

SKRIPSI

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

DISUSUN OLEH:

ALIF MUHAMMAD RIFQI ZULFAHRI

D021181509



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2022

SKRIPSI

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

Disusun dan diajukan oleh
ALIF MUHAMMAD RIFQI ZULFAHRI
D021181509

**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 8 (DELAPAN) SUDU BENGKOK

Disusun dan diajukan oleh

ALIF MUHAMMAD RIFQI ZULFAHRI

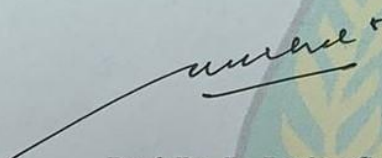
D021 18 1509

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. Luther Sule, M.T

NIP. 19560827 198503 1 001


Gerard Antonini Duma, S.T, M.T

NIP. 19920226 201903 1 009

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 : ALIF MUHAMMAD RIFQI ZULFAHRI

NIM : D021 18 1509

JUDUL SKRIPSI : ANALISIS KARAKTERISTIK KINERJA TURBIN AIR
ARUS ATAS 8 (DELAPAN) SUDU BENGKOK

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, 20 September 2022

Yang membuat pernyataan,



Alif Muhammad Rifqi Zulfahri

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

Nama : ALIF MUHAMMAD RIFQI ZULFAHRI
Nim : D021 18 1509
Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT
Pembimbing II : Gerard Antonini Duma, ST, MT

ABSTRAK

Energi air merupakan salah satu energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan listrik dimana Indonesia memiliki ketersediaan air mencapai 694 miliar meter kubik per tahun. Jumlah tersebut pada dasarnya merupakan potensi yang dapat dimanfaatkan, namun pada kenyataannya saat ini baru sekitar 23 persen yang dimanfaatkan. Pemanfaatan energi air sebagai pembangkit listrik dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang dihubungkan ke generator. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja terbaik turbin air tipe overshoot dengan sudu bengkok 45° . Pengujian ini dilakukan secara eksperimen menggunakan jenis sudu bengkok 45° dengan jumlah sudu sebanyak 8 sudu dan jenis turbin air yang digunakan yaitu turbin banki dimana pancaran air yang keluar dari mulut nozel diterima oleh sudu-sudu pada turbin sehingga turbin berputar. Variasi debit yang digunakan pada eksperimen ini adalah $0,000437 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,000469 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $0,00048 \text{ m}^3/\text{s}$ dan pembebanan 0,5 kg, 1 kg, 1,5 kg, 2 kg, dan 2,5 kg.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kinerja turbin air arus atas 8 (delapan) sudu bengkok pada variasi pembebanan dan debit menghasilkan nilai yang tertinggi pada debit $0,00048 \text{ m}^3/\text{s}$ di pembebanan 1,5 kg dengan nilai daya turbin maksimum dihasilkan sebesar 5,4515 watt dan efisiensi turbin yang dihasilkan sebesar 60,7538%.

Kata kunci : daya, efisiensi, turbin air arus atas, sudu bengkok

ANALYSIS OF PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF UPPER-CURRENT WATER TURBINE 8 (EIGHT) CROOKED

Nama : ALIF MUHAMMAD RIFQI ZULFAHRI
Nim : D021 18 1509
Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT
Pembimbing II : Gerard Antonini Duma, ST, MT

ABSTRACT

Water energy is one of the renewable energies to meet electricity needs where Indonesia has water availability reaching 694 billion cubic meters per year. This amount is basically a potential that can be utilized, but in reality only about 23 percent is currently being utilized. Utilization of water energy as a power plant is done by using a waterwheel or water turbine which is connected to a generator. This study aims to determine the best performance of an overshoot type water turbine with a crooked blade of 45°. This test was carried out experimentally using a 45° crooked blade with total of 8 blades and the type of water turbine used was the banki turbine where the jet of water coming out of the nozzle mouth was received by the blades on the turbine so that the turbine rotates. This experiment was 0.000437 m³/s, 0.000469 m³/s, and 0.00048 m³/s and the loadings were 0.5 kg, 1 kg, 1.5 kg, 2 kg, and 2.5 kg.

The results obtained indicate that the performance of an 8 (eight) crooked blade overshoot water turbine at variations in loading and discharge produces the highest value at a discharge of 0.00048 m³/s at a loading of 1.5 kg with a maximum turbine power value of 5.4515. watts and the resulting turbine efficiency is 60.7538%.

