

SKRIPSI
ANALISIS KINERJA KINCIR AIR SAVONIUS POROS
VERTIKAL DENGAN LIMA SUDU BERSUSUN PADA
BEBERAPA VARIASI DEBIT

Disusun dan Diajukan Oleh:

NIKYTA BELLA

D021 19 1135



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
GOWA
2023

SKRIPSI
ANALISIS KINERJA KINCIR AIR SAVONIUS POROS
VERTIKAL DENGAN LIMA SUDU BERSUSUN PADA
BEBERAPA VARIASI DEBIT

Disusun dan Diajukan Oleh:

NIKYTA BELLA

D021 19 1135



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
GOWA
2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS KINERJA KINCIR AIR SAVONIUS POROS VERTIKAL DENGAN LIMA SUDU BERSUSUN PADA BEBERAPA VARIASI DEBIT

Disusun dan diajukan oleh :

Nikyta Bella

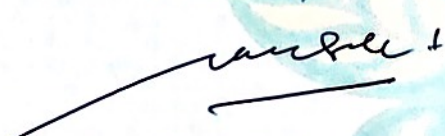
D021 19 1135


Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 15 Agustus 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

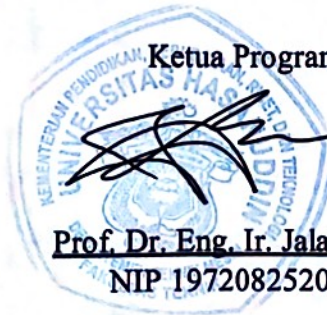
Pembimbing Pendamping,


Prof. Dr. Ir. Luther Sule. MT
NIP. 19560827198503 1 001


Gerard Antonini Duma. ST., MT
NIP. 19920226201903 1 009

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. Eng. Ir. Jalaluddin. ST., MT
NIP. 19720825200003 1 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Nikyta Bella
NIM : D021 19 1135
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**Analisis Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal Dengan Lima Sudu Bersusun
Pada Beberapa Variasi Debit**

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasikan oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari dosen pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil dari karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 15 Agustus 2023

Yang menyatakan



Nikyta Bella

ABSTRAK

NIKYTA BELLA. Analisis Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal dengan Lima Sudu Bersusun pada Beberapa Variasi Debit. (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Luther Sule, ST., MT dan Gerard Antonini Duma, ST., MT).

Pemanfaatan energi air pada dasarnya adalah pemanfaatan energi potensial gravitasi. Energi mekanik aliran air yang merupakan transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau kincir. Dalam menggerakkan kincir, aliran air pada sungai dapat dimanfaatkan ketika kecepatan alirannya memadai. Pada kincir air terdapat sudu yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada suatu gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut. Adanya variasi debit yang diberikan pada kincir air savonius memberikan pengaruh terhadap efisiensi kincir. Pada debit $0,629 \text{ m}^3/\text{s}$ menghasilkan efisiensi kincir paling tinggi yaitu 13,55% pada beban 1,5 kg. Pada debit $0,821 \text{ m}^3/\text{s}$ menghasilkan efisiensi kincir paling tinggi yaitu 9,85% pada beban 1,5 kg. Pada debit $1,019 \text{ m}^3/\text{s}$ menghasilkan efisiensi kincir paling tinggi yaitu 6,84% pada beban 1,5 kg. Kinerja terbaik yang dihasilkan dari kincir air savonius lima sudu bersusun yakni pada pembukaan katup 1 dengan debit $0,629 \text{ m}^3/\text{s}$ memiliki daya kincir 1,040 watt dan efisiensi kincir 3,55% pada beban 1,5 kg. Selanjutnya pada debit 2 dengan debit $0,821 \text{ m}^3/\text{s}$ memiliki daya kincir 1,594 watt dan efisiensi kincir 10,05% pada beban 1,5 kg. Kemudian pada pembukaan katup 3 dengan debit $1,019 \text{ m}^3/\text{s}$ memiliki daya kincir 1,941 watt dan efisiensi kincir 6,94% pada beban 1,5 kg.

Kata kunci : energi air, kincir air savonius, efisiensi

ABSTRACT

NIKYTA BELLA. *Analysis of The Performance of The Vertical Shaft Savonius Water Wheel with Five Stacked Blades at Several Discharge Variations.* (supervised by oleh Prof. Dr. Ir. Luther Sule, ST., MT and Gerard Antonini Duma, ST., MT).

