

SKRIPSI

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

Disusun dan diajukan Oleh:

MUHAMMAD RAIHAN DANI RAMADHAN

D021 19 1065



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

GOWA

2023

SKRIPSI

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

Disusun dan diajukan Oleh:

MUHAMMAD RAIHAN DANI RAMADHAN

D021 19 1065



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**ANALISIS KINERJA KINCIR AIR SAVONIUS POROS
VERTIKAL DENGAN TIGA SUDU BERSUSUN PADA
BEBERAPA VARIASI DEBIT**

Disusun dan diajukan oleh:

Muhammad Raihan Dani Ramadhan

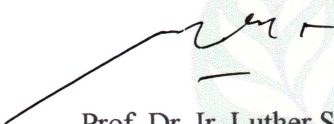
D021 19 1065


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 : Muhammad Raihan Dani Ramadhan
NIM : D021 19 1065
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**Analisis Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal Dengan Tiga 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



Muhammad Raihan Dani Ramadhan

ABSTRAK

Air merupakan salah satu elemen terpenting bagi kehidupan makhluk hidup yang ada di permukaan bumi dengan begitu banyak hal yang dapat diberikan terutama bagi manusia untuk bisa memenuhi kebutuhannya sehari-hari. Turbin Savonius menjadi salah satu pilihan jenis turbin yang hakikatnya dipakai untuk pemanfaatan energi angin yang kemudian digunakan dalam pengolahan turbin/kincir air. Prinsip kerja rotor Savonius vertikal yaitu ketika turbin berputar sekitar sepertiga dari revolusinya, sudu yang memiliki cekungan terbuka akan menerima aliran fluida dan akan berada di belakang, kemudian sudu selanjutnya akan berputar dan menerima aliran fluida yang sama dari depan, proses ini akan terus berulang – ulang selama ada aliran fluida. Hal ini diakibatkan oleh besarnya daya air yang diperoleh dari setiap debit air yang digunakan terhadap daya turbin. Mengingat dimana dalam menentukan nilai efisiensi kincir diperoleh dari hasil bagi antara daya kincir sebagai output dengan daya air sebagai input, artinya semakin besar daya kincir atau mendekati besarnya daya air maka semakin tinggi efisiensi kincir, begitupun sebaliknya. Dapat disimpulkan dari data yang didapatkan menunjukkan bahwa kinerja terbaik dari kincir air savonius poros vertikal dengan tiga sudu bersusun adalah pada kecepatan aliran yang rendah yaitu, pada debit 1 (0,629 m³/s) yang menghasilkan nilai daya kincir yang paling tinggi yaitu 1,248 watt dan menghasilkan efisiensi kincir yang paling tinggi yaitu 15,92 % untuk pembebanan 1,5 kg.

Kata Kunci : Kincir air savonius, sudu bersusun, efisiensi, variasi debit

ABSTRACT

Water is one of the most important elements for the life of living things on the surface of the earth with so many things that can be given, especially for humans to be able to meet their daily needs. The Savonius turbine is one of the choices for the type of turbine which is essentially used to harness wind energy which is then used in turbine/waterwheel processing. The working principle of the vertical Savonius rotor is that when the turbine rotates about a third of its revolution, the blades which have an open basin will receive fluid flow and will be behind, then the next blade will rotate and receive the same fluid flow from the front, this process will continue to be repeated as long as there is fluid flow. This is caused by the large amount of water power obtained from each water discharge used for turbine power. Considering that in determining the value of the efficiency of the wheel is obtained from the quotient between the power of the wheel as output and the power of water as input, meaning that the greater the power of the wheel or the closer to the amount of water power, the higher the efficiency of the wheel, and vice versa. It can be concluded from the data obtained that the performance the best of the vertical shaft savonius waterwheel with three tiered blades is at a low flow rate, that is, at a discharge of 1 (0.629 m³/s) which produces the highest value of the wheel power, namely 1.248 watts and produces the highest efficiency of the wheel, namely 15.92 % for 1.5 kg loading.

