

SKRIPSI

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

Disusun dan Diajukan Oleh:

VAUZEEL ALFON FIRSTSANDY

D021 19 1137



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

SKRIPSI

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

Disusun dan Diajukan Oleh:

VAUZEEL ALFON FIRSTSANDY

D021 19 1137



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

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

Disusun dan diajukan oleh

VAUZEEL ALFON FIRSTSANDY

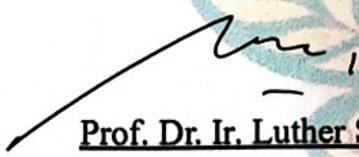
D021 19 1137

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 : Vauzeel Alfon Firstsandy

NIM : D021 19 1137

Program Studi : Teknik Mesin

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal Dengan Empat 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



vauzeel Alfon Firstsandy

ABSTRAK

VAUZEEL ALFON FIRSTSANDY. *Analisis Kinerja Kincir Air Savonious Poros Vertikal Dengan Empat Sudu Bersusun Pada Beberapa Variasi Debit.* (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT, Gerard Antonini Duma, ST., MT)

Indonesia merupakan negara dengan potensi sumber daya alam yang besar. Namun, kebutuhan energi listrik di Indonesia saat ini semakin meningkat dan masih di dominasi oleh energi yang berbasis bahan bakar fosil, seperti minyak bumi dan batu bara. Bahan bakar fosil merupakan energi yang tak terbarukan, sehingga apabila dieksploitasi secara terus menerus maka cadangan bahan bakar fosil akan habis. Maka dari itu perlu adanya suatu upaya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia. Salah satu energi alternatif yang mudah dan dapat digunakan adalah air. Untuk pemanfaatan energi air ialah dengan menggunakan turbin air sebagai salah satu solusinya. Kincir air savonious 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. Pada debit $0,629 \text{ m}^3/\text{s}$ menghasilkan nilai efisiensi terbesar yakni 14,454 %, kemudian pada debit $0,821 \text{ m}^3/\text{s}$ menghasilkan nilai efisiensi yakni 10,490 % dan debit $1,019 \text{ m}^3/\text{s}$ menghasilkan nilai efisiensi terkecil yakni 7,680 % masing-masing pada pembebanan 1,5 kg. Maka dari itu, hubungan antara efisiensi kincir terhadap debit yakni berbanding terbalik. Semakin besar debit maka semakin kecil efisiensi yang dihasilkan. Kinerja terbaik yang didapat dari kincir air savonius empat sudu bersusun yaitu pada pembukaan katup 1 dengan daya kincir 1,109 watt dan efisiensi kincir 14,45% pada pembebanan 1,5 kg, pembukaan katup 2 dengan daya kincir 1,663 watt dan efisiensi kincir 10,49% pada pembebanan 1,5 kg, dan pembukaan katup 3 dengan daya kincir 2,149 watt memiliki efisiensi kincir terkecil yaitu 7,68% pada pembebanan 1,5 kg.

Kata kunci : kincir air savonious, efisiensi kincir, debit

ABSTRACT

VAUZEEL ALFON FIRTSANDY. *Performance Analysis Of Vertical Shaft Savonious Waterwheel With Four Stacked Blades At Several Discharge Variations.* (Supervised by Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT, Gerard Antonini Duma, ST., MT)