The utilization of water energy is basically the utilization of gravitational potential energy. The mechanical energy of water flow, which is a transformation of gravitational potential energy, is utilized to drive turbines or mills. In moving the mill, the flow of water in the river can be utilized when the flow speed is sufficient. In the waterwheel there is a blade, namely a slab construction with a certain shape and cross section, water as a working fluid flows through the space between the blades, thus the turbine wheel will be able to rotate and on the blade there will be an acting force. The force will occur because there is a change in the momentum of the working fluid of water flowing between the blades. The blade should be shaped in such a way that there can be a change in momentum in the water working fluid. The variation in the discharge given to the savonius waterwheel has an effect on the efficiency of the mill. At a discharge of 0.629 m³/s produces the highest pinwheel efficiency of 13.55% at a load of 1.5 kg. At a discharge of 0.821 m³/s, the highest mill efficiency is 9.85% at a load of 1.5 kg. At a discharge of 1.019 m³ / s produces the highest pinwheel efficiency of 6.84% at a load of 1.5 kg. The best performance generated from the five-bladed savonius waterwheel is at the opening of valve 1 with a discharge of 0.629 m³/s has a mill power of 1.040 watts and a mill efficiency of 3.55% at a load of 1.5 kg. Furthermore, at discharge 2 with a discharge of 0.821 m³/s has a mill power of 1.594 watts and a mill efficiency of 10.05% at a load of 1.5 kg. Then at valve opening 3 with a discharge of 1.019 m³/s has a mill power of 1.941 watts and a mill efficiency of 6.94% at a load of 1.5 kg.

Keyword : air energy, savonius water wheel, efficiency

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
KATA PENGANTAR.....	xi
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 Turbin Air.....	4
2.2 Prinsip Kerja Turbin Air	4
2.3 Komponen Utama Turbin Air	4
2.3.1 Rotor	5
2.3.2 Stator	5
2.4 Klasifikasi Turbin Air	5
2.4.1 Turbin Impuls	6
2.4.2 Turbin Reaksi	7
2.5 Sudu Turbin.....	8
2.6 Kincir Air	8
2.7 Kincir Air Savonius	9
2.8 Prinsip Kerja Kincir Air Savonius	10
2.9 Persamaan yang Digunakan	10
BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.2 Metode Pembendungan.....	14
3.3 Alat yang digunakan	16
3.2.1 Alat.....	16
3.2.2 Bahan	19
3.4 Tahap Penelitian	21
3.5 Prosedur Pengambilan Data	21
3.6 Rancangan Alat	22
3.7 Flow Chart Penelitian	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil	25
4.1.1 Contoh Perhitungan	25

4.1.2 Hubungan Daya Kincir terhadap Debit.....	29
4.1.3 Hubungan Daya Kincir Terhadap Daya Air.....	30
4.1.4 Hubungan Efisiensi Kincir Terhadap Beban.....	32
4.1.5 Hubungan Efisiensi Kincir terhadap Debit	33
4.1.6 Hubungan Efisiensi Kincir Terhadap Daya Air	35
4.2 Pembahasan.....	36
4.2.1 Hubungan Daya Kincir terhadap Debit.....	36
4.2.2 Hubungan Daya Kincir Terhadap Daya Air.....	37
4.2.3 Hubungan Efisiensi Kincir Terhadap Beban.....	37
4.2.4 Hubungan Efisiensi Kincir Terhadap Debit	38
4.2.5 Hubungan Efisiensi Kincir Terhadap Daya Air	38
BAB V PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Komponen turbin.....	5
Gambar 2 Turbin pelton	6
Gambar 3 Turbin crossflow.....	7
Gambar 4 Turbin francis	8
Gambar 5 Turbin kaplan	8
Gambar 6 Metode mean section	11
Gambar 7 Skema pembendungan pada pembukaan katup 1	14
Gambar 8 Skema pembendungan pada pembukaan katup 2.....	15
Gambar 9 Skema pembendungan pada pembukaan katup 3.....	15
Gambar 10 Mesin las	16
Gambar 11 Gergaji besi	16
Gambar 12 Meteran	17
Gambar 13 Bearing.....	17
Gambar 14 Pulley	17
Gambar 15 Tachometer.....	18
Gambar 16 Timer.....	18
Gambar 17 Neraca pegas	18
Gambar 18 Sudu lima bersusun kincir air savonius	19
Gambar 19 Pipa PVC.....	19
Gambar 20 Talang air setengah bulat PVC.....	19
Gambar 21 Tali tambang.....	20
Gambar 22 Besi siku.....	20
Gambar 23 Pemberat.....	20
Gambar 24 Instalasi alat.....	22
Gambar 25 Skema rancangan kincir air savonius	22
Gambar 26 Sudu kincir air savonius.....	23
Gambar 27 Hubungan antara daya kincir terhadap debit.....	29
Gambar 28 Hubungan daya kincir terhadap daya air pada variasi pembebanan...	31
Gambar 29 Hubungan antara efisiensi terhadap beban pada variasi pembukaan katup.....	32
Gambar 30 Hubungan antara efisiensi terhadap debit pada variasi pembebanan .	34
Gambar 31 Hubungan antara efisiensi terhadap daya air pada variasi pembebanan	35