Kata Kunci : Savonius Water wheel, Multilevel blades, Efficiency, Discharge variations.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Pengertian Turbin Air	5
2.2. Prinsip Kerja Turbin Air.....	5
2.3. Komponen Turbin Air	6
2.4. Klasifikasi Turbin Air.....	6
2.4.1. Turbin Impuls.....	7
2.4.2. Turbin Reaksi.....	8
2.5. Kincir Air.....	10
2.6. Kincir Air Savonius.....	11
2.7. Prinsip Kerja Kincir Air Savonius.....	12
2.8. Persamaan Rumus yang Digunakan.....	12

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2. Alat dan Bahan yang Digunakan	15
3.3. Tahap Penelitian.....	18
3.4. Metode Pembendungan	19
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 dengan debit.....	29
4.1.3. Hubungan daya kincir dengan daya air	31
4.1.4. Hubungan efisiensi kincir dengan beban.....	33
4.1.5. Hubungan efisiensi kincir dengan debit.....	34
4.1.6. Hubungan efisiensi kincir dengan daya air	36
4.2. Pembahasan.....	38
4.2.1. Hubungan daya kincir dengan debit.....	38
4.2.2. Hubungan daya kincir dengan daya air	39
4.2.3. Hubungan efisiensi kincir dengan beban.....	40
4.2.4. Hubungan efisiensi kincir dengan debit.....	40
4.2.5. Hubungan efisiensi kincir dengan daya air	41
4.2.6. Perbandingan hasil penelitian	42
BAB V PENUTUP	44
5.1. Kesimpulan	44
5.2. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Komponen Turbin Air.....	6
Gambar 2 Turbin Pelton	7
Gambar 3 Turbin <i>Crossflow</i>	8
Gambar 4 Turbin Francis	9
Gambar 5 Turbin Francis	9
Gambar 6 Turbin Kaplan.....	10
Gambar 7 Kincir air savonius.....	12
Gambar 8 Prinsip kerja kincir air savonius	12
Gambar 9 <i>Pulley</i>	15
Gambar 10 Poros Kincir air.....	15
Gambar 11 <i>Timer</i>	16
Gambar 12 Pemberat.....	16
Gambar 13 Neraca Pegas	16
Gambar 14 <i>Bearing</i>	17
Gambar 15 Sudu dari talang air PVC.....	17
Gambar 16 Besi Siku.....	17
Gambar 17 <i>Tachometer</i>	18
Gambar 18 Tali kur	18
Gambar 19 Skema Pembendungan pada Pembukaan Katup 1	19
Gambar 20 Skema Pembendungan pada Pembukaan Katup 2	20
Gambar 21 Skema Pembendungan pada Pembukaan Katup 3	20
Gambar 22 Instalasi Alat.....	22
Gambar 23 Proyeksi Alat	23

Gambar 24 Gambar Sudu	23
Gambar 25 Hubungan antara daya kincir dengan debit	30
Gambar 26 Hubungan antara daya kincir dengan daya air	32
Gambar 27 Hubungan antara efisiensi kincir dengan beban	34
Gambar 28 Hubungan antara efisiensi kincir dengan debit	35
Gambar 29 Hubungan antara efisiensi kincir dengan daya air.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Data hubungan daya kincir dengan debit.	29
Tabel 2 Data hubungan daya kincir dengan daya air.....	31
Tabel 3 Data hubungan efisiensi kincir dengan beban.	33
Tabel 4 Data hubungan efisiensi kincir dengan debit.....	34
Tabel 5 Data hubungan efisiensi kincir dengan daya air.	36

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_{in}	Daya Air yang Dihasilkan (W)
P	Massa Jenis Air (kg/m^3)
A_s	Luas Penampang Sudu (m^2)
T	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_{out}	Daya Kincir yang Dihasilkan (W)
H	Efisiensi Kincir (%)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A

- A. Tabel hasil pengamatan pembukaan katup 1 (dibendung 2)48
- B. Tabel hasil pengamatan Pembukaan katup 2 (dibendung 1)48
- C. Tabel hasil pengamatan pembukaan katup 3 (tidak dibendung) .48