Keywords : power, efficiency, overshoot water turbine, crooked blade

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 Bengkok**”. 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. Teristimewa kepada Orang Tua saya tercinta Bapak Zulfahri Djafar dan Ibu Ida royani, dan saudara saya yang selalu mendoakan, 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. Luther Sule, MT selaku dosen pembimbing pertama atas segala bimbingan, arahan serta masukan selama penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Gerard Antonini Duma, ST, MT selaku pembimbing kedua skripsi saya yang telah memberikan kritik dan saran bimbingan maupun arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Prof Zulkifli Djafar dan Ibu Dr. Zuryati Djafar yang telah banyak membantu selama menjalani pendidikan S1.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT selaku penguji.

7. Bapak Dr. Rustan Tarakka ST.,MT selaku penguji.
8. Bapak dan Ibu Dosen dan serta staff administrasi Departemen Teknik Mesin yang telah membantu kami dalam mengurus dan memudahkan perjalanan berkas kami menuju Rektorat.
9. Kanda Elieser Timbayo Sule S.T selaku pengarah pengambilan data saat meneliti.
10. Saudara-saudara seperjuangan penulis Reactor 2018 terutama saudara Muhammad Rijal dan Andi Irham Royansyah yang sudah menjadi tim pendukung paling hebat yang selalu ada dalam suka maupun duka.
11. Himpunan Mahasiswa Mesin yang telah menjadi tempat untuk belajar dan bermain penulis.
12. Saudara Rizki Habibi, Shodiq Al – Mahmud, Ahya Adnan sebagai parter 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
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.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Potensi Energi Air	4
2.2 Pengertian Turbin Air.....	4
2.3 Prinsip Kerja Turbin Air.....	5
2.4 Klasifikasi Turbin Air	5
2.4.1 Turbin Implus.....	5
2.4.2 Turbin Reaksi	8
2.5 Komponen Turbin Air	10
2.5.1 Rotor.....	10

2.5.2	Stator	10
2.6	Kincir Air	11
2.7	Jenis-Jenis Kincir Air	11
2.7.1	Kincir Air <i>Overshoot</i>	11
2.7.2	Kincir Air <i>Undershoot</i>	12
2.7.3	Kincir Air <i>Breastshoot</i>	13
2.8	Keadaan Beban Tidak Maksimum dan Pengaturan Turbin Air	14
2.9	Persamaan Rumus yang digunakan	15
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2	Objek Penelitian	17
3.3	Tahapan Penelitian	17
3.4	Prosedur Pengambilan Data	18
3.5	Alat yang Digunakan	19
3.6	Rancangan Alat	23
3.7	Flow Chart Penelitian	24
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1	Contoh Perhitungan	25
4.2	Hubungan Daya Turbin dengan Beban	28
4.3	Hubungan Efisiensi Turbin dengan Beban.....	30
4.4	Hubungan Efisiensi Turbin dengan Daya Turbin.....	32
4.5	Hubungan Efisiensi Turbin dengan Debit Air.....	34
BAB V	PENUTUP	38
5.1	Kesimpulan.....	38
5.2	Saran	39

DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hubungan daya turbin terhadap beban pada variasi debit	28
Tabel 4. 2 Hubungan efisiensi turbin terhadap beban pada variasi debit.....	30
Tabel 4. 3 Hubungan Efisiensi turbin dengan Daya Turbin.....	32
Tabel 4. 4 Hubungan Efisiensi dengan Debit Air	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Turbin Pelton.....	6
Gambar 2. 2 Pembeloan Pancaran Turbin Pelton	6
Gambar 2. 3 Skema Turbin Aliran Ossberger.....	7
Gambar 2. 4 Runner Turbin Crossflow	7
Gambar 2. 5 Turbin Francis tipe horizontal	8
Gambar 2. 6 Turbin Francis tipe Vertikal	9
Gambar 2. 7 Roda baling-baling Turbin Kaplan.....	9
Gambar 2. 8 Skema dua jenis Turbin Propeller, Poros Vertikal (kiri) dan Poros Horizontal (kanan)	10
Gambar 2. 9 Kincir Air Overshoot.....	12
Gambar 2. 10 Kincir Air <i>Undershoot</i>	13
Gambar 2. 11 Kincir Air <i>Breastshoot</i>	13
Gambar 2. 12 Randemen beberapa konstruksi turbin air pada saat pembebanan sebagian (Tidak Maksimum).....	15
Gambar 3. 1 Penampungan Air	19
Gambar 3. 2 Pompa Sentrifugal	19
Gambar 3. 3 Pipa.....	20
Gambar 3. 4 Kincir Air	20
Gambar 3. 5 <i>Stopwatch</i>	21
Gambar 3. 6 Ember	21
Gambar 3. 7 Pembebanan	21
Gambar 3. 8 Neraca Pegas	22
Gambar 3. 9 Mistar	22
Gambar 3. 10 Tachometer.....	22
Gambar 3. 11 Instalasi Alat.....	23
Gambar 3. 12 Kincir Air Sudu Bengkok.....	23
Gambar 3. 13 Flowchart Penelitian.....	24
Gambar 4. 1 Hubungan daya turbin terhadap beban.....	29
Gambar 4. 2 Hubungan efisiensi turbin terhadap beban	31
Gambar 4. 3 Hubungan Efisiensi turbin dengan Daya Turbin.....	33