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hubungan antara daya kincir terhadap debit pada variasi pembebanan ..	29
Tabel 2 Hubungan daya kincir terhadap daya air pada variasi pembebanan	30
Tabel 3 Hubungan efisiensi kincir terhadap beban pada variasi pembukaan katup	32
Tabel 4 Hubungan antara efisiensi kincir terhadap debit pada variasi pembebanan	33
Tabel 5 Hubungan antara efisiensi kincir terhadap daya air pada variasi pembebanan	35

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
Q	Debit Air (m^3/s)
v	Kecepatan Aliran Air (m/s)
A	Luas sungai (m^2)
s	Jarak Tempuh (m)
t	Waktu Tempuh (s)
P_{air}	Daya Air yang Dihasilkan (W)
ρ	Massa Jenis Air (kg/m^3)
A_s	Luas Penampang Sudu (m^2)
τ	Torsi (Nm)
F	Gaya (N)
r	Jari-Jari Pembebanan (m)
m	Massa (kg)
g	Gravitasi Bumi (m/s^2)
ω	Kecepatan Sudut (rad/s)
n	Putaran (rpm)
P_{kincir}	Daya Kincir yang Dihasilkan (W)
η	Efisiensi Kincir (%)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel hasil pengamatan kincir air savonius.....	45
Lampiran 2 Tabel hasil penelitian kincir air savonius	45
Lampiran 3 Tabel densitas air berdasarkan suhu (Pell, Dunson 1997)	46
Lampiran 4 Dokumentasi pembuatan alat kincir air savonius	47
Lampiran 5 Dokumentasi pengambilan data di lokasi penelitian.....	48

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas kasih dan penyertaanNya sehingga penulis mampu melaksanakan dan menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal dengan Lima Sudu Bersusun pada Beberapa Variasi Debit” ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Skripsi ini ditulis dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penyelesaian studi dan penulisan skripsi ini, penulis banyak memperoleh bantuan baik pengajaran, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Kedua orang tua terkasih, Bapak Muhammad Darwis dan Ibu Risma Helda dan juga saudari penulis Adik Clara Adelya serta nenek Manginar Pangaribuan dan ketiga tante penulis yakni Rospita, Herlina, dan Yuliana yang telah membantu, memberi dukungan, doa, nasehat, motivasi untuk penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Gerard Antonini Duma, ST., MT selaku dosen pembimbing kedua penulis yang telah membantu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT selaku dosen penguji pada penelitian ini yang senantiasa memberikan saran, masukan dan koreksi yang bersifat membangun guna menjadikan penelitian ini lebih baik.
5. Bapak Dr. Rustan Tarakka, ST., MT selaku dosen penguji pada penelitian ini yang senantiasa memberikan saran, masukan dan koreksi yang bersifat membangun guna menjadikan penelitian ini lebih baik.
6. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT, selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Bapak dan Ibu dosen serta staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin atas bantuan dan ilmu yang telah diberikan selama mengikuti perkuliahan.

8. Teman-teman asisten Laboratorium Mesin Fluida yaitu Henry Hafid, Afsilus Seblon, Raihan Dani, dan Vauzeel Alfon yang telah menjadi partner dalam susah dan senang pada saat pengambilan data.
9. Sobat Beers yaitu Edward Layuk Mairi, Andi Ahmad Kamil, dan Ahmad Mudzakkir yang telah memberikan bantuan dan dukungan sejak mahasiswa baru hingga skripsi ini terselesaikan.
10. Mahasiswa Departemen Teknik Mesin Angkatan 2019 “BRUZHLEZZ” yang telah memberikan dukungan dan kerjasama selama berproses baik dalam akademik maupun nonakademik dan semoga apa yang direncanakan kedepannya dapat tercapai.
11. Segenap keluarga KMKO Mesin khususnya Go Deeper yang selalu memberikan doa dan dukungannya.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat berharap adanya kritik maupun saran yang membangun untuk kesempurnaan skripsi ini di masa yang akan datang.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan juga bagi peneliti selanjutnya. Terima kasih.

