

SKRIPSI

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

Disusun dan diajukan oleh:

HENRY DWIPUTRA HAFID

D021 19 1007



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

SKRIPSI

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

Disusun dan diajukan oleh:

HENRY DWIPUTRA HAFID

D021 19 1007



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

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

Disusun dan diajukan oleh

Henry Dwiputra Hafid

D021 19 1007

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

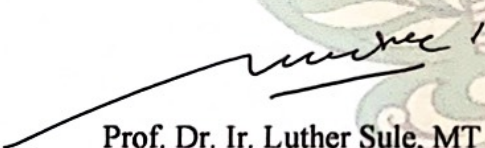
Pada tanggal 15 Agustus 2023

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 : Henry Dwiputra Hafid
NIM : D021 19 1007
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

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

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan 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

Henry Dwiputra Hafid

ABSTRAK

HENRY DWIPUTRA HAFID. *Analisis Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal Dengan Dua sudu Pada Beberapa Variasi Debit* (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Luther Sule, ST., MT. dan Gerard Antonini Duma, ST., MT).

Salah satu contoh pemanfaatan energi air yakni pada penggunaan kincir air. Tipe kincir air yang umum digunakan adalah kincir air savonius. Kincir air savonius merupakan alat yang dapat bekerja tanpa membutuhkan kecepatan aliran air yang tinggi sehingga kincir air ini dapat digunakan di sungai dengan kecepatan arus rendah maupun saluran irigasi. Umumnya pengaplikasian savonius ini awalnya pada turbin angin, namun sudah banyak juga penelitian mengenai turbin air savonius. Kincir air Savonius memiliki prinsip kerja yakni sudu kincir air Savonius yang pada dasarnya menyerupai setengah lingkaran dipasangkan secara berlawanan. Pada sudu bagian cekung akan menangkap gaya dorong dari fluida dengan besar lalu gaya dorong itu akan mendorong sudu berputar terhadap porosnya. Sedangkan pada bagian sudu yang cembung, gaya dorong fluida lebih sedikit karena saat fluida mengarah ke sisi cembung maka fluida sebagian akan mengarah ke sisi cekung dan lainnya akan mengarah ke sisi luar sudu cembung. Pada debit $0,629 \text{ m}^3/\text{s}$ menghasilkan nilai efisiensi terbesar yakni 18,971 %, kemudian pada debit $0,821 \text{ m}^3/\text{s}$ menghasilkan nilai efisiensi yakni 16,173 % dan debit $1,019 \text{ m}^3/\text{s}$ menghasilkan nilai efisiensi terkecil yakni 11,148 % masing-masing pada pembebanan 1,5 kg. Sehingga hubungan antara efisiensi kincir terhadap debit yakni berbanding terbalik. Semakin besar debit maka semakin kecil efisiensi yang dihasilkan. Kinerja terbaik yang dihasilkan dari kincir air savonius poros vertikal dua sudu yakni terdapat pada beban 1,5 kg dengan putaran rendah. Pembukaan katup 1 ($0,629 \text{ m}^3/\text{s}$) dengan daya kincir 1,455 watt dan efisiensi kincir 18,971 % pada putaran 21 rpm, pembukaan katup 2 ($0,821 \text{ m}^3/\text{s}$) dengan daya kincir 2,564 watt dan efisiensi kincir 16,173 % pada putaran 37 rpm, dan pembukaan katup 3 ($1,019 \text{ m}^3/\text{s}$) dengan daya kincir 3,119 watt dan efisiensi kincir yaitu 11,148 % pada putaran 45 rpm.

Kata Kunci : energi listrik, kincir air savonius, debit, efisiensi

ABSTRACT

HENRY DWIPUTRA HAFID. “*Performance Analysis of Vertical Shaft Savonius Waterwheel with Two Blades at Several Discharge Variations*” (supervised by Prof. Dr. Ir. Luther Sule, ST., MT. and Gerard Antonini Duma, ST., MT).