Indonesia is a country with great natural resource potential. However, the need for electrical energy in Indonesia is currently increasing and is still dominated by fossil fuel-based energy, such as petroleum and coal. Fossil fuels are non-renewable energy, so if exploited continuously, fossil fuel reserves will run out. Therefore, it is necessary to make an effort to meet the needs of electrical energy in Indonesia. One alternative energy that is easy and can be used is water. To utilize water energy is to use a water turbine as one of the solutions. Savonious waterwheels work because of the different forces that exist on each blade. The concave part of the blade facing the direction of the water will capture the water and force the blade to rotate on its axis and the convex part of the blade that is pushed by the fluid flow also causes the blade to rotate even though there is a load caused by the convex part when pushed by the fluid flow. At a discharge of $0.629 \text{ m}^3/\text{s}$ produces the largest efficiency value of 14.454%, then at a discharge of $0.821 \text{ m}^3/\text{s}$ produces an efficiency value of 10.490% and a discharge of $1.019 \text{ m}^3/\text{s}$ produces the smallest efficiency value of 7.680% each at a loading of 1.5 kg. Therefore, the relationship between the efficiency of the mill and the discharge is inversely proportional. The best performance obtained from the four-bladed savonius waterwheel is at the opening of valve 1 with 1.109 watts of mill power and 14.45% mill efficiency at 1.5 kg loading, opening valve 2 with 1.663 watts of mill power and 10.49% mill efficiency at 1.5 kg loading, and opening valve 3 with 2.149 watts of mill power has the smallest mill efficiency of 7.68% at 1.5 kg loading.

Keywords : savonious waterwheel, mill efficiency, discharge

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	3
PERNYATAAN KEASLIAN	4
ABSTRAK	1
ABSTRACT	2
DAFTAR ISI.....	3
DAFTAR GAMBAR	5
DAFTAR TABEL	7
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	8
DAFTAR LAMPIRAN	9
KATA PENGANTAR.....	10
BAB I PENDAHULUAN	12
1.1 Latar Belakang	12
1.2 Rumusan Masalah.....	13
1.3 Tujuan Penelitian	14
1.4 Batasan Masalah	14
1.5 Manfaat Penelitian	14
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	15
2.1 Pengertian Turbin Air.....	15
2.2 Prinsip Kerja Turbin Air	16
2.3 Komponen Turbin Air	16
2.3.1 Rotor	16
2.3.2 Stator.....	16
2.4 Klasifikasi Turbin Air	17
2.4.1 Turbin Impuls	17
2.4.2 Turbin Reaksi	18
2.5 Kincir Air	19
2.6 Kincir Air Savonius	20
2.7 Prinsip Kerja Kincir Air Savonius.....	20
2.8 Persamaan Rumus yang Digunakan	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2	Jenis dan Sumber Data	26
3.3	Metode Pembendungan	26
3.4	Alat dan Bahan	28
3.4.1	Alat.....	28
3.4.2	Bahan.....	32
3.5	Tahap Penelitian.....	34
3.6	Prosedur Pengambilan Data	35
3.7	Rancangan Alat	36
3.8	Flow Chart Penelitian.....	38
BAB IV ANALISIS PERHITUNGAN		39
4.1	Hasil.....	39
4.1.1	Contoh Perhitungan	39
4.1.2	Hubungan antara Daya Kincir terhadap Debit.....	43
4.1.3	Hubungan antara Daya Kincir (P_{kincir}) terhadap Daya Air (Pair).....	45
4.1.4	Hubungan antara Efisiensi Kincir (η) terhadap Beban (m).....	46
4.1.5	Hubungan antara Efisiensi Kincir (η) terhadap Debit (Q).....	48
4.1.6	Hubungan antara Efisiensi Kincir (η) terhadap Daya Air (Pair)	49
4.2	Pembahasan	50
4.2.1	Hubungan antara Daya Kincir (P_{kincir}) terhadap Debit (Q)	50
4.2.2	Hubungan antara Daya Kincir (P_{kincir}) terhadap Daya Air (Pair)	51
4.2.3	Hubungan antara Efisiensi Kincir (η) terhadap Beban (m).....	51
4.2.4	Hubungan antara Efisiensi Kincir (η) terhadap Debit (Q).....	52
4.2.5	Hubungan antara Efisiensi Kincir (η) terhadap Daya Air (Pair)	53
4.2.6	Perbandingan hasil penelitian.....	53
BAB V PENUTUP.....		55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN.....		59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Turbin Air (Sumber : Fahdita,2020)	15
Gambar 2 Skema Turbin Air	16
Gambar 3 Skema perubahan Head pada turbin Pelton (Jaya, 2008)	18
Gambar 4 Turbin Crossflow (Haloho, 2002)	18
Gambar 5 Turbin Francis (Haloho, 2002).....	19
Gambar 6 Turbin Kaplan (Haloho, 2002).....	19
Gambar 7 Kincir savonius dengan gaya drag celah sudu tertutup tipe U (Wenehenubun, Saputra, & Sutanto, 2015).....	21
Gambar 8 Metode Mean Section.....	22
Gambar 9 Skema Pembendungan pada Pembukaan Katup 1.....	27
Gambar 10 Skema Pembendungan pada Pembukaan Katup 2.....	27
Gambar 11 Skema Pembendungan pada Pembukaan Katup 3.....	28
Gambar 12 Mesin Las.....	29
Gambar 13 Gergaji.....	29
Gambar 14 Meteran	29
Gambar 15 Pulley.....	30
Gambar 16 Tachometer	30
Gambar 17 Neraca Pegas	30
Gambar 18 Timer	31
Gambar 19 Bearing	31
Gambar 20 Kincir Air Savonius Empat Sudu Bersusun	32
Gambar 21 Pipa PVC.....	32
Gambar 22 Pemberat	33
Gambar 23 Lem Epoxy.....	33
Gambar 24 Tali Kur	33
Gambar 25 Talang Air Setengah Bulat PVC.....	34
Gambar 26 Besi Siku	34
Gambar 27 Instalasi Alat.....	36
Gambar 28 Proyeksi Alat	36
Gambar 29 Gambar Sudu.....	37