Gowa, 28 Juli 2023

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan teknologi dan peradaban dunia terjadi dengan sangat pesat. Hal ini merupakan salah satu alasan peningkatan pemakaian sumber energi konvensional. Untuk mengimbangi perkembangan tersebut dibutuhkan sumber energi dalam skala besar. Energi konvensional sebagai sumber energi utama harus habis dalam jangka waktu tertentu. Dengan semakin menipisnya sumber energi konvensional, umat manusia dipaksa untuk mengeksplorasi setiap potensi yang ada di alam sebagai sumber energi baru dan terbarukan. Sumber energi yang dapat diperbaharui seperti energi air, angin, surya dan lain-lain tersedia melimpah namun pemanfaatannya belum optimal, sehingga kebutuhan energi yang ramah lingkungan dan mudah didapat dengan biaya terjangkau masih merupakan problem global sekarang ini. (Sitompul dkk., 2021)

Energi air adalah energi yang telah dimanfaatkan secara luas di Indonesia yang dalam skala besar telah digunakan sebagai pembangkit listrik. Beberapa perusahaan di bidang pertanian bahkan juga memiliki pembangkit listrik sendiri yang bersumber dari energi air. Di masa mendatang untuk pembangunan pedesaan termasuk industri kecil yang jauh dari jaringan listrik nasional, energi yang dibangkitkan melalui sistem mikrohidro dimungkinkan akan tumbuh secara pesat. (Sule, 2013)

Pemanfaatan energi air pada dasarnya adalah pemanfaatan energi potensial gravitasi. Energi mekanik aliran air yang merupakan transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau kincir. Dalam menggerakkan kincir, aliran air pada sungai dapat dimanfaatkan ketika kecepatan alirannya memadai. (Purnama dkk., 2013)

Contoh salah satu pemanfaatan energi air adalah dengan penggunaan roda air savonius. Roda air savonius adalah salah satu roda air yang banyak dikembangkan untuk arus sungai alasannya karena memiliki kelebihan di konstruksi lebih sederhana dan berdasarkan penelitian (Purnama dkk., 2013) turbin air sungai poros vertikal tipe savonius dapat bekerja pada kecepatan

aliran yang rendah. Roda air savonius memiliki komponen utama yaitu sudu. Sudu. Secara umum sudu bisa berjumlah dua buah sudu, tiga buah sudu, empat buah sudu dan bersudu banyak. Sudu memiliki peranan utama dalam menghasilkan tenaga karena secara umum roda air savonius memiliki prinsip kerja mengubah energi air menjadi energi kinetik rotasi melalui sudu. (Rendi & Herlina, 2019)

Penelitian sebelumnya mengenai studi Pengaruh dari Jumlah Sudu Untuk Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal dengan Menggunakan Deflektor. Dari hasil penelitian ini jumlah sudu turbin berpengaruh pada unjuk kerja kincir air savonius poros vertikal, semakin banyak jumlah sudu maka nilai torsi yang dihasilkan semakin kecil. Dari penelitian didapatkan bahwa kincir air Savonius 2 sudu menghasilkan unjuk kerja yang paling baik. Data yang diperoleh dari penelitian ini adalah nilai torsi tertinggi diantara setiap variasi jumlah sudu dihasilkan oleh kincir air berjumlah 2 sudu pada kecepatan aliran air 0,7 m/s yaitu sebesar 1,201. Koefisien daya kincir air tertinggi dihasilkan oleh kincir air Savonius 2 sudu pada kecepatan aliran air 0,8 m/s yaitu 0,570. (Fendiyatma, 2018)

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penulis melakukan penelitian studi **“Analisis Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal dengan Lima Sudu Bersusun pada Beberapa Variasi Debit”**

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana menganalisis daya kincir air savonius poros vertikal lima sudu bersusun dengan variasi debit dan pembebanan.
2. Bagaimana menganalisis efisiensi kincir air savonius poros vertikal lima sudu bersusun dengan variasi debit dan pembebanan.
3. Bagaimana menganalisis kinerja terbaik kincir air savonius poros vertikal lima sudu bersusun pada beberapa tingkat putaran.