Lampiran B

- A. Tabel hasil perhitungan pembukaan katup 1 (dibendung 2)49
- B. Tabel hasil perhitungan pembukaan katup 2 (dibendung 1)49
- C. Tabel hasil perhitungan pembukaan katup 3 (tidak dibendung) .49
- D. Tabel densitas air berdasarkan suhu (Pell & Dunson, 1997)50

Lampiran C

- Gambar C1. Dokumentasi pembuatan kincir air savonius51
- Gambar C2. Dokumentasi pembuatan kincir air savonius51
- Gambar C3. Dokumentasi pengambilan data kincir air savonius52
- Gambar C4. Dokumentasi pengambilan data kincir air savonius52

KATA PENGANTAR

Puji Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa menjadi penopang dan terman terbaik sepanjang hidupnya. Dan juga tidak lupa kepada junjungan dan panutan yaitu baginda Rasulullah SAW yang telah membawa keindahan dan rahmat yang begitu besar bagi setiap manusia di muka bumi. Begitu pula dengan kebaikan dan kasihnya yang telah menuntun penulis mampu mengerjakan skripsi ini yang berjudul “Analisis Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal dengan Tiga Sudu Bersusun Pada Beberapa Variasi Debit”. Penelitian ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) bagi mahasiswa program S-1 di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih yang terdalam untuk kedua orangtua penulis atas cinta, doa, dan juga dukungan moril dan materi yang diberikan kepada penulis. Penghargaan dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada bapak, Muhamad Amran, ST. dan juga mama Yuliani Elly A.Md yang selalu memberikan kasih sayang yang sangat luar biasa sehingga penulis mampu sampai pada titik ini. Semoga Allah SWT senantiasa menjaga kesehatan, kekuatan, keharmonisan, dan kebaikan bagi kita semua.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, yakni :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc, selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Luther Sule, ST., MT., dan Bapak Gerard Antonini Duma, ST., MT., selaku pembimbing 1 dan pembimbing 2 yang senantiasa memberikan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, ST., MT., dan Bapak Dr. Rustan Tarakka, ST., MT., selaku penguji 1 dan penguji 2 yang senantiasa memberikan

koreksi-koreksi dan masukan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

5. Seluruh dosen Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang sangat bermanfaat bagi penulis.
6. Staf Departemen Teknik Mesin terkhusus Bapak Hafriison Salamba, ST., Bapak Mansur, Kak Yaya, dan Kak Shita yang telah banyak membantu penulis dalam mengurus segala administrasi pada saat seminar.
7. Teman-teman asisten Laboratorium Mesin Fluida yaitu Henry, Afsilus, Vauzeel, dan Bella yang telah menjadi partner dalam susah dan senang pada saat pengambilan data.
8. Adinda Bustami, Yusran, Gufran, Reza, Khalil, Fadhil, yang telah membantu pada saat penelitian.
9. Saudara seperjuangan mahasiswa Departemen Teknik Mesin Angkatan 2019 BRUZHLEZZ yang telah memberikan bantuan, dukungan, kerjasama yang sudah dijalani selama ini dan semoga kesuksesan selalu menyertai teman-teman sekalian.
10. Pemilik Nomor Induk Mahasiswa D021191082 yang telah memberikan semangat serta dukungan pada penulis.

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.

Makassar, 28 Juli 2023

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan salah satu elemen terpenting bagi kehidupan makhluk hidup yang ada di permukaan bumi dengan begitu banyak hal yang dapat diberikan terutama bagi manusia untuk bisa memenuhi kebutuhannya sehari-hari. (Samekto & Winata, 2010)