One example of the use of water energy is the use of a water wheel. The type of waterwheel commonly used is the savonius waterwheel. The savonius water wheel is a tool that can work without the need for a high flow velocity of water so that this water wheel can be used in rivers with low flow rates and irrigation canals. Generally, the application of this savonius was initially in wind turbines, however, there have also been many studies on savonius water turbines. The Savonius waterwheel has a working principle, namely the Savonius waterwheel blades which basically resemble a half circle paired in opposite directions. The concave blade will catch a large thrust from the fluid and then the thrust will push the blade to rotate about its axis. Whereas in the convex blade, the fluid thrust is less because when the fluid is directed to the convex side, some of the fluid will lead to the concave side and the other will lead to the outside of the convex blade. At a discharge of $0.629 \text{ m}^3/\text{s}$ it produces the greatest efficiency value of 18.971%, then at a discharge of $0.821 \text{ m}^3/\text{s}$ it produces an efficiency value of 16.173% and a discharge of $1.019 \text{ m}^3/\text{s}$ produces the smallest efficiency value of 11.148% each at a loading of 1.5 kg. So that the relationship between the efficiency of the wheel and the discharge is inversely proportional. The greater the discharge, the smaller the efficiency produced. The best performance is produced from the two-blade vertical shaft savonius water wheel, namely at a load of 1.5 kg with low rotation. Opening of valve 1 ($0.629 \text{ m}^3/\text{s}$) with a mill power of 1.455 watts and a mill efficiency of 18.971% at 21 rpm rotation, opening of valve 2 ($0.821 \text{ m}^3/\text{s}$) with a mill power of 2.564 watts and a mill efficiency of 16.173 % at 37 rpm rotation, and opening valve 3 ($1.019 \text{ m}^3/\text{s}$) with a mill power of 3.119 watts and a mill efficiency of 11.148% at 45 rpm.

Keywords: electrical energy, savonius water wheel, discharge, 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	xii
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 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	4
2.2 Turbin Air	4
2.3 Prinsip Kerja Turbin Air.....	4
2.4 Komponen Turbin Air	5
2.4.1 Rotor	5
2.4.2 Stator	5
2.5 Klasifikasi Turbin Air.....	6
2.5.1 Turbin impuls.....	6
2.5.2 Turbin reaksi	8
2.6 Kincir Air.....	9
2.7 Prinsip Kerja Kincir Air	10
2.8 Klasifikasi Kincir Air	10
2.8.1 Kincir air <i>undershot</i>	10
2.8.2 Kincir air <i>overshot</i>	11
2.8.3 Kincir air <i>breastshot</i>	11
2.9 Kincir Air Savonius	12
2.10 Prinsip Kerja Kincir Air Savonius	13
2.11 Persamaan yang Digunakan	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.2 Jenis dan Sumber Data.....	17
3.3 Metode Pembendungan	18
3.4 Alat dan Bahan	20
3.4.1 Alat	20
3.4.2 Bahan.....	23
3.5 Prosedur Pengambilan Data	26
3.6 Rancangan Alat	27
3.6.1 Instalasi alat	27

