (Yohanes Morong, 2016)

2.3 Turbin air

Turbin adalah sebuah mesin penggerak yang memanfaatkan energi dari aliran fluida seperti air dan gas. Sedangkan turbin air merupakan turbin yang bekerja dengan menggunakan fluida air yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Dalam hal ini air memiliki energi potensial yang akan menjadi mekanik untuk menggerakkan sudu turbin. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. (Idrus, 2011)

Prinsip kerja turbin air 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. Aliran air yang mempunyai energi potensial akan disemprotkan ke sudu-sudu turbin oleh *nozzle*. Putaran dari sudu-sudu tersebut akan mengakibatkan poros turbin ikut bergerak dan kemudian putaran poros turbin akan diteruskan ke generator listrik untuk diubah menjadi energi listrik.

2.4 Klasifikasi Turbin Air

Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

2.4.1 Turbin Impuls

Turbin impuls disebut juga dengan turbin air tekanan sama karena tekanan air yang keluar dari nozel tekanannya sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Sehingga energi tempat dan energi tekanan yang dimiliki oleh aliran air dirubah semuanya menjadi energi kecepatan. Contoh dari turbin impuls ini adalah turbin pelton, turbin crossflow dan lain-lain.

1. 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. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk head tinggi.



Gambar 2.4 Turbin *pelton*

(Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Pelton_wheel)

2. Turbin *Turgo*

Turbin *Turgo* dapat beroperasi pada head 30 s/d 300 m. Seperti turbin pelton, turbin *turgo* merupakan turbin impuls tetapi sudunya berbeda. Pancaran air dari *nozzel* membentuk sudu pada sudut 200. Kecepatan putar turbin *turgo* lebih besar dari turbin *pelton*. Akibatnya dimungkinkan transmisi langsung dari turin ke generator sehingga menaikkan efisiensi total sekaligus menurunkan biaya perawatan.



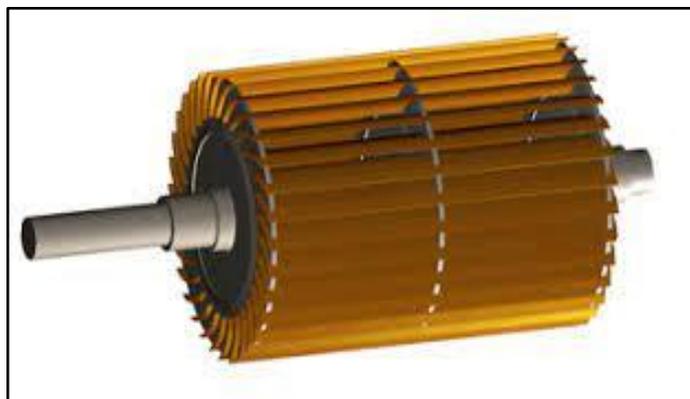
Gambar 2.5 Turbin *Turgo*

(Sumber : <https://Tamarhydro.com.au>)

3. Turbin *Crossflow*

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 crossflow. Turbin ini dapat dioperasikan dalam debit 20 liter/detik hingga 10 m³/detik dan tekanan antara 1 s/d 200m.

Turbin crossflow menggunakan *nozzle* persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar runner. Pancaran air masuk turbin mengenai sudu sehingga terjadi konversi energi (lebih rendah saat masuk) kemudian meninggalkan turbin. *Runner* turbin terbuat dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan paralel.



Gambar 2.6 Turbin *Crossflow*
(Sumber : Jurnal Elektronik Universitas Muhammadiyah Metro)

2.4.2 Turbin Reaksi

Turbin reaksi disebut juga turbin tekanan lebih, karena tekanan air 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 sebagai penggerak roda turbin dan sebagian lagi digunakan untuk mengeluarkan air kesaluran pembuangan. Jenis turbin reaksi yang sering digunakan antara lain, turbin *francis*, turbin *propeler* atau *kaplan*.