Di Indonesia, suplai energi masih mengandalkan pembangkit berbahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam yang tersedia dalam jumlah terbatas dan suatu saat akan habis, sementara permintaan akan energi listrik terus bertambah. Oleh karenanya pemanfaatan energi sekarang ini sudah diarahkan pada penggunaan energi terbarukan yang ada di alam. Misalnya energi air, energi angin, energi matahari dan sebagainya. Hal ini dikarenakan energi terbarukan jenis di atas mudah didapat dan dapat didaur ulang bila dibandingkan dengan energi fosil seperti minyak bumi dan batu bara. Untuk mendapatkan sumber energi fosil harus dilakukan proses yang rumit dan membutuhkan waktu yang lama. Selain itu sumber energi fosil sekarang ini jumlahnya sudah berkurang dan tidak dapat diperbaharui. Sumber-sumber energi terbarukan seperti energi matahari, panas bumi, energi air, energi angin dan sebagainya memenuhi kriteria sehingga dalam pemanfaatannya terbukti dapat mengurangi penggunaan energi fosil yang kian terbatas jumlahnya. Salah satu sumber energi terbarukan yang sangat berpotensi dalam penggunaannya adalah energi air. Mengingat negara kita merupakan negara-negara beriklim tropis dan mempunyai curah hujan yang tinggi ditambah dengan faktor pendukung seperti keadaan topografi yang bergunung-gunung dengan aliran sungai yang deras sehingga sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai pembangkit tenaga listrik. (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.

Turbin hidrolik dapat mengubah energi air menjadi energi listrik. Ada berbagai macam jenis turbin air yang sesuai digunakan dalam kondisi aliran fluidanya. Turbin Savonius menjadi salah satu pilihan jenis turbin yang hakikatnya dipakai untuk pemanfaatan energi angin yang kemudian digunakan dalam pengolahan turbin/kincir air. Turbin angin sumbu vertikal atau biasa disebut dengan turbin angin Savonius ditemukan pada tahun 1922 oleh insinyur asal Finlandia, Sigurd Savonius. Karena luas permukaan bilah yang besar, turbin dapat digunakan di bawah aliran air yang rendah yang dapat mengolah sebagian besar aliran air dan memberikan putaran yang besar. Ketika rotor dapat berputar secara otomatis ketika air mengenai sudu-sudu turbin juga dapat menerima aliran air pada sudu-sudu dari berbagai arah. Ukuran dan komposisi yang sederhana adalah keunggulan lain dari turbin savonius (N. Rosmin, dkk, 2015).

Berdasarkan studi eksperimental sebelumnya yaitu “Analisis Jumlah dan Sudut Blade terhadap Kecepatan dan Tekanan Turbin Air Savonius dengan Metode CFD” Distribusi kecepatan rata-rata paling tinggi terjadi pada turbin 2 sudu dengan sudut blade 135° yaitu 1,437 m/s dengan titik maksimal sebesar 1,663 m/s dan titik minimal sebesar 0,069 m/s. Sedangkan yang paling rendah terjadi pada turbin 4 sudu dengan sudut blade 90° yaitu 1,420 m/s dengan titik maksimal yang didapatkan sebesar 1,686 m/s dan titik minimal sebesar 0,090 m/s. Jumlah sudu dan sudut blade berpengaruh pada kecepatan yang dihasilkan, yang di mana semakin bertambahnya jumlah sudu maka nilai kecepatan semakin kecil. Lalu, jika sudut blade semakin meningkat maka nilai kecepatan yang dihasilkan semakin besar. Semakin bertambahnya sudu, maka tekanan semakin kecil. Dengan penambahan sudut blade pada tekanan

mendapat hasil yang berbeda-beda, pada turbin 2 sudu mengalami kenaikan tekanan di setiap sudutnya. Selanjutnya pada turbin 3 sudu mengalami fluktuasi tekanan di setiap sudutnya, sedangkan pada turbin 4 sudu mengalami penurunan tekanan di setiap sudutnya (Suanggana dkk, 2021).