3.6.2 Skema rancangan kincir air savonius	28
3.6.3 Skema rancangan sudu kincir air savonius (2 sudu)	28
3.7 Flow Chart Penelitian	29
BAB IV ANALISIS PERHITUNGAN	30
4.1 Hasil	30
4.1.1 Contoh perhitungan	30
4.1.2 Hubungan antara daya kincir (P_{kincir}) dengan debit (Q)	34
4.1.3 Hubungan antara daya kincir (P_{kincir}) dengan daya air (P_{air})	36
4.1.4 Hubungan antara efisiensi kincir (η) dengan massa (m)	38
4.1.5 Hubungan antara efisiensi kincir (η) dengan debit (Q)	40
4.1.6 Hubungan antara efisiensi kincir (η) dengan daya air (P_{air})	42
4.2 Pembahasan	44
4.2.1 Hubungan antara daya kincir (P_{kincir}) dengan debit (Q)	44
4.2.2 Hubungan antara daya kincir (P_{kincir}) dengan daya air (P_{air})	44
4.2.3 Hubungan antara efisiensi kincir (η) dengan massa (m)	45
4.2.4 Hubungan antara efisiensi kincir (η) dengan debit (Q)	45
4.2.5 Hubungan antara efisiensi kincir (η) dengan daya air (P_{air})	46
BAB V PENUTUP	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Komponen turbin (Fahdita & Muthahhari, 2020).....	5
Gambar 2 Turbin pelton (Bensardi, 2019).....	7
Gambar 3 Turbin turgo (Bensardi, 2019)	7
Gambar 4 Turbin <i>cross-flow</i> (Bensardi, 2019).....	8
Gambar 5 Sudu turbin francis (Okedu et al., 2020)	9
Gambar 6 Sudu turbin kaplan/ <i>propeller</i> (Okedu et al., 2020).....	9
Gambar 7 Kincir air <i>undershot</i> (Mulianto, 2020)	11
Gambar 8 Kincir air <i>overshot</i> (Mulianto, 2020).....	11
Gambar 9 Kincir air <i>breastshot</i> (Mulianto, 2020).....	12
Gambar 10 Sudu kincir air savonius (Anugera, 2019).....	12
Gambar 11 Metode <i>mean section</i>	14
Gambar 12 Skema pembendungan pada pembukaan katup 1	18
Gambar 13 Skema pembendungan pada pembukaan katup 2	19
Gambar 14 Skema pembendungan pada pembukaan katup 3	19
Gambar 15 Mesin las	20
Gambar 16 Gergaji	20
Gambar 17 Meteran.....	21
Gambar 18 <i>Pulley</i>	21
Gambar 19 <i>Tachometer</i>	22
Gambar 20 Neraca pegas	22
Gambar 21 <i>Timer</i>	22
Gambar 22 <i>Bearing</i>	23
Gambar 23 Sudu dua kincir air savonius	23
Gambar 24 Pipa PVC	24
Gambar 25 Pemberat.....	24
Gambar 26 Lem epoxy.....	24
Gambar 27 Tali kur	25
Gambar 29 Besi siku	26
Gambar 30 Instalasi alat.....	27
Gambar 31 Skema kincir air savonius	28
Gambar 32 Sudu kincir air savonius	28
Gambar 32 Hubungan antara daya kincir (P_{kincir}) dengan debit (Q) pada variasi pembebanan	35
Gambar 33 Hubungan antara daya kincir (P_{kincir}) dengan daya air (P_{air}) pada variasi pembebanan	37
Gambar 34 Hubungan antara efisiensi kincir (η) dengan massa (m) pada variasi pembukaan katup.....	39
Gambar 35 Hubungan antara efisiensi kincir (η) dengan debit (Q) pada variasi pembebanan	41
Gambar 36 Hubungan antara efisiensi kincir (η) dengan daya air (P_{air}) pada variasi pembebanan	43

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Data hubungan antara daya kincir (P_{kincir}) dengan debit (Q) pada variasi pembebanan	34
Tabel 2 Data hubungan antara daya kincir (P_{kincir}) dengan daya air (P_{air}) pada variasi pembebanan	36
Tabel 3 Data hubungan antara efisiensi kincir (η) dengan massa (m) pada variasi pembukaan katup	38
Tabel 4 Data hubungan antara efisiensi kincir (η) dengan debit (Q) pada variasi pembebanan	40
Tabel 5 Data hubungan antara efisiensi kincir (η) dengan daya air (P_{air}) pada variasi pembebanan	42

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 pengujian kincir air savonius	52
Lampiran 2 Tabel hasil perhitungan pengujian kincir air savonius	53
Lampiran 3 Tabel densitas air berdasarkan suhu (Pell & Dunson, 1997)	54
Lampiran 4 Dokumentasi pembuatan alat kincir air savonius	55
Lampiran 5 Dokumentasi pengambilan data di lokasi penelitian	56