Gambar 4. 4 Hubungan Efisiensi Turbin dengan Debit air..... 35

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

Saat ini kebutuhan energi sangat dibutuhkan masyarakat untuk melakukan aktivitas sehari-hari. Kebutuhan energi akan selalu meningkat dari tahun ke tahun karena bertambahnya jumlah manusia. Seperti kita ketahui bersama, energi fosil merupakan penyuplai energi terbesar di dunia begitu juga di Indonesia pada tahun 2016, sekitar 75% energi fosil merupakan penyuplai energi terbesar berupa gas, batu bara dan bahan bakar minyak bumi. Sementara itu, sumber energi fosil, khususnya minyak bumi, semakin terbatas, sedangkan penggunaan energi fosil yang terus menerus berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan organisme. Ini karena bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak dan gas alam mengandung persentase karbon yang tinggi. Karbon dioksida adalah gas tidak berwarna, senyawa karbon dengan oksigen, tidak mudah terbakar dan larut dalam air. Jika karbon dioksida di lepaskan ke udara, ia akan bergabung dengan oksigen dan membentuk karbon dioksida. Karbon dioksida adalah salah satu gas rumah kaca yang meningkatkan radiasi dan berkontribusi terhadap pemanasan global, yang meningkatkan suhu rata-rata permukaan bumi. sehingga penggunaan energi baru terbarukan bisa menjadi pengganti, namun energi baru terbarukan masih belum optimal sementara potensinya masih sangat besar (Fitriansyah dkk, 2020).

Air merupakan salah satu sumber daya alam dengan fungsi yang sangat penting bagi kehidupan dan kehidupan semua makhluk hidup, termasuk manusia. Air adalah sumber dari semua kehidupan di planet ini. Dari air mulai hidup pada tahun dan karena air peradaban berkembang dan berkembang. Tanpa air, berbagai proses vital tidak dapat berlangsung, sehingga penyediaan air baku untuk kebutuhan domestik, irigasi, dan industri menjadi perhatian dan prioritas. Inilah sebabnya mengapa Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB)

telah menyatakan negara sebagai hak asasi manusia; Artinya, setiap manusia di muka bumi ini memiliki hak dasar yang sama dalam penggunaan air. Secara nasional, ketersediaan air di Indonesia mencapai 694 miliar meter kubik per tahun. Jumlah tersebut pada dasarnya merupakan potensi yang dapat dimanfaatkan, namun pada kenyataannya saat ini baru sekitar 23 persen yang dimanfaatkan, dimana hanya sekitar diantaranya yang 20 persen digunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku rumah tangga, kota dan kawasan industri, sisanya 80 persen digunakan untuk kebutuhan air baku. Memenuhi kebutuhan irigasi (Samekto & Winata, 2010).

Pembangkit listrik tenaga air merupakan salah satu jenis energi yang telah banyak digunakan di Indonesia, dalam skala besar yang telah digunakan untuk menghasilkan listrik. Beberapa bisnis di sektor pertanian bahkan memiliki pembangkit listrik tenaga air sendiri. Di masa depan, untuk pembangunan pedesaan, termasuk industri kecil yang jauh dari jaringan nasional, listrik yang dihasilkan oleh sistem mikrohidro dapat berkembang pesat (Sule, 2013).