1. Turbin *Francis*

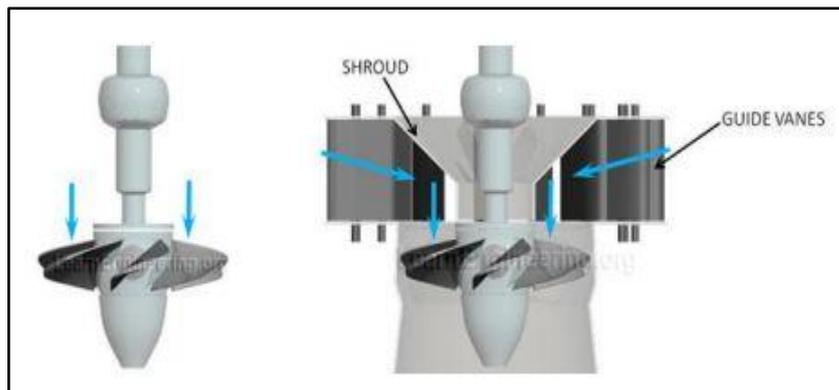
Turbin *Francis* merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian luar. Turbin *Francis* menggunakan sudu pengarah. Sudu pengarah mengarahkan air masuk secara tangensial. Sudu pengarah pada turbin *Francis* dapat merupakan suatu sudu pengarah yang tetap ataupun sudu pengarah yang dapat diatur sudunya untuk penggunaan pada berbagai kondisi aliran air penggunaan sudu pengarah yang dapat diatur merupakan pilihan yang tepat.



Gambar 2.7 Turbin *Francis*

2. Turbin *Kaplan & Propeler*

Turbin *Kaplan* dan *Propeler* merupakan turbin reaksi aliran aksial. Turbin ini tersusun dari *propeler* seperti pada perahu. *Propeler* tersebut biasanya mempunyai tiga hingga enam sudu. (Saputra, A. 2018)



Gambar 2.8 Turbin *Kaplan & propeler*
(Sumber : Saputra, A. 2018)

2.5 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Putaran Turbin

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi daya turbin yang dihasilkan, dimana daya turbin ini nantinya akan dikonversikan menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Tinggi Jatuh Air

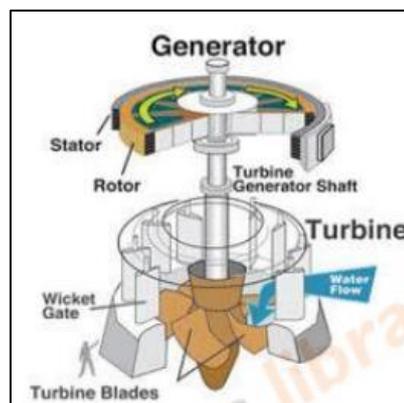
Faktor tinggi jatuhnya air efektif (*Net Head*) dan debit yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin. Semakin tinggi jatuh air maka kecepatannya semakin tinggi.

2. Debit

Faktor selanjutnya yaitu debit, dimana semakin banyak debit atau volume dari aliran air sungai tersebut maka daya yang dihasilkan akan besar. Dan konversi ke energi listrikpun semakin besar (Fadhita, Ali Akbar Muthahhari, 2020)

2.6 Komponen Utama Turbin Air

Pada suatu turbin air terdapat beberapa komponen utama pada turbin sehingga dapat menghasilkan daya yang dapat dirubah menjadi energi listrik, komponen turbin yang paling utama dibagi menjadi 2 bagian, yaitu *Stator* dan *Rotor*. Contoh dari komponen utama turbin air diperlihatkan pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Komponen Turbin (Najamudin, 2010)

1. Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari:

- a. Sudu-sudu adalah bagian yang berfungsi untuk menerima beban pancaran yang disemprotkan oleh *nozzle*.
- b. Poros adalah bagian yang berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar yang dihasilkan oleh sudu.
- c. Bantalan adalah bagian yang berfungsi sebagai perapat-perapat komponen-komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran pada sistem.

2. Stator

Stator adalah bagian yang diam pada sistem yang terdiri dari :

- a. Pipa pengarah / *nozzle* yang berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan fluida yang digunakan didalam sistem besar.
- b. Rumah turbin, berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen turbin.