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Menganalisis daya kincir air savonius poros vertikal lima sudu bersusun dengan variasi debit dan pembebanan.
2. Menganalisis efisiensi kincir air savonius poros vertikal lima sudu bersusun dengan variasi debit dan pembebanan.
3. Menganalisis kinerja terbaik kincir air savonius poros vertikal lima sudu bersusun pada beberapa tingkat putaran.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Dalam penelitian ini menggunakan 10 jumlah sudu.
2. Poros yang digunakan yaitu poros vertikal.
3. Menggunakan pipa PVC sebagai material sudu.
4. Kecepatan aliran dan debit aliran bergantung pada kondisi sungai.
5. Tidak memperhitungkan *drag*, *losses*, dan *friction*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain :

1. Agar mampu lebih mengoptimalkan kembali energi air yang dapat dikonversi menjadi energi listrik yang ramah lingkungan dengan menggunakan kincir air savonius.
2. Sebagai referensi alternatif dalam pemanfaatan energi air menggunakan kincir air savonius.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Air

Turbin air merupakan suatu pembangkit mula-mula yang memanfaatkan energi potensial air menjadi energi mekanik dimana air memutar roda turbin. Air yang berada pada ketinggian tertentu memiliki energi potensial. Ketika air mengalir ke tempat yang lebih rendah energi potensial berubah menjadi energi kinetik. Oleh turbin air, energi kinetik dirubah menjadi energi mekanik.

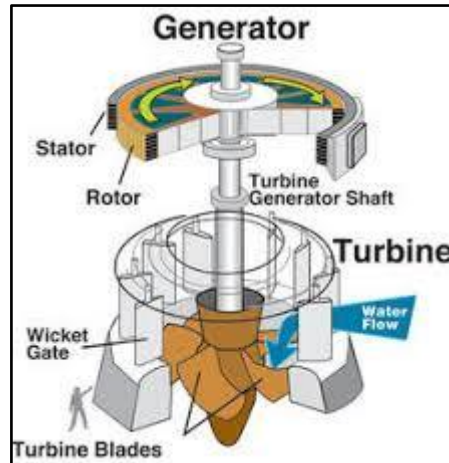
Perkembangan water wheel, pertama kali digunakan oleh orang-orang Yunani dan dipergunakan luas pada abad pertengahan di Eropa. Selanjutnya berangsur-angsur muncul berbagi jenis turbin air seperti turbin pelton yang ditemukan oleh Lester A. Pelton pada abad kesembilan belas dan turbin Kaplan yang ditemukan oleh Viktor Kaplan pada abad keduapuluh. (Syahrul & Sahbana, 2018)

2.2 Prinsip Kerja Turbin Air

Pada roda turbin terdapat sudu yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada suatu gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut. (Syahrul & Sahbana, 2018)

2.3 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.



Gambar 1 Komponen turbin
(Fahdita, 2020)

2.3.1 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.

2.3.2 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. (Fahdita, 2020)

2.4 Klasifikasi Turbin Air

Terdapat berbagai jenis turbin air yang digunakan untuk penyediaan kebutuhan energi listrik. Turbin air biasanya dikelompokkan berdasarkan kegunaan tertentu, kapasitas aliran dan tinggi air jatuh. Oleh karena itu turbin air diklasifikasikan berdasarkan beberapa cara, tapi secara umum turbin air dikelompokkan menurut tinggi air jatuh (*Head*) dan juga prinsip kerja turbin

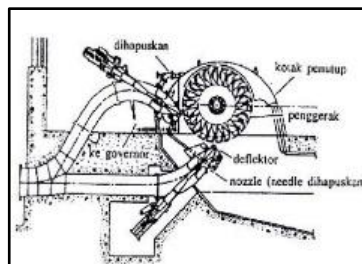
tersebut merubah energi air menjadi energi puntir. Berdasarkan klasifikasi ini turbin air dibagi menjadi turbin impuls dan turbin reaksi.