Gambar 30 Hubungan antara Daya Kincir terhadap Debit pada variasi pembebanan	44
Gambar 31 Hubungan antara Daya Kincir terhadap Daya Air pada variasi pembebanan	45
Gambar 32 Hubungan antara Efisiensi Kincir terhadap Beban pada variasi pembukaan katup	47
Gambar 33 Hubungan antara Efisiensi Kincir terhadap Debit pada variasi pembebanan	48
Gambar 34 Hubungan antara Efisiensi Kincir terhadap Daya Air pada variasi pembebanan	50

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hubungan antara Daya Kincir terhadap Debit pada variasi pembebanan	43
Tabel 2. Hubungan antara Daya Kincir terhadap Daya Air pada variasi pembebanan	45
Tabel 3. Hubungan antara Efisiensi Kincir terhadap Beban pada variasi pembebanan	46
Tabel 4. Hubungan antara Efisiensi kincir terhadap Debit pada variasi pembebanan	48
Tabel 5. Hubungan antara Efisiensi Kincir terhadap Daya air pada variasi pembebanan	49

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

No	Simbol	Keterangan	Satuan
1	Q	Debit Air	m ³ /s
2	V	Kecepatan Aliran Air	m/s
3	A	Luas sungai	m ²
4	S	Jarak Tempuh	M
5	T	Waktu Tempuh	S
6	Pair	Daya Air yang Dihasilkan	W
7	P	Massa Jenis Air	kg/m ³
8	As	Luas Penampang Sudu	m ²
9	T	Torsi	Nm
10	F	Gaya	N
11	R	Jari-Jari Pembebanan	M
12	M	Massa	Kg
13	G	Gravitasi Bumi	m/s ²
14	Ω	Kecepatan Sudut	rad/s
15	N	Putaran	Rpm
16	Pkincir	Daya Kincir yang Dihasilkan	W
17	H	Efisiensi Kincir	%

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Hasil Pengamatan Kincir Air Savonius Empat Sudu Bersusun	59
Lampiran 2. Tabel Hasil Penelitian Kincir Air Savonius Empat Sudu Bersusun ..	60
Lampiran 3. Tabel Densitas Air Berdasarkan Suhu (Pell, Dunson 1997)	61
Lampiran 4. Dokumentasi Pembuatan Alat Kincir Air Savonius	62
Lampiran 5. Dokumentasi Pengambilan Data di Lokasi Penelitian	63