Dari penjelasan di atas, maka penulis melakukan penelitian mengenai kincir air Savonius dengan 3 sudu bertingkat. Dalam penelitian ini, penulis akan menganalisis **“Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal Dengan Tiga 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 tiga sudu bersusun dengan variasi debit dan pembebanan.
2. Bagaimana menganalisis efisiensi kincir air savonius poros vertikal tiga sudu bersusun dengan variasi debit dan pembebanan.
3. Bagaimana menganalisis kinerja terbaik kincir air savonius poros vertikal tiga sudu bersusun dengan variasi debit 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 tiga sudu bersusun dengan variasi debit dan pembebanan.
2. Menganalisis efisiensi kincir air savonius poros vertical tiga sudu bersusun dengan variasi debit dan pembebanan.
3. Menganalisis kinerja terbaik kincir air savonius poros vertikal tiga sudu bersusun dengan variasi debit pada beberapa tingkat putaran.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Dalam penelitian ini menggunakan 3 jumlah sudu bersusun.

2. Poros yang digunakan yaitu poros vertikal.
3. Menggunakan talang air PVC sebagai material sudu.
4. Kecepatan aliran dan debit aliran bergantung pada kondisi sungai.
5. Tidak memperhitungkan *drag, losses*, dan gesekan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain :

1. Sebagai salah satu referensi tambahan riset konversi energi dengan memanfaatkan potensi energi air sebagai sumber energi terbarukan.
2. Sebagai referensi alternative dalam merancang kincir air savonius guna memenuhi kebutuhan masyarakat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Turbin Air

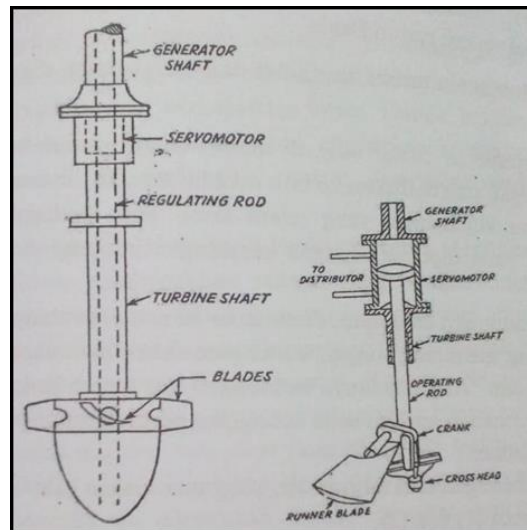
Turbin air merupakan alat yang digunakan untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA) turbin air merupakan peralatan utama selain generator. Turbin berfungsi untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanik. Gaya jatuh air yang mendorong baling-baling menyebabkan turbin berputar. (Saputra, 2018)

Tenaga air (*Hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air di sungai. Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya *head* dan debit air. Dalam hubungan dengan reservoir air maka *head* adalah beda ketinggian antara muka air pada *reservoir* dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air. (Irawansyah, 2017).

2.2. Prinsip Kerja Turbin Air

Prinsip kerja 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. (Saputra, 2018).

2.3. Komponen Turbin Air



Gambar 1 Komponen Turbin Air
(Paryatmo, 2019)

Komponen-komponen dari turbin air antara lain :

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

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 sistem besar.
- Rumah turbin, berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen turbin (Saputra, 2018).

2.4. Klasifikasi 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 (momentum fluida kerjanya), turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi (Arismunandar, Wiranto, 2004).

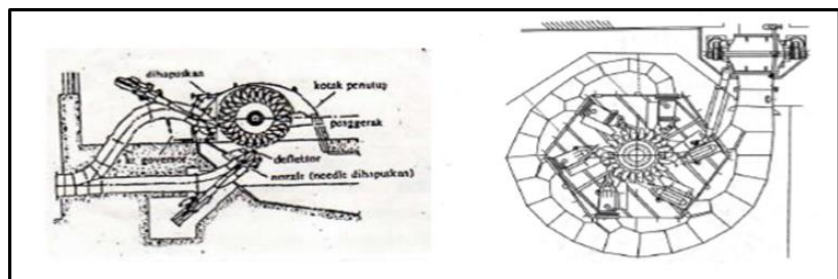
2.4.1. Turbin Impuls

Turbin impuls merupakan turbin air yang memiliki tekanan sama pada setiap sudu gerakanya (*runner*). Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nosel. Air keluar nosel yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls). Akibatnya roda turbin akan berputar. Jenis dari turbin impuls adalah turbin Pelton, turbin Turgo dan turbin *Crossflow* (Wijaya dkk, 2014).