2.4.1 Turbin Impuls

Turbin impuls disebut juga turbin tekanan sama atau turbin pancaran bebas karena aliran air yang keluar dari nosel tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer disekitarnya. Yang dimaksud turbin impuls adalah turbin air yang cara bekerjanya dengan merubah semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan menjadi energi kecepatan dari pancaran air. Pancaran air akan membentur roda jalan turbin yang kemudian membalikkan arus air, sehingga menghasilkan perubahan pada daya dorongan yang disebabkan oleh roda jalan turbin. Pada roda jalan turbin tidak terjadi perubahan tekanan. Sebelum pancaran air membentur roda jalan turbin, tekanan air (energi potensial) dikonversi ke tenaga gerak (energi kinetik) oleh nosel dan dipusatkan pada roda jalan turbin. Yang termasuk turbin impuls antara lain :

a) Turbin Pelton

Yang menjadi ciri khusus dari turbin ini adalah nosel dan sudu roda jalan yang dirancang khusus. Pancaran air yang keluar dari nosel dengan kecepatan tinggi menghantam sudu di tengah-tengah. Bentuk sudunya seperti dua mangkuk yang berdimensi sama besar yang berdampingan. Biasanya turbin ini diaplikasikan pada head turbin yang tinggi.

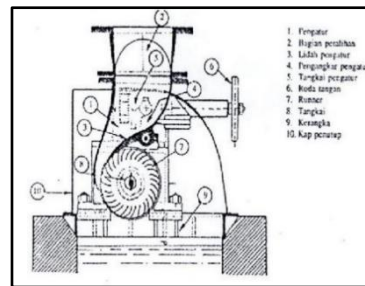


Gambar 2 Turbin pelton
(Haloho, 2002)

b) Turbin Aliran Ossberger (*Crossflow*)

Turbin aliran Ossberger atau turbin crossflow terdiri dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan paralel dan nosel.

Pancaran air dialirkan dari nosel melewati sudu-sudu jalan yang berbentuk silinder, pertama-tama pancaran air dari nosel masuk ke turbin dan mengenai sudu-sudu sehingga terjadi konversi energi kinetic menjadi energi mekanis. Pancaran air masuk turbin melalui bagian atas, memberikan energi ke sudu kemudian masuk ke bagian dalam turbin dan keluar melalui bagian bawah turbin. Turbin ini mempunyai 2 (dua) tingkat kecepatan mirip dengan turbin uap. Aliran air yang lewat tingkat ke-2 menghasilkan daya kurang lebih 20% dari daya yang dihasilkan dari tingkat pertama, air tanpa ada kesulitan bisa meninggalkan roda jalan.



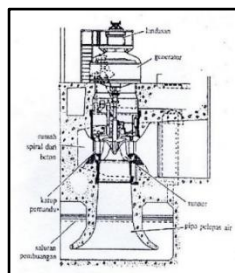
Gambar 3 Turbin *crossflow*
(Haloho, 2002)

2.4.2 Turbin Reaksi

Berbeda dengan turbin impuls, pada turbin reaksi terjadi perbedaan tekanan aliran air pada sisi masuk dan sisi keluar dari sudu jalan tersebut. Karena perbedaan tekanan kerja yang terjadi pada sisi masuk dan sisi keluar dari sudu jalan turbin maka turbin ini disebut turbin reaksi. Turbin air reaksi terdiri dari beberapa tipe, yaitu:

a) Turbin Francis

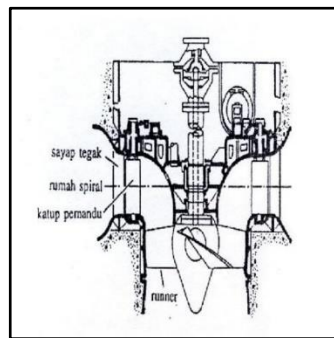
Turbin Francis bekerja dengan memakai proses tekanan lebih. Dengan adanya pipa isap memungkinkan energi tinggi jatuh dapat bekerja disudu jalan dengan semaksimal mungkin.



Gambar 4 Turbin *francis*
(Haloho, 2002)

b) Turbin Propeller/Kaplan

Turbin jenis ini merupakan pengembangan dari turbin Francis, jika tinggi air jatuh semakin sedikit maka semakin sedikit belokan pada sudu jalan. Untuk memperbesar daya dengan head yang sedikit maka kapasitas aliran air harus besar yaitu dengan cara memperbesar luas dari penampang yang dilalui air.