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang senantiasa menjadi penopang dan teman terbaik sepanjang hidup penulis. Hanya karena Berkat dan Nikmat-Nya lah yang menuntun penulis dalam mengerjakan skripsi ini dengan judul “Analisis Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal Dengan Empat Sudu Bersusun Pada Beberapa Variasi Debit”. Penelitian ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) bagi mahasiswa program S1 di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih yang terdalam untuk kedua orangtua yakni Bapak Yosa Guci dan Ibu Indriyani serta atas cinta, doa, dan juga dukungan moril dan materi yang diberikannya sehingga penulis mampu sampai pada titik ini. Semoga Tuhan senantiasa melindungi, memberikan kesehatan, kekuatan, kebahagiaan, dan kebaikan bagikita 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 Raihan Dani, Afsilus, Henry, dan Bella yang telah menjadi partner dalam susah dan senang pada saat pengambilan data.
8. Saudara seperjuangan Bruzhlezz 19 yang telah memberikan bantuan, dukungan, kerjasamanya.
9. Serta Bushtami M'21 telah memberikan bantuan berupa transportasi agar mempermudah penulis untuk membawa alat dan bahan menuju lokasi pengambilan data.

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

Indonesia merupakan negara dengan potensi sumber daya alam yang besar. Namun, kebutuhan energi listrik di Indonesia saat ini semakin meningkat dan masih didominasi oleh energi yang berbasis bahan bakar fosil, seperti minyak bumi dan batu bara. Kerugian dari penggunaan bahan bakar fosil adalah sifatnya yang tidak ramah lingkungan, karena hasil pembakaran bahan bakar fosil adalah CO₂ yang merupakan gas rumah kaca. Bahan bakar fosil merupakan energi yang tak terbarukan, sehingga apabila dieksploitasi secara terus menerus maka cadangan bahan bakar fosil akan habis. Maka dari itu perlu adanya suatu upaya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia. Salah satu energi alternatif yang mudah dan dapat digunakan adalah air. Untuk pemanfaatan energi air ialah dengan menggunakan turbin air sebagai salah satu solusinya. (Hariadi, 2020)

Fluida adalah zat yang mampu mengalir dan menyesuaikan diri dengan wadahnya. Setiap zat atau materi yang mengalami gerakan atau berpindah tempat dari tempat yang satu ke tempat yang lain akan menghasilkan energi dan energi ini sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat fisik dari fluida yang merupakan sumber dari energi tersebut. Karena sifat fluida yang sama, maka Savonius juga bisa diterapkan pada aliran air. Bedanya adalah penelitian ini dilakukan pada saluran air tertutup yang sudah dirancang sedangkan fluida angin tidak menggunakan saluran angin yang tertutup. Angin dan air mempunyai masa jenis yang berbeda. Pada kecepatan yang sama air akan memiliki energi yang lebih besar dibandingkan dengan angin, hal ini dikarenakan air mempunyai massa jenis yang lebih besar daripada angin (Yogi, 2018).

Potensi air sebagai sumber energi terutama digunakan sebagai sumber tenaga melalui pembangkit listrik tenaga air dan pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Penggunaan energi air pada dasarnya adalah

penggunaan energi potensial gravitasi. Aliran energi mekanik adalah konversi energi potensial gravitasi yang digunakan untuk menggerakkan turbin hidrolis. Penelitian di bidang energi khususnya mikrohidro pernah melakukan penelitian yang memanfaatkan turbin Savonius sebagai sumber energi alternatif dengan menggunakan tenaga air, namun belum pernah menggunakan turbin tipe Savonius dengan menambahkan alur pada sudu turbin (Angreana dkk, 2021).

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 penelitian sebelumnya, maka penulis melakukan penelitian studi eksperimental “**Analisis Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal Dengan Empat 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 empat sudu bersusun dengan variasi debit dan pembebanan.
2. Bagaimana menganalisis efisiensi kincir air savonius poros vertikal empat sudu bersusun dengan variasi debit dan pembebanan.

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

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Dalam penelitian ini menggunakan 8 jumlah sudu.
2. Poros yang digunakan yaitu poros vertikal.
3. Menggunakan talang air PVC setengah bulat 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. Mampu mengoptimalkan energi air yang tersedia sehingga dapat dikonversi menjadi energi listrik yang ramah lingkungan.
2. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai pemanfaatan energi air menggunakan kincir air savonius empat sudu bersusun.