2.7 Keadaan Beban Tidak Maksimum dan Pengaturan Turbin Air

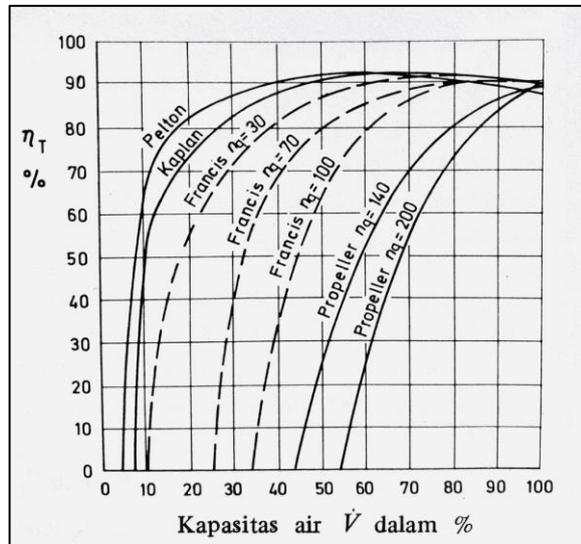
Ukuran dan penampang saluran air termasuk sudut-sudut sudu dari konstruksi turbin air yang berbeda-beda adalah diperuntukkan pada keadaan pembebanan yang normal (kebanyakan untuk pembebanan penuh). Bila turbin digunakan untuk menggerakkan generator, maka frekuensinya harus konstan, kecepatan putarnya harus tetap dan dengan demikian kecepatan keliling u_1 dan u_2 di dalam bagan segitiga kecepatan pada semua kondisi pembebanan harus sama.

Daya yang dihasilkan turbin didapat dari:

$$P = V \cdot Q \cdot g \cdot H \cdot \eta_T$$

Selama tinggi air jatuh H tetap sama, daya yang dihasilkan turbin disesuaikan dengan kebutuhan dengan jalan mengubah-ubah kapasitas air V . Hal ini dapat terjadi karena posisi peralatan pengarah yang berubah.

Sebagai hasilnya didapat perbedaan harga randemen turbin η_T pada saat pembebanan penuh, Gambar 2.9 (Friez Dietzel, 2005)



Gambar 2.10 Randemen beberapa konstruksi turbin air pada saat pembebanan sebagian (Tidak Maksimum).

2.8 Persamaan Rumus Yang Digunakan

Setelah didapatkan parameter-parameter data hasil pengujian yang diinginkan, maka dilakukan analisis untuk mengetahui sebab-sebab yang berpengaruh pada data yang didapatkan. Adapun parameter-parameter yang akan dihitung adalah:

1. Debit (Q)

Debit dapat diartikan sebagai volume air yang mengalir setiap detik (m^3/s), dimana debit air dapat dicari dengan persamaan berikut ini.

(Adam, A. 2021).

$$Q = \frac{v}{t} \quad (2.1)$$

Dimana :

Q = debit air (m^3/s)

t = waktu (s)

2. Kecepatan Aliran Air (v)

Kecepatan aliran air adalah banyaknya air yang mengalir dengan kecepatan tertentu persatuan waktu. (Adam, A. 2021)

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2.2)$$

Dimana :

$$A = \text{Luas permukaan } nozzle \text{ (m}^2\text{)}$$

3. Daya Air (P_{air})

Daya air adalah daya yang diberikan air terhadap sudu turbin atau daya yang tersedia pada air yang mengalir. Daya input yang dihasilkan oleh turbin tergantung pada kecepatan air dan debit air yang mengalir. (Adam, A. 2021). Pada pengujian aliran air lah yang dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin dengan kata lain energi kinetik air yang digunakan untuk menggerakkan sudu. Sehingga persamaan yang digunakan yaitu :

$$P_{air} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot v^2 \quad (2.3)$$

Dimana :

$$P_{air} = \text{daya air (W)}$$

$$\rho = \text{massa jenis air (kg/m}^3\text{)}$$

4. Daya Turbin (P_{turbin})

Daya turbin air adalah daya yang berguna dari turbin. Daya *output* yang dihasilkan oleh turbin arus atas tergantung pada kecepatan air, luas penampang dan putaran turbin itu sendiri (Adam, A. 2021). Dari perhitungan torsi kincir dan kecepatan sudut maka diperoleh persamaan daya *output* turbin, yang dapat dituliskan sebagai berikut.

$$P_{turbin} = T \cdot \omega \quad (2.4)$$

Dimana :

$$P_{turbin} = \text{Daya turbin (W)}$$

$$T = \text{Torsi (N.m)}$$

$$\omega = \text{Kecepatan sudut (m/s)}$$

5. Efisiensi Turbin

Dalam menentukan efisiensi daya dari turbin tergantung daya *input* dan daya *output* turbin , yang dapat dituliskan dalam bentuk persamaan. (Adam, A. 2021).

$$\eta_t = \frac{P_{turbin}}{P_{air}} \times 100\% \quad (2.5)$$

Dimana :

η_t = efisiensi turbin (%)