Gambar 5 Turbin kaplan
(Haloho, 2002)

2.5 Sudu Turbin

Sudu (*blade*) merupakan bagian turbin yang berfungsi untuk merubah gerak pancar air menjadi gerak rotasi/putaran atau pancaran air yang masuk turbin dan mengenai sudu roda turbin akibat adanya fluida kerja (air, angin, uap, dll) yang dimana akan terjadi konversi energi yaitu energi kinetik menjadi energi mekanis yang menggerakkannya atau mengubah energi potensial menjadi energi kinetik. Bentuk dari sudu turbin sesuai dengan fluida kerja yang menggerakkannya dengan dimensi sesuai dengan kebutuhan untuk menggerakkan roda turbin. (Syahrul & Sahbana, 2018)

2.6 Kincir Air

Kincir dapat didefinisikan sebagai peralatan mekanis berbentuk roda (wheel), dengan sudu (bucket atau vane) pada sekeliling tepi-tepinya yang diletakkan pada poros horizontal. Kincir air berarti kincir dengan media kerja air. Data sejarah menunjukkan bahawa prinsip konversi energi air menjadi energi mekanik telah dikenal sejak lebih 2500 tahun yang lalu dengan memulai digunakannya kincir air sederhana yang terbuat dari kayu sebagai mesin

pembangkit tenaga. Penggunaan kincir air diawali dari India, kemudian berkembang ke Mesir, dan berlanjut ke Eropa dan seterusnya meramba ke Amerika.

Rancangan yang sistematis dari kincir air dimulai abad ke 18 dimana banyak dilakukan riset untuk meningkatkan kinerja kincir air yang dirancang secara teoritis, dikembangkan oleh Poncelet dan banyak digunakan di Inggris pada awal abad 19. Kincir dapat didefinisikan sebagai peralatan mekanis berbentuk roda (*wheel*), dengan sudu (*bucket atau vane*) pada sekeliling tepinya yang diletakkan pada poros horizontal. Kincir air berarti kincir dengan media kerja air, disamping ada juga kincir angin dengan media kerja angin. Pada kincir air, air beroperasi dengan tekanan atmosfer dan mengalir melalui sudu-sudu, yang mengakibatkan kincir berputar pada putaran tertentu. Air mengalir dari permukaan atas (*head race*) ke permukaan bawah (*tail race*) melalui sudu-sudu tersebut.

Sampai saat sekarang, penggunaan kincir air masih banyak ditemui karena sifat-sifatnya yang murah, sederhana, serta mudah dan murah dalam pembuatan dan perawatannya. Walaupun mempunyai banyak kekurangan dibandingkan dengan turbin air, teknologinya yang sangat sederhana ini cocok digunakan di daerah pedesaan yang terpencil, asalkan daerah tersebut memiliki potensi sumber tenaga air yang cukup terjamin. (Morong, 2016)

2.7 Kincir Air Savonius

Kincir Savonius pertama kali diciptakan oleh Sirgurd Johanes Savonius pada tahun 1892. Sebagai kincir rotor vertikal sederhana, kincir Savonius bekerja karena terjadinya adanya perbedaan gaya antara masing-masing sudu. Kincir jenis ini banyak dimanfaatkan pada aliran sungai dengan kecepatan yang rendah, potensi ketinggian rendah, dan kincir ini mampu mendapatkan koefisien daya yang cukup tinggi pada kondisi tersebut. Roda air ini memiliki bentuk dan konstruksi yang sangat sederhana sehingga dalam proses pembuatannya pun tidak memerlukan biaya yang mahal. Roda air Savonius ini terdiri dari dua sudu dengan membentuk huruf S jika dilihat dari atas namun jumlah sudu juga dapat divariasikan. (Mahfud, 2019)

2.8 Prinsip Kerja Kincir Air Savonius

Kincir air savonius bekerja karena perbedaan gaya yang ada pada masing - masing sudu. Bagian sudu cekung yang menghadap ke arah datangnya air akan menangkap air dan memaksa sudu untuk berputar pada porosnya dan bagian sudu cembung yang terdorong oleh aliran fluida juga menyebabkan berputarnya sudu walaupun ada beban yang ditimbulkan oleh bagian cembung saat terdorong oleh aliran fluida. (Mahfud, 2019)

2.9 Persamaan yang Digunakan

Kinerja roda air Savonius dapat diukur atau ditentukan melalui beberapa persamaan sebagai berikut :

1. Kecepatan Aliran (Q)

Kecepatan aliran adalah jarak yang ditempuh aliran air pada saluran dalam satuan waktu. Perhitungan kecepatan aliran dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$v = \frac{s}{t} c \quad (1)$$

Keterangan :

v = kecepatan aliran air (m/s)

s = jarak tempuh (m)

t = waktu (s)

c = koefisien/factor koreksi (0,65)

2. Debit Air (Q)

Debit dapat diartikan sebagai volume air yang mengalir setiap detik (m³/s).