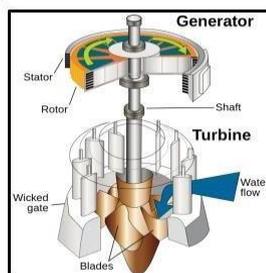
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Turbin Air

Turbin air adalah turbin yang menggunakan fluida kerja air. Air mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah. Dalam hal tersebut air memiliki energi potensial. Dalam proses aliran di dalam pipa energi potensial berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Di dalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis, di mana air memutar roda turbin (Sularso dan Haruo, 1983).

Perkembangan kincir air, pertama kali digunakan oleh orang-orang Yunani dan dipergunakan luas pada abad pertengahan di Eropa. Selanjutnya berangsur-angsur muncul berbagai 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 kedua puluh. (Syahrul dan Agus, 2018)

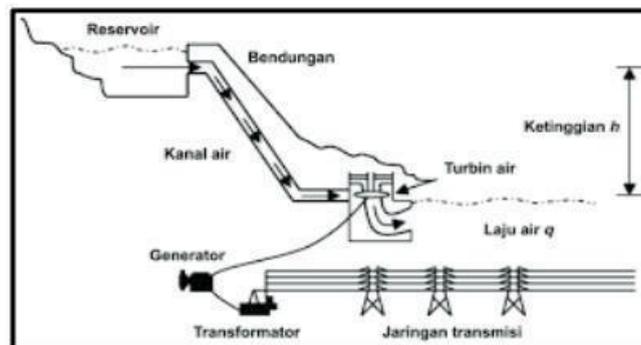
Tenaga air (Hydropower) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu 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. (Irwansyah, 2017)



Gambar 1 Turbin Air (Sumber : Fahdita,2020)

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 dan Agus, 2018)



Gambar 2 Skema Turbin Air

2.3 Komponen Turbin Air

Komponen-komponen dari turbin air antara lain :

2.3.1 Rotor

yaitu bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari:

- Sudu-sudu, berfungsi untuk menerima beban pancaran yang di semprotkan 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

2.3.2 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

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

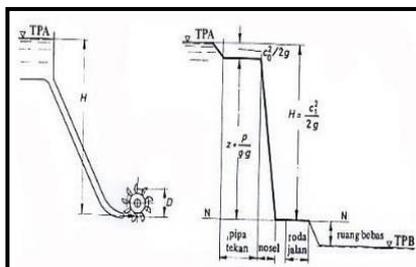
2.4.1 Turbin Impuls

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. (Sahbana, 2018)

Yang termasuk turbin impuls antara lain :

a) Turbin Pelton

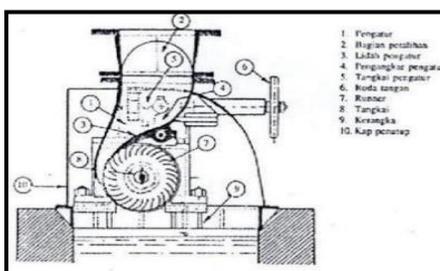
Yang menjadi ciri khusus dari turbin ini adalah nosel dan sudu roda jalan yang dirancang khusus. Pancaran air yang keluar dari nosel dengan kecepatan tinggi menghantam sudu di tengah-tengah. Bentuk sudunya seperti dua mangkuk yang berdimensi sama besar yang berdampingan. Biasanya turbin ini diaplikasikan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



Gambar 3 Skema perubahan Head pada turbin Pelton (Jaya, 2008)

b) Turbin Aliran Ossberger (*Crossflow*)

Turbin *crossflow* menggunakan *nozzle* persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar *runner*. Pancaran air masuk turbin mengenai sudu sehingga terjadi konversi energi (lebih rendah saat masuk) kemudian meninggalkan turbin. *Runner* turbin terbuat dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan paralel. Turbin *crossflow* baik sekali digunakan untuk pusat tenaga air yang kecil dengan daya kurang dari 750 kW.