Pemanfaatan dalam penggunaan energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dalam bentuk energi mekanik dan energi listrik. Penggunaan tenaga air terutama melalui penggunaan kincir air (water wheel) atau turbin air menggunakan air terjun atau arus sungai (Sule, 2015). Karena memiliki potensi yang menjanjikan di masa depan. Dalam penelitian kali ini, peneliti akan meneliti terkait **“ANALISIS KARAKTERISTIK KINERJA TURBIN AIR ARUS ATAS 8 (DELAPAN) SUDU BENGKOK”** menggunakan material akrilik dengan variasi debit dan pembebanan yang digunakan.

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 bengkok dengan variasi pembebanan dan debit?

2. Bagaimana menganalisis efisiensi turbin air arus atas menggunakan 8 sudu bengkok dengan variasi pembebanan dan debit?
3. Bagaimana menentukan kinerja terbaik turbin air arus atas menggunakan 8 sudu bengkok 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 bengkok dengan variasi pembebanan dan debit.
2. Menganalisis efisiensi turbin air arus atas menggunakan 8 sudu bengkok dengan variasi pembebanan dan debit.
3. Menentukan kinerja terbaik turbin air arus atas menggunakan 8 sudu bengkok 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 bengkok.
2. Material yang digunakan untuk setiap sudu yaitu akrilik.
3. Turbin air dengan perlakuan debit (Q) yang berbeda untuk jenis sudu bengkok.

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 Potensi Energi Air

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapatkan, pada air tersimpan sebagai energi potensial (pada air yang jatuh) dan energi kinetik (pada air yang mengalir). tenaga air (hydropower) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir.

Penggunaan energi air terutama melalui kincir air atau turbin air yang memanfaatkan keberadaan air terjun atau arus sungai. Besarnya Jumlah tenaga air yang tersedia dari sumber air tergantung pada besarnya head dan aliran air. Selain menggunakan air jatuh hydropower, tenaga air dapat diperoleh dari aliran datar atau sungai. Pada umumnya, sebagian besar sungai memiliki aliran yang airnya selalu mengalir relatif mendatar, hal ini dikarenakan disepanjang sungai hanya terdapat kemiringan yang kecil. Biasanya kincir air atau turbin air, biasanya dipasang hanya pada aliran air yang curam atau vertikal, meskipun air yang bergerak memiliki energi kinetik yang dapat diubah menjadi energi mekanik (Sahbana,2019).

2.2 Pengertian Turbin Air

Sekitar abad ke-19, turbin air mulai banyak digunakan sebagai komponen pembangkit listrik. Turbin air memiliki fungsi mengubah energi listrik yang meliputi energi potensial, tekanan dan kinetik menjadi bentuk energi mekanik berupa poros yang berputar.

Turbin air adalah mesin penggerak yang mengubah energi potensial menjadi energi mekanik dengan air sebagai fluida Kerjanya. Secara historis, turbin air saat ini berasal dari kincir air sejak Abad Pertengahan digunakan untuk memecah batu bara dan keperluan pabrik gandum. Sudu pada roda turbin merupakan struktur berbentuk lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, di mana air bertindak sebagai fluida kerja yang mengalir melalui celah-celah sudu. Tentunya dengan ini, roda turbin dapat berputar karena sudu-sudu memiliki gaya putar (Siswadi, S. DKK 2020).

2.3 Prinsip Kerja Turbin Air

Turbin air adalah turbin di mana air adalah fluida operasinya. Sifat air yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah memberikan energi potensial. Selama dalam proses aliran di dalam pipa, energi potensial secara bertahap diubah menjadi energi kinetik. Semua energi potensial air di turbin ini diubah menjadi energi kinetik sebelum air masuk/menabrak sudu-sudu oleh alat pengubah yang disebut nozel, putaran sudu akan mengakibatkan poros turbin ikut bergerak yang akan diteruskan ke generator listrik untuk menjadi energi listrik (Muis, A. 2010).

2.4 Klasifikasi Turbin Air

Turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik diubah menjadi generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik (momentum fluida kerja), turbin air dibagi menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. (Mafruddin, M., & Irawan, D. 2014).