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, yang senantiasa menjadi penopang dan teman terbaik sepanjang hidup penulis. Hanya karena kebaikan Kasih dan Berkat-Nya lah yang menuntun penulis dalam mengerjakan skripsi ini dengan judul “Analisis Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal dengan Dua Sudu 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 Abdoel Hafid dan Ibu Barbara PS serta kakak yakni Kevin Pratama Hafid atas cinta, doa, dan juga dukungan moril dan materi yang diberikan sehingga penulis mampu sampai pada titik ini. Semoga Tuhan Yesus senantiasa melindungi, menganugrahi 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 Hafrison 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, Vauzeel, dan Bella yang telah menjadi partner dalam susah dan senang pada saat pengambilan data.
8. Segenap keluarga KMKT-UH khususnya Unstoppable dan keluarga KMKO Mesin khususnya Go Deeper 19 yang selalu memberikan doa dan dukungannya.
9. Saudara seperjuangan Bruzhlezz 19 yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan kerjasamanya.
10. Adinda Bus M'21 yang selalu siap membantu penulis dalam melakukan 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, 15 Agustus 2023

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini kebutuhan suatu energi sangat dibutuhkan oleh manusia dalam melakukan kegiatan sehari-hari terutama energi listrik. Kebutuhan akan energi listrik akan selalu bertambah dari tahun ke tahun dikarenakan perkembangan jumlah manusia yang semakin meningkat. Indonesia pada tahun 2016 sekitar 75% bahan bakar fosil merupakan penyuplai energi terbesar yang berupa bahan bakar gas, batu bara dan minyak bumi. Bahan bakar fosil tersebut mengandung persentase karbon yang tinggi. Gas karbon adalah gas tanpa warna yang merupakan senyawa karbon dengan oksigen, tidak terbakar dan larut dalam air. Jika gas karbon tersebut terlepas ke udara akan bersenyawa dengan oksigen dan membentuk gas karbon dioksida. Karbon dioksida adalah salah satu gas rumah kaca yang meningkatkan radiasi dan memberikan kontribusi pada pemanasan global, yang menyebabkan rata-rata suhu permukaan bumi meningkat. Sehingga penggunaan energi baru terbarukan diharapkan bisa menjadi pengganti akan tetapi energi baru terbarukan belum optimal sedangkan potensinya sangat besar (Fitriansyah et al., 2020).

Salah satu sumber energi penghasil energi listrik yang masih banyak tersedia di Indonesia dan ramah lingkungan adalah sumber energi air. Negara Indonesia sangat berpotensi untuk membangun pembangkit listrik yang menggunakan energi air dikarenakan di wilayah Negara Indonesia masih banyak mempunyai sumber daya alam air yang sangat melimpah. Instalasi yang dapat digunakan untuk memanfaatkan sumber daya air adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). PLTMH merupakan pembangkit listrik skala kecil yang memanfaatkan energi air sebagai tenaga penggerak. Energi air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi berasal dari sungai, air terjun, atau saluran irigasi (Kusnadi et al., 2018).

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. Secara

nasional, ketersediaan air di Indonesia mencapai 694 milyar meter kubik per tahun. Jumlah ini pada dasarnya adalah potensi yang dapat dimanfaatkan, namun faktanya saat ini baru sekitar 23 % yang sudah termanfaatkan, dimana hanya sekitar 20 % yang dimanfaatkan tersebut digunakan untuk memenuhi dua kebutuhan air baku rumah tangga, kota dan industri, 80 % lainnya dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi (Boli et al., 2018).

Salah satu contoh pemanfaatan energi air yakni pada penggunaan kincir air. Tipe kincir air yang umum digunakan adalah kincir air savonius. Kincir air savonius merupakan alat yang dapat bekerja tanpa membutuhkan kecepatan aliran air yang tinggi sehingga kincir air ini dapat digunakan di sungai dengan kecepatan arus rendah maupun saluran irigasi. Kincir air savonius sangat mudah dibuat karena memiliki konstruksi yang sederhana dan tidak membutuhkan biaya yang besar dalam pembuatannya. Umumnya pengaplikasian savonius ini awalnya pada turbin angin, namun, sudah banyak juga penelitian mengenai turbin air savonius.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai Studi Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja *Savonius Water Turbine* Pada Aliran Dalam Pipa dikatakan bahwa jumlah sudu berpengaruh terhadap unjuk kerja yang dihasilkan oleh turbin air savonius. Semakin banyak jumlah sudu yang digunakan, maka nilai torsi yang dihasilkan akan semakin kecil. Sehingga kesimpulan dari penelitian tersebut didapatkan bahwa turbin air savonius 2 sudu menghasilkan unjuk kerja yang paling baik dengan nilai torsi yang dihasilkan sebesar 3,163 Nm. Untuk 4 sudu sebesar 1,924 Nm ; 6 sudu sebesar 0,965 Nm ; 10 sudu sebesar 0,738 Nm ; dan 12 sudu sebesar 0,539 Nm (Hamzah et al., 2016).