2.4.1.1 Turbin Pelton

Turbin Pelton adalah turbin untuk tinggi terjun yang tinggi, yaitu diatas 300 meter, tetapi untuk skala mikro *head* 20 meter sudah mencukupi. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui proses impuls sehingga turbin Pelton juga disebut sebagai turbin impuls.

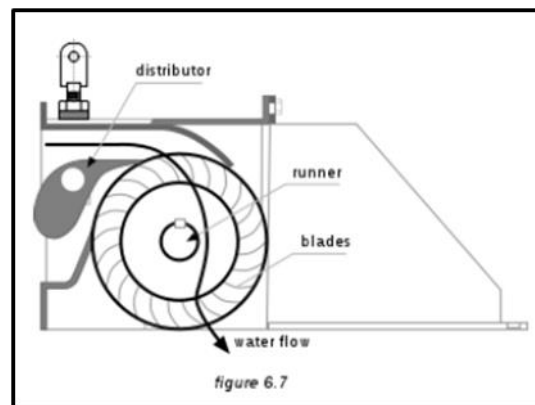
Yang menjadi ciri khusus dari turbin ini adalah nosel dan sudu roda jalan yang dirancang khusus. Pancaran air yang keluar dari nosel dengan kecepatan tinggi menghantam sudu di tengah-tengah. Bentuk sudunya seperti dua mangkuk yang berdimensi sama besar yang berdampingan. Biasanya turbin ini diaplikasikan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



Gambar 2 Turbin Pelton
(Juneidy Yohanes Morong, 2016)

2.4.1.2 Turbin Aliran Ossberger (*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 *crossflow* dapat dioperasikan pada debit 20 litres/sec hingga 10 m³/sec dan *head* antara 1 s/d 200 m.



Gambar 3 Turbin *Crossflow*
(Juneidy Yohanes Morong, 2016)

Perkembangan selanjutnya turbin ini mengalami modifikasi yang dilakukan oleh Michell yang berasal dari Australia dan Bangki yang berasal dari Honggaria, dengan menambahkan pipa hisap pada sisi keluar dari turbin. Dengan modifikasi ini meningkatkan efisiensi dari turbin ini. Turbin ini sangat cocok pada pembangkit tenaga air bersekala kecil.

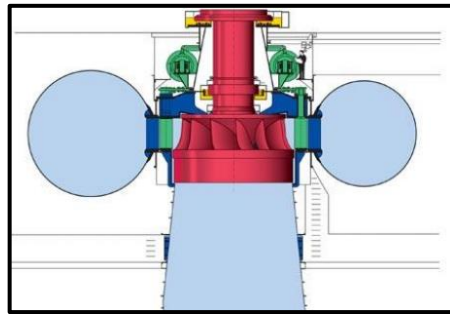
2.4.2. Turbin Reaksi

Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga *runner* (bagian turbin yang berputar) dapat berputar. Turbin reaksi bekerja dengan secara langsung mengubah energi kinetik juga energi tekanan secara bersamaan menjadi energi mekanik. 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. Jenis dari turbin ini adalah turbin Francis dan turbin Kaplan. (Andreas Wijaya dkk, 2014)

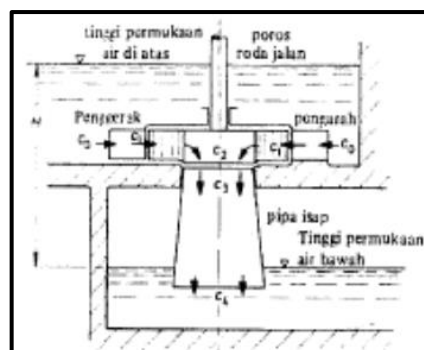
2.4.1.3 Turbin Francis

Turbin Francis yaitu turbin yang dikelilingi dengan sudu pengarah dan semuanya terbenam ke dalam air. Turbin Francis digunakan untuk pemanfaatan potensi menengah. Turbin Francis sudah bisa dibuat dengan kecepatan putar yang tinggi.