Turbin air dibedakan dua kelompok, yaitu berdasarkan kapasitas aliran dan tinggi air jatuh. Berdasarkan klasifikasi turbin air dibagi menjadi dua, antara lain :

2.4.1 Turbin Impuls

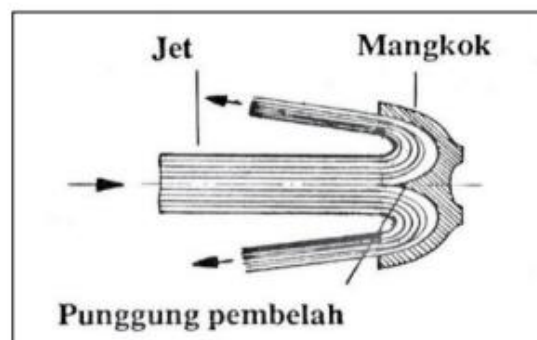
Turbin impuls disebut turbin air tekanan sama karena tekanan air yang keluar dari nozel sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Sehingga energi tempat dan energi tekanan yang dimiliki oleh aliran air diubah menjadi energi kecepatan. Ada beberapa jenis turbin air, termasuk turbin impuls, antara lain: Turbin Pelton dan Turbin Crossflow.

2.4.1.1 Turbin Pelton

Turbin ini ditemukan sekitar tahun 1880 oleh Pelton of America. Turbin Pelton adalah turbin impuls. Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu yang berputar oleh pancaran air yang dikeluarkan dari satu atau lebih perangkat yang disebut nozel. Turbin Pelton adalah salah satu jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok untuk head tinggi.



Gambar 2. 1 Turbin Pelton
(Sumber: Aryono, T. 2019)

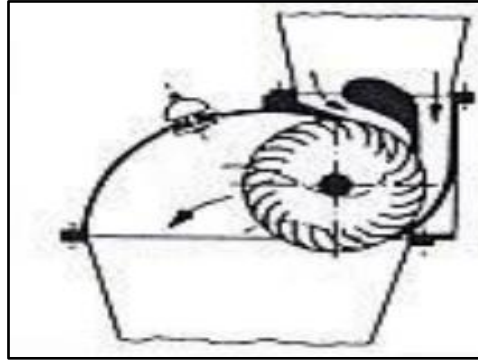


Gambar 2. 2 Pembeloan Pancaran Turbin Pelton
(Sumber: Aryono, T. 2019)

2.4.1.2 Turbin Cross Flow

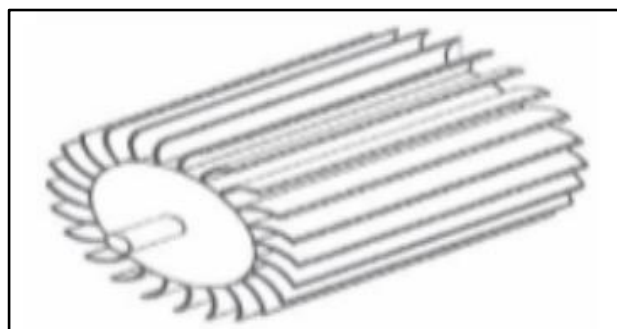
Jenis turbin impuls ini juga dikenal sebagai turbin Michell-Banki. Turbin ini dimodifikasi oleh Michell dari Australia dan Banki dari Hongaria. Itu juga dikenal sebagai turbin Ossberger, adalah perusahaan yang memproduksi

turbin aliran silang(cross flow). Turbin crossflow dapat digunakan dengan laju aliran dari 20 liter/sec hingga 10 m³ /s dan head dari 1 hingga 200 m.



Gambar 2. 3 Skema Turbin Aliran Ossberger
(Sumber: Aryono, T. 2019)

Turbin aliran silang (cross flow) menggunakan nozzle persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar runner. Pancaran air yang masuk ke turbin mempengaruhi sudu-sudu untuk mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik. Air mengalir dengan mengenai sudu-sudu dan menciptakan tekanan (lebih rendah saat masuk) kemudian meninggalkan turbin. Runner pada turbin terdiri dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang cakram paralel.