Berdasarkan penelitian tersebut, penulis akan melakukan penelitian mengenai “**Analisis Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal Dengan Dua Sudu 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 dua sudu dengan variasi debit dan pembebanan.

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

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Poros yang digunakan yakni poros vertikal
2. Material sudu yang digunakan yakni Talang Air Setengah Bulat PVC
3. Jumlah sudu kincir air yakni sebanyak 2 buah sudu
4. Kecepatan aliran bergantung pada kondisi sungai
5. Tidak memperhitungkan *losses*, *drag* dan *friction*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain :

1. Dapat mengetahui kinerja dari kincir air savonius poros vertikal dua sudu pada aliran bebas atau sungai.
2. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai pemanfaatan energi air menggunakan kincir air savonius poros vertikal dengan dua sudu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Pembangkitan tenaga air dengan skala kecil atau pembangkitan tenaga mikrohidro merupakan suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan tinggi jatuh air (*head*) dan kapasitas aliran air (debit) tertentu, diubah dengan menggunakan sistem tertentu menjadi tenaga listrik.

Lokasi untuk PLTMH harus di observasi terlebih dahulu apakah terdapat potensi tenaga air yang dapat dimanfaatkan. Potensi tenaga air yang dimaksud yaitu besarnya sumber tenaga air yang memiliki *head* dan debit yang tersedia. Kedua faktor inilah yang dapat mempengaruhi besarnya daya listrik yang dihasilkan oleh generator/alternator PLTMH (Kusnadi et al., 2018).

2.2 Turbin Air

Turbin air merupakan suatu pembangkit mula-mula yang memanfaatkan energi potensial air menjadi energi mekanik dimana air akan memutar sudu turbin. Air yang berada pada ketinggian (*head*) tertentu memiliki energi potensial. Ketika air mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah, energi potensial berubah menjadi energi kinetik. Oleh turbin air, energi kinetik diubah 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 berbagai jenis turbin air seperti turbin pelton yang ditemukan oleh Lester A. Pelton pada abad 19 dan turbin Kaplan yang ditemukan oleh Viktor Kaplan pada abad 20 (Sahbana & Anam, 2018).

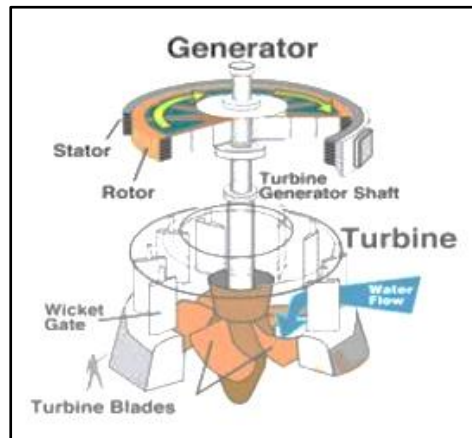
2.3 Prinsip Kerja Turbin Air

Prinsip kerja turbin air yaitu mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik diubah menjadi energi listrik oleh generator. Aliran air yang mengandung energi potensial akan disemprotkan ke sudu-sudu turbin melalui

nosel. Perputaran sudu akan menyebabkan poros turbin bergerak sehingga timbul energi mekanik, dan putaran poros turbin selanjutnya akan diteruskan ke generator untuk diubah menjadi energi listrik.

2.4 Komponen Turbin Air

Pada turbin air terdapat beberapa komponen utama dalam turbin sehingga dapat menghasilkan listrik yang dapat diubah menjadi listrik. Komponen utama turbin dibagi menjadi 2 bagian yaitu stator dan rotor.