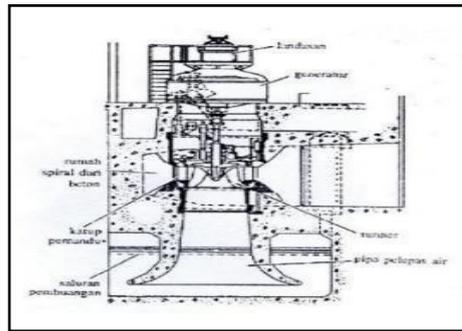
Gambar 4 Turbin Crossflow (Haloho, 2002)

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

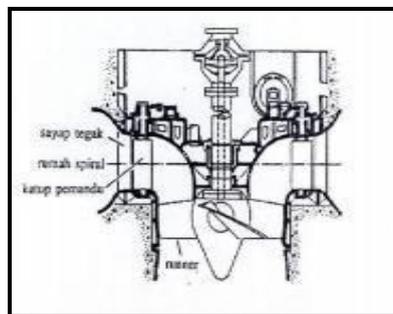
Turbin Francis bekerja dengan memakai proses tekanan lebih. Dengan adanya pipa isap memungkinkan energi tinggi jatuh dapat bekerja di sudu jalan dengan semaksimal mungkin.



Gambar 5 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 dayadengan head yang sedikit maka kapasitas aliran air harus besaryaitu dengan cara memperbesar luas dari penampang yangdilalui air (Jaya, 2008).



Gambar 6 Turbin Kaplan (Haloho, 2002)

2.5 Kincir Air

Kincir air adalah peralatan mekanis berbentuk roda dengan sudu (bucket atau vane) yang diletakkan pada poros horizontal. Kincir air memanfaatkan selisih ketinggian alamiah dari permukaan sungai kecil. Air yang masuk ke dalam dan keluar kincir tidak mempunyai tekanan lebih (over pressure). Kecepatan air yang mengalir ke dalam kincir harus kecil, sebab bila kecepatannya besar ketika melalui sel air akan melimpah ke luar atau energi yang ada akan hilang percuma (Rahman & Kimin, 2018). Kincir air dapat diklasifikasikan berdasarkan sistem aliran airnya, yaitu: kincir air overshoot, kincir air undershot, kincir air breastshot dan kincir air tub.

Kincir air digerakkan oleh tenaga aliran air yang beraliran deras yang menyebabkan terdorongnya sudu-sudu kincir sehingga kincir berputar pada

porosnya, yang kemudian pada poros kincir dipasang pulli. Dimana putaran dari pulli akan diteruskan ke generator menggunakan sabuk. Putaran tersebut akan memutar kumparan dari generator yang akan 9 memotong garis-garis medan magnetnya. Gerakan inilah yang menimbulkan gaya gerak listrik (GGL).

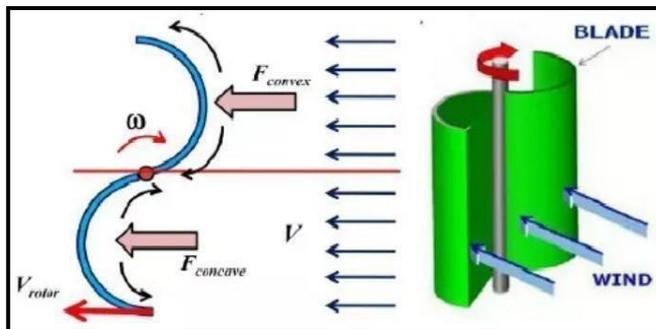
Sampai saat sekarang, penggunaan kincir air masih banyak ditemui karena sifat-sifatnya yang murah, sederhana, serta mudah dan murah dalam pembuatan dan perawatannya. Walaupun mempunyai banyak kekurangan dibandingkan dengan turbin air, teknologinya yang sangat sederhana ini cocok digunakan di daerah pedesaan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

2.6 Kincir Air Savonius

Kincir Savonius pertama kali diciptakan oleh Sirgurd Johannes Savonius pada tahun 1992. 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)

2.7 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)



Gambar 7 Kincir savonius dengan gaya drag celah sudu tertutup tipe U (Wenehenubun, Saputra, & Sutanto, 2015)

2.8 Persamaan Rumus yang Digunakan

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

1. Debit Air (Q)

Debit dapat diartikan sebagai volume air yang mengalir setiapdetik (m^3/s).