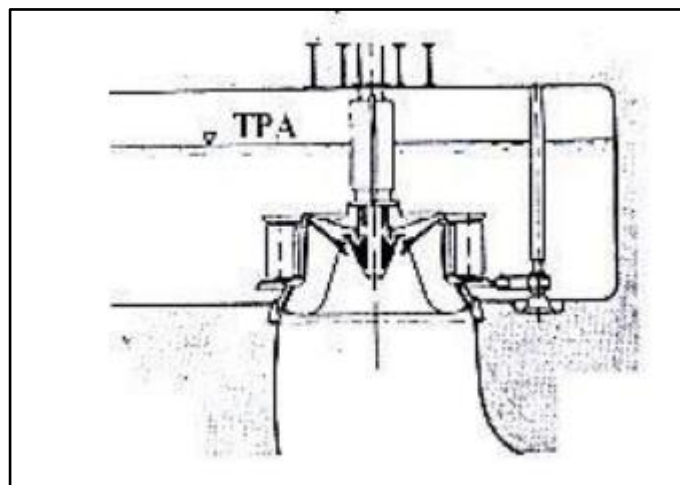
Gambar 2. 4 Runner Turbin Crossflow
(Sumber :Aroyono, T. (2019)

2.4.2 Turbin Reaksi

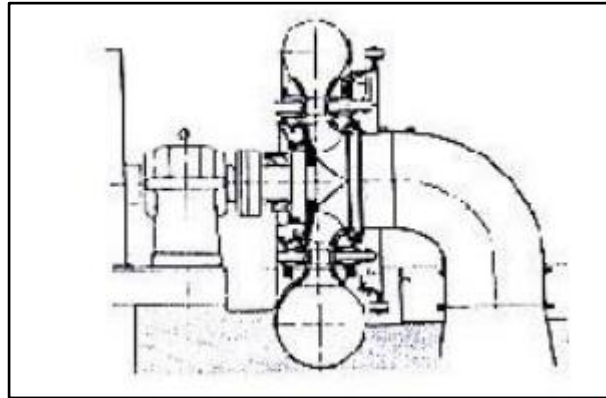
Turbin reaksi disebut juga turbin tekanan lebih karena tekanan air sebelum masuk ke roda turbin lebih besar dari pada tekanan air saat keluar meninggalkan roda turbin. Secara umum dapat dikatakan bahwa aliran air yang masuk ke roda turbin mempunyai energi penuh, dari energi ini dipakai sebagian untuk menggerakkan roda turbin dan sebagian lagi digunakan untuk mengalirkan air ke saluran air limbah. Turbin reaksi yang umum digunakan termasuk turbin Francis, turbin propeller atau turbin Kaplan.

2.4.2.1 Turbin Francis

Turbin Francis merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang di antara sumber air yang bertekanan tinggi dan air bertekanan rendah di bagian luar. Turbin Francis menggunakan sudu pengarah. Sudu pengarah, mengarahkan air masuk dengan cara tangensial. Sudu pengarah turbin Francis dapat berupa suatu sudu pengarah yang tetap ataupun sudu pengarah yang dapat disesuaikan sudutnya. Sudu pengarah adalah pilihan yang cocok untuk digunakan di berbagai kondisi aliran air.



Gambar 2. 5 Turbin Francis tipe horizontal
(Sumber : Aroyono, T. 2019)



Gambar 2. 6 Turbin Francis tipe Vertikal
(Sumber: Aroyono, T. 2019)

2.4.2.2 Turbin Kaplan

Turbin Kaplan merupakan turbin tekanan yang spesial. Sudu jalannya kemurniannya kecil dan pada aliran sudu jalan belokannya kecil. Sudu jalan dapat disesuaikan selama bekerja, posisinya dapat disesuaikan dengan tinggi jatuh air. Sehingga sesuai untuk pusat tenaga air pada aliran sungai. Sudu roda jalan turbin Kaplan mirip roda propeller, yang letak sudunya terpisah jauh satu sama lainnya.

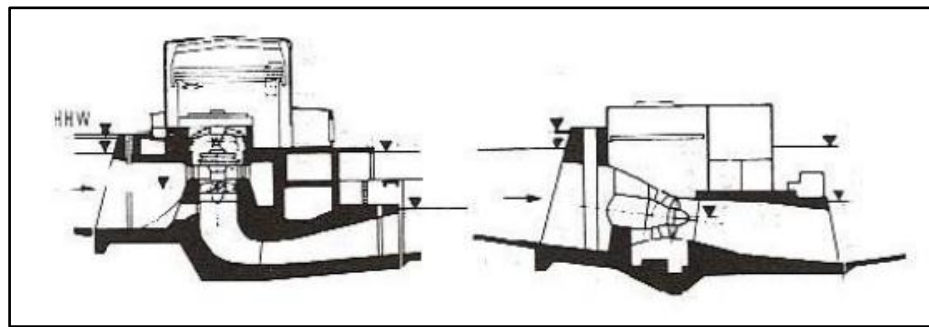


Gambar 2. 7 Roda baling-baling Turbin Kaplan
(Sumber: Aroyono, T. 2019)