Gambar 4 Turbin Francis
(Moh. Zaenal Arifin, 2017)

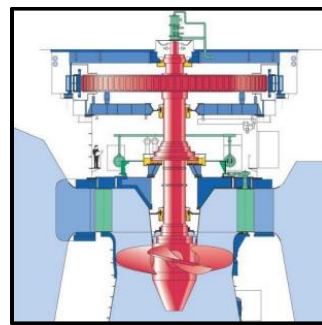
Turbin Francis merupakan jenis turbin tekanan lebih. Sudunya terdiri atas sudu pengarah dan sudu jalan yang keduanya terendam dalam air. Perubahan energi terjadi seluruhnya dalam sudu pengarah dan sudu gerak, dengan mengalirkan air ke dalam sebuah terusan atau dilewatkan ke dalam sebuah cincin yang berbentuk spiral atau rumah keong (Moh. Zaenal Arifin, 2017).



Gambar 5 Turbin Francis
(Moh. Zaenal Arifin, 2017)

a) Turbin Propeller/ Kaplan

Turbin baling–baling dikembangkan sedemikian rupa sehingga suatu turbin dapat berputar di dalam lahar panas. Selain itu, sudu-sudu dapat diatur sesuai dengan kondisi operasi pada saat itu. Keuntungan memilih turbin Kaplan, yaitu kecepatan putaran bisa dipilih lebih tinggi, ukurannya lebih kecil karena roda turbin bisa dihubungkan langsung dengan generator. Harganya murah bila dipakai pada saat pembangkit yang besar (Moh. Zaenal Arifin, 2017).



Gambar 6 Turbin Kaplan
(Moh. Zaenal Arifin, 2017)

2.5. Kincir Air

Kincir dapat didefinisikan sebagai peralatan mekanis berbentuk roda (*wheel*), dengan sudu (*bucket* atau *vane*) pada sekeliling tepi-tepinya yang diletakkan pada poros horisintal. Kincir air berarti kincir dengan media kerja air. Data sejarah menunjukkan bahwa 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 merambat ke Amerika.

Rancangan yang sistematis dari kincir air dimulai abad ke 18 dimana banyak dilakukan riset untuk meningkatkan kinerja kincir air yang dirancang secara teoritik, 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 tepi-

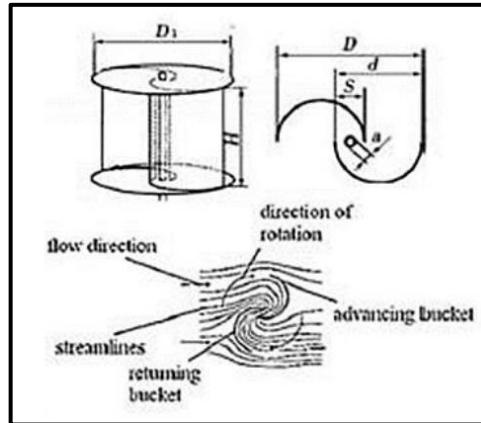
tepinya yang diletakkan pada poros horizontal. Kincir air berarti kincir dengan media kerja air, disamping ada juga kincir angin dengan media kerja angin. Pada kincir air, air beroperasi dengan tekanan atmosfer dan mengalir melalui sudu-sudu, yang mengakibatkan kincir berputar pada putaran tertentu. 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. (Yohanes Morong, 2016)