Gambar 1 Komponen turbin (Fahdita & Muthahhari, 2020)

2.4.1 Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari:

- Sudu-sudu (*blades*) adalah bagian yang berfungsi untuk menerima beban pancaran yang disemprotkan oleh *nozzle*
- Poros (*shaft*) adalah bagian yang berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar yang dihasilkan oleh sudu
- Bantalan (*bearing*) adalah bagian yang berfungsi sebagai perapa komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran pada sistem (Fahdita & Muthahhari, 2020)

2.4.2 Stator

Stator adalah bagian yang diam pada sistem yang terdiri dari :

- Pipa pengarah / *nozzle* yang berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan fluida yang digunakan didalam sistem besar
- Rumah turbin, berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen turbin (Fahdita & Muthahhari, 2020).

2.5 Klasifikasi Turbin Air

Terdapat berbagai jenis turbin air yang digunakan untuk penyediaan kebutuhan energi listrik. Secara umum turbin air dikelompokkan menurut tinggi air jatuh (*head*) dan juga prinsip kerja turbin tersebut mengkonversi energi air menjadi energi punter/energi mekanik. Berdasarkan klasifikasi tersebut, turbin air dibagi menjadi turbin impuls dan turbin reaksi.

2.5.1 Turbin impuls

Turbin impuls adalah turbin yang memanfaatkan energi potensial air dikonversi menjadi energi kinetik dengan nosel. Turbin impuls disebut juga dengan turbin air tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nosel tekanannya sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Air yang keluar melalui nosel mempunyai kecepatan tinggi untuk membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu, arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (*impulse*). Akibatnya sudu turbin akan berputar. Berikut contoh dari turbin impuls (Dedy Hariyadi, 2017).

a. Turbin Pelton

Turbin pelton disebut juga turbin impuls atau turbin tekanan sama atau turbin pancaran bebas karena tekanan air yang keluar melalui nosel sama dengan tekanan atmosfer. Dalam instalasi turbin ini semua energi dikonversi menjadi kecepatan keluar nosel yang tinggi. Energi yang masuk ke dalam sudu jalan dalam bentuk energi kinetik. Ketika melewati sudu turbin, energi kinetik tadi diubah menjadi kerja poros dan sebagian kecil energi ada yang terlepas dan ada yang digunakan untuk melawan gesekan dengan permukaan sudu turbin (Dedy Hariyadi, 2017).



Gambar 2 Turbin pelton (Bensardi, 2019)

b. Turbin Turgo

Turbin turgo dapat beroperasi pada ketinggian (*head*) 30 s/d 300 m. Seperti turbin pelton turbin turgo merupakan turbin impuls, tetapi sudunya berbeda. Pancaran air dari nosel membentur sudu pada sudut 20° . Kecepatan putar turbin turgo lebih besar dari turbin pelton. Hal itu dikarenakan transmisi dihubungkan secara langsung dari turbin ke generator sehingga menaikkan efisiensi total dan juga minim biaya perawatan (Dedy Hariyadi, 2017).



Gambar 3 Turbin turgo (Bensardi, 2019)

c. Turbin *Cross-flow*

Turbin ini juga disebut juga Turbin Michell-Banki yang merupakan penemunya. Selain itu juga disebut Turbin Osberger yang merupakan perusahaan yang memproduksi turbin *cross-flow*. Turbin *cross-flow* dapat bekerja pada debit 20 liter/sec hingga 10 liter /sec dengan ketinggian (*head*) antara 1 s/d 200 m (Dedy Hariyadi, 2017)

Turbin ini memiliki arah aliran yang radial atau tegak lurus dengan sumbu turbin. Pertama-tama air dari luar masuk ke dalam silinder sudu-sudu dan kemudian dari dalam ke luar. Jadi sudu jalan turbin ini bekerja seperti turbin

pelton yaitu hanya sebagian sudu-sudu saja bekerja membalikkan aliran air. Turbin *Cross-flow* menggunakan nosel persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar *runner*. Pancaran air masuk ke turbin dan menabrak sudu sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanis. Air mengalir keluar membentur sudu dan memberikan energinya (lebih rendah dibanding saat masuk) kemudian meninggalkan turbin (Dedy Hariyadi, 2017).