2.4.2.3 Turbin Propeller

Pada dasarnya, turbin propeller terdiri dari baling-baling, yang berbentuk seperti baling-baling kapal, dipasang pada tabung setelah pipa pesat. Turbin propeller biasanya

memiliki tiga hingga enam sudu, biasanya tiga sudu untuk turbin yang headnya sangat rendah, dan aliran air diatur oleh sudu statis atau wicket gate yang dipasang langsung di hulu propeller. Turbin propeller ini disebut fixed blade axial flow turbine karena sudut sudu rotor tidak dapat diubah. Efisiensi operasi turbin pada beban sebagian aliran komponen pada jenis turbin ini jauh lebih rendah (Aroyono,T. 2019).



Gambar 2. 8 Skema dua jenis Turbin Propeller, Poros Vertikal (kiri) dan Poros Horizontal (kanan)
(Sumber: Aroyono, T. 2019)

2.5 Komponen Turbin Air

Komponen-komponen dari Turbin antara lain:

2.5.1 Rotor

Rotor, yaitu bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari:

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

2.5.2 Stator

Stator, yaitu bagian yang diam pada sistem yang terdiri dari :

- Pipa pengarah / nozzle yang berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan fluida yang digunakan di dalam system besar.
- Rumah turbin, berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen turbin. (Saputra, O.A. 2018)

2.6 Kincir Air

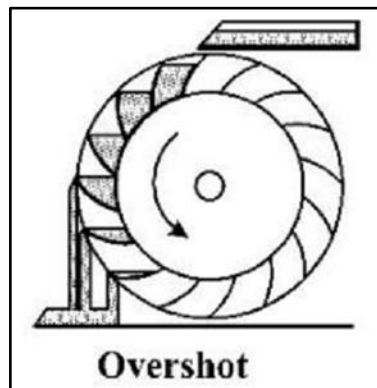
Kincir air adalah alat mekanis berupa roda dengan sudu-sudu (bucket atau vane) di sekeliling tepinya yang ditempatkan pada poros horizontal. Kincir air menggunakan perbedaan ketinggian alami permukaan sungai kecil. Tekanan air yang masuk dan keluar kincir tidak terlalu tinggi (over pressure). Faktor yang harus diperhitungkan pada kincir air selain energi tempat adalah pengaruh berat air yang masuk ke dalam sel. Kecepatan air yang mengalir melalui kincir harus rendah, karena jika kecepatan tinggi saat melewati sel, air akan meluap ke luar atau membuang energi, tidak bisadi memanfaatkan airnya berolak. Meskipun kincir air sudah usang, namun dalam kondisi tertentu dimana kemungkinan lain tidak ada, kincir air masih menjadi pilihan untuk digunakan. (Rahman, A., & Kimin, K. 2018).

2.7 Jenis-Jenis Kincir Air

Ada beberapa tipe kincir air yang bisa digunakan untuk pembuatan kincir air, yaitu:

2.7.1 Kincir Air *Overshoot*

Kincir air *Overshoot* bekerja ketika air yang mengalir jatuh di atas baling-baling, dan karena gravitasi air, roda kincir berputar. Kincir air *overshoot* merupakan kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air lainnya.



Gambar 2. 9 Kincir Air Overshoot
(Sumber: NUGRAHA, M. R. 2019)

Keuntungan:

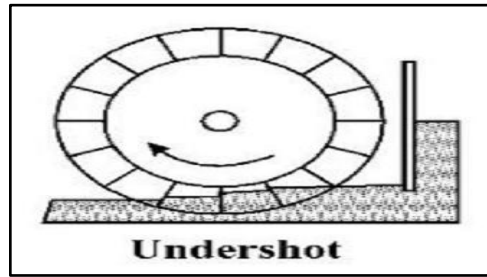
1. Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%.
2. Tidak membutuhkan aliran yang deras.
3. Konstruksi yang sederhana.
4. Mudah dalam perawatan.
5. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

Kerugian:

1. Tidak dapat diterapkan untuk mesin putaran tinggi.
2. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
3. Daya yang dihasilkan relatif kecil

2.7.2 Kincir Air Undershoot

Kincir air undershoot bekerja ketika air yang mengalir mengenai dinding sudu yang terletak di bagian bawah kincir air. Kincir air tipe undershoot tidak memiliki manfaat tambahan keuntungan dari head. Tipe ini cocok untuk dipasang di perairan dangkal pada permukaan datar. Jenis ini juga dikenal sebagai "Vitruvian". Di sini, aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir.