2.6. Kincir Air Savonius

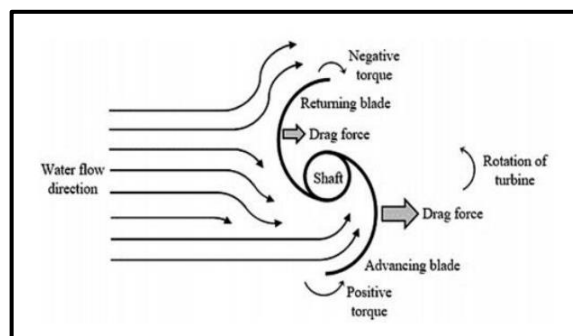
Turbin Savonius diciptakan oleh Sirgurd Johannes Savonius pada tahun 1992. Sebagai turbin vertikal sederhana, Savonius bekerja karena terjadinya perbedaan gaya antara masing – masing sudu. Turbin ini dapat dimanfaatkan pada aliran sungai dengan kecepatan aliran yang rendah dan potensi ketinggian yang rendah tanpa harus memakan banyak ruang dan turbin ini mampu mendapat koefisien daya 7 yang cukup tinggi pada aliran air dengan kondisi tersebut. Bagian cekung sudu ini menangkap dan mengkonversikan energi kinetik yang dihasilkan oleh aliran fluida yang berupa udara atau air. Selanjutnya energi yang ditangkap dijadikan energi gerak untuk menggerakkan turbin Savonius dengan arah gerakan rotasi. (Y. Victor , 2020)

Turbin Savonius adalah turbin sumbu vertikal yang pada dasarnya beroperasi karena gaya seret fluida pada sudu turbin, tetapi gaya angkat juga berkontribusi terhadap daya mekanis yang ditransmisikan ke poros. Turbin ini adalah tipe resistansi yang profil sudunya adalah setengah lingkaran. Tekanan yang berbeda di kedua sisi bilah dan torsi yang berbeda di antara sudu mendorong turbin untuk berputar. (Doddy Suanggana dkk, 2021)



Gambar 7 Kincir air savonius
(Doddy Suanggana dkk, 2021)

2.7. Prinsip Kerja Kincir Air Savonius



Gambar 8 Prinsip kerja kincir air savonius
(Rendy dkk, 2022)

Prinsip kerja rotor Savonius vertikal yaitu ketika turbin berputar sekitar sepertiga dari revolusinya, sudu yang memiliki cekungan terbuka akan menerima aliran fluida dan akan berada di belakang, kemudian sudu selanjutnya akan berputar dan menerima aliran fluida yang sama dari depan, proses ini akan terus berulang – ulang selama ada aliran fluida (Victor, 2020).

2.8. Persamaan Rumus yang Digunakan

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

1. Debit Air (Q)

Debit dapat diartikan sebagai volume air yang mengalir setiap detik (m^3/s). Perhitungan debit air dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Q = A \cdot v \quad (2.1)$$

Keterangan :

Q = debit air (m^3/s)

A = luas penampang sungai (m^2)

v = kecepatan aliran air (m/s)

2. Kecepatan Aliran (v)

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

$$v = \frac{s}{t} \times c \quad (2.2)$$

Keterangan :

v = kecepatan aliran air (m/s)

s = jarak tempuh (m)

t = waktu (s)

c = faktor koreksi (0,65) (Firmansyah, 2008)

3. Daya Air (P_{in})

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

$$P_{in} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_s \cdot v^3 \quad (2.3)$$

$$A_s = H \times D \quad (2.4)$$

Keterangan :

P_{in} = daya yang diterima kincir air (W)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

A_s = luas penampang sudu (m^2)

v = kecepatan aliran air (m/s)

H = tinggi sudu (m)

D = diameter sudu (m)

4. Daya Kincir air (P_{out})

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

$$P_{out} = \tau \cdot \omega \quad (2.5)$$

$$\tau = m \times g \times r \quad (2.6)$$

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \quad (2.7)$$

Keterangan :

P_{out} = Daya yang dihasilkan oleh kincir air (W)

τ = torsi (N.m)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

r = jari-jari pembebanan (m)

m = massa (kg)

g = gravitasi (m/s^2)

n = putaran (rpm)

5. Efisiensi Kincir

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

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.8)$$

Keterangan :

η = Efisiensi kincir air (%)

P_{out} = daya yang dihasilkan oleh kincir air (W)

P_{in} = daya yang diterima oleh kincir air (W)