Perhitungan debit air dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Q = A \cdot v \quad (2)$$

Keterangan :

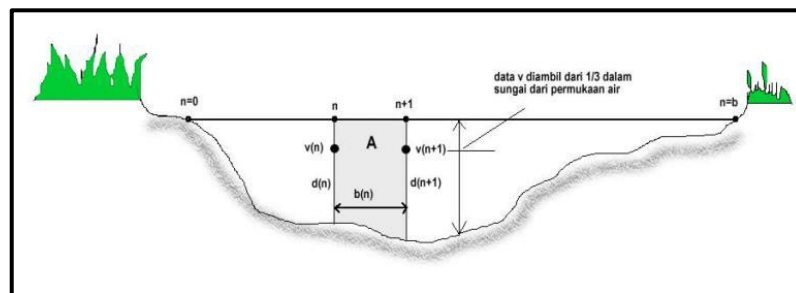
Q = debit air (m³/s)

A = luas penampang basah sungai (m²)

v = kecepatan aliran air (m/s)

Pengukuran luas penampang basah sungai dilakukan menggunakan metode mean section yaitu metode pengukuran pada potongan melintang

saluran dengan membagi beberapa segmen dan nilai dari titik pertama ke titik selanjutnya dirata-ratakan.



Gambar 6 Metode *mean section*

Menghitung luas penampang dengan metode Mean Section dirumuskan sebagai berikut :

$$A(n) = \frac{d(n)+d(n+1)}{2} \times b(n) \quad (3)$$

Keterangan :

$A(n)$ = Luas penampang titik n

$d(n)$ = kedalaman titik n

$d(n+1)$ = kedalaman titik n+1

$b(n)$ = jarak atau panjang segmen

3. Torsi (τ)

Torsi adalah gaya putar yang dihasilkan oleh poros turbin atau kemampuan turbin untuk melakukan kerja. Torsi biasanya diberi simbol τ . Pengukuran torsi menggunakan torsimeter statik. Satuan untuk satuan torsi adalah pounds-feet atau kilogram force-meter (kgf.m), dalam satuan British adalah ft.lb sedangkan SI yaitu N.m

$$\tau = F \cdot r = m \cdot g \cdot r \quad (4)$$

Keterangan :

τ = torsi (Nm)

F = gaya (N)

r = jari-jari pembebanan (m)

m = massa (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

4. Kecepatan Sudut (ω)

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (5)$$

Keterangan :

ω = Kecepatan Sudut (rad/s)

π = 3,14

n = Putaran (rpm)

5. Daya Air (P_{air})

Daya air (P_{air}) yang diterima oleh roda air adalah daya aliran horizontal sehingga roda air menghasilkan momen putar pada poros. Daya keluaran yang dihasilkan oleh roda air tergantung pada kecepatan aliran air dan debit aliran air. Maka daya air dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$P_{air} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot AS \cdot v^3 \quad (6)$$

Keterangan :

P = daya yang dihasilkan (W)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

A = luas penampang sapuan kincir (m^2)

v = kecepatan aliran air (m/s)

Luas daerah sapuan (A) untuk turbin *Savonius* dapat dihitung dari dimensi rotor dapat dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$A = H \times D \quad (7)$$

Keterangan :

A = Luas penampang sapuan kincir (m^2)

H = Tinggi Sudu (m)

D = Diameter Sudu (m)

6. Daya Kincir Air ($P_{roda\ air}$)

Proses perubahan energi kinetik menjadi energi mekanik akan membuat roda air berputar. Sehingga roda air akan bergerak secara berotasi, hal ini dinamakan dengan momen putar yang diterima poros roda air. Maka daya yang dapat dihasilkan roda air dapat dituliskan dengan persamaan berikut.

$$P_{kincir\ air} = \tau \cdot \omega \quad (8)$$

Keterangan :

τ = torsi (N.m)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

7. Efisiensi Kincir Air

Secara umum, unjuk kerja (performance) suatu peralatan konversi energi termasuk kincir air dapat dinyatakan dengan efisiensi (η) dan dapat dituliskan dalam persamaan berikut.

$$\eta_{\text{kincir air}} = \frac{P_{\text{kincir air}}}{P_{\text{air}}} \times 100\% \quad (9)$$

Keterangan :

$\eta_{\text{kincir air}}$ = Efisiensi roda air

$P_{\text{kincir air}}$ = Daya kincir air (W)

P_{air} = Daya air (W)