Gambar 2. 10 Kincir Air *Undershoot*

(Sumber: NUGRAHA, M. R. 2019)

Keuntungan:

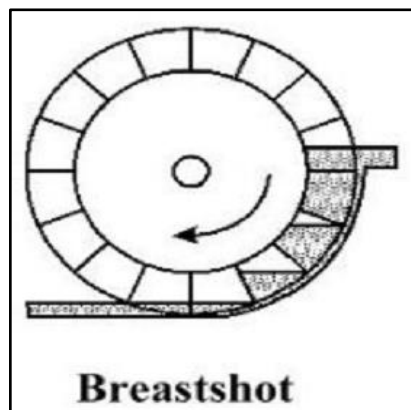
1. Konstruksi lebih sederhana
2. Lebih ekonomis
3. Mudah untuk dipindahkan

Kerugian:

1. Efisiensi kecil.
2. Daya yang dihasilkan relatif kecil

2.7.3 Kincir Air *Breastshoot*

Kincir air *Breastshoot* adalah kombinasi dari tipe *overshoot* dan *undershoot* dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak ketinggian jatuh tidak melebihi diameter kincir, arah aliran air menggerakkan kincir air mengelilingi sumbu poros dari kincir air. Kincir air ini meningkatkan kinerja kincir air tipe *undershoot*.



Gambar 2. 11 Kincir Air *Breastshoot*

(Sumber: NUGRAHA, M. R. 2019)

Keuntungan:

1. Tipe ini lebih efisien dari tipe *Undershoot*.
2. Dibandingkan tipe *Overshoot* tinggi jatuhnya lebih pendek.
3. Dapat diaplikasikan pada sumber aliran air datar.

Kerugian:

1. Sudu – sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe *Undershoot*.
2. Diperlukan dam pada arus aliran datar.

Efisiensi lebih kecil dari tipe *Overshoot*.

2.8 Keadaan Beban Tidak Maksimum dan Pengaturan Turbin Air

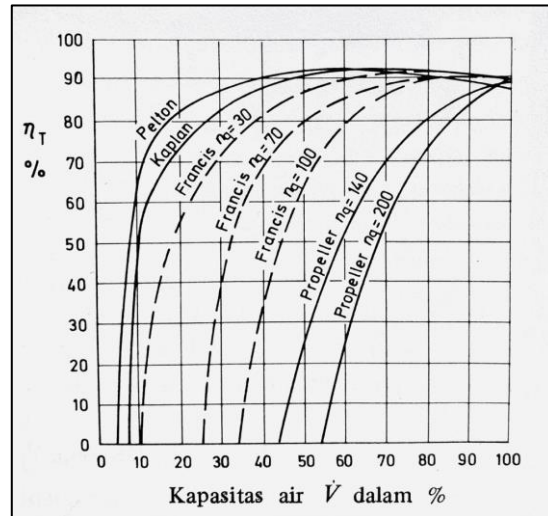
Ukuran dan penampang saluran air termasuk susut-sudut sudu dari konstruksi turbin air yang berbeda-beda adalah diperuntukkan pada keadaan pembebanan yang normal (kebanyakan untuk pembebanan penuh).

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

2.9 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.

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

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.

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

Dimana :

A = Luas Permukaan *Nozzle* (m^2)

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. Pada pengujian aliran air lah yang dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin dengan kata lain energi ikinetik 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 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. Dari perhitungan torsi turbin dan kecepatan sudut maka diperoleh persamaan daya *output* turbin, yang dapat dituliskan sebagai berikut.

$$P_{turbina} = \tau \cdot \omega \quad (2.4)$$

Dimana :

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

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

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

5. Efisiensi Turbin

Dalam menentukan efisiensi daya dari suatu turbin tergantung daya *input* dan daya *output* turbin, yang dapat dituliskan dalam bentuk persamaan.

(Adam, A., 2021)

$$\eta_{ra} = \frac{P_{turbir}}{P_{air}} \times 100\% \quad (2.5)$$

Dimana :

$$\eta_{ra} = \text{efisiensi turbin (\%)} \quad (2.5)$$