Perhitungan debit air dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Q = A \cdot v \quad (1)$$

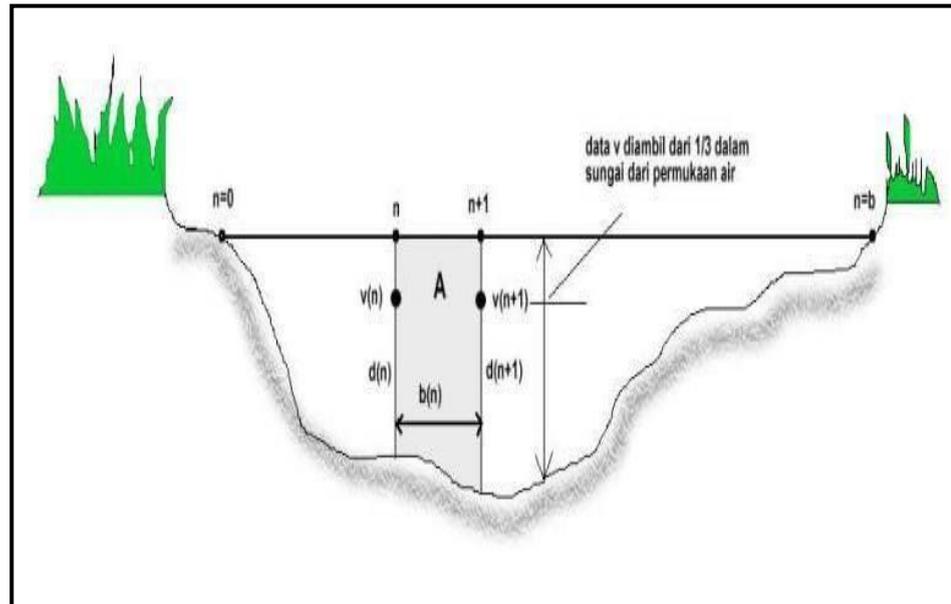
Keterangan :

Q = debit air (m^3/s)

A = luas penampang basah sungai (m^2)

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 8 Metode Mean Section

Menghitung luas penampang dengan metode Mean Section dirumuskan sebagai berikut:

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

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

2. Kecepatan Aliran

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

$$v = \frac{s}{t} \quad (3)$$

Keterangan

- v = kecepatan aliran air (m/s)
 s = jarak tempuh (m)
 t = waktu (s)
 c = koefisien/factor koreksi (0,65)

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 (9,81 m/s²)

4. Kecepatan Sudut (ω)

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

Keterangan:

$$\begin{aligned}\omega &= \text{Kecepatan Sudut (rad/s)} \\ \pi &= 3,14 \\ n &= \text{Putaran (rpm)}\end{aligned}$$

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.

$$\text{Keterangan : } P_{air} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_s \cdot v^3 \quad (6)$$

$$\begin{aligned}P &= \text{daya yang dihasilkan (W)} \\ \rho &= \text{massa jenis fluida (kg/m}^3\text{)} \\ A_s &= \text{luas penampang sudu (m}^2\text{)} \\ v &= \text{kecepatan aliran air (m/s)}\end{aligned}$$

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

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

Dimana: *A_s* = Luas penampang sapuan kincir

(m²)*H* = Tinggi sudu (m)

D = Diameter sudu (m)

6. Daya Kincir Air (*P_{kincir 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 :

r = 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.

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

Keterangan :

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

P_{kincir} = daya kincir yang dihasilkan (W)

P_{air} = daya air yang dihasilkan (W)