Gambar 4 Turbin *cross-flow* (Bensardi, 2019)

2.5.2 Turbin reaksi

Berbeda dengan turbin impuls, turbin reaksi bekerja dengan memanfaatkan perbedaan tekanan aliran air masuk dan keluar turbin. Pada sisi masuknya energi tekanan sebanding dengan energi kinetik. Pada saat fluida melewati sudu turbin, energi tekanan dan energi kinetiknya dikonversi menjadi energi mekanis dan secara bertahap tekanan yang keluar dari turbin berkurang. Jenis-jenis turbin reaksi diantaranya adalah Turbin Francis dan Turbin Propeller (Sahbana & Anam, 2018).

a. Turbin Francis

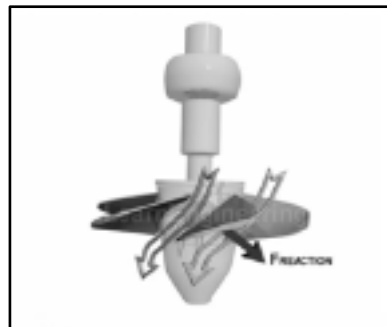
Turbin francis merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar. Turbin Francis menggunakan sudu pengarah yang akan mengarahkan air masuk secara tangensial (Bensardi, 2019).



Gambar 5 Sudu turbin francis (Okedu et al., 2020)

b. Turbin *Propeller*/Kaplan

Turbin kaplan merupakan salah satu jenis dari turbin reaksi. Turbin Kaplan tersusun dari *propeller*/sudu-sudu turbin seperti baling-baling kapal. Sudu turbin Kaplan berfungsi untuk mendapatkan gaya putar/tangensial pada poros turbin yang dapat menghasilkan torsi (Kusnadi et al., 2018).



Gambar 6 Sudu turbin kaplan/*propeller* (Okedu et al., 2020)

2.6 Kincir Air

Kincir air adalah peralatan mekanis berbentuk roda dengan sudu (*bucket* atau *vane*) yang diletakkan pada poros horizontal maupun vertikal. 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 merupakan pembangkit listrik tenaga air yang tepat untuk dikembangkan di desa yang mayoritas penduduknya belum menikmati listrik. Konstruksinya sederhana, murah dan mudah dalam perawatannya. Selain dapat digunakan sebagai pembangkit listrik yang kecil, torsi yang dihasilkan dapat digunakan secara langsung untuk penggilingan, pengairan, penggergajian, dsb.

Disamping itu debit aliran sangat berpengaruh terhadap kinerja kincir air untuk mendapatkan daya dan efisiensi yang tinggi (Rahman & Kimin, 2018).

2.7 Prinsip Kerja Kincir Air

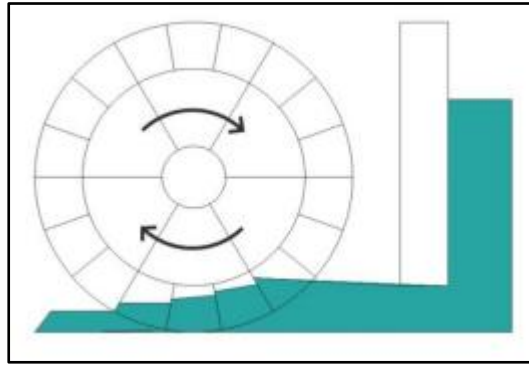
Air mengalir dengan kecepatan tertentu sehingga menabrak sudu pada kincir dimana gaya dorong air tegak lurus dengan penampang sudu. Dengan gaya dorong tersebut maka kincir berputar searah dengan gaya dorong air. Kincir air yang berputar menyebabkan poros juga ikut berputar. Poros ini di hubungkan dengan generator dengan beberapa transmisi daya. Transmisi daya ini berfungsi untuk merubah kecepatan putaran yang di hasilkan oleh kincir air sehingga dapat menggerakkan generator. Transmisi daya tersebut berupa roda gigi (gear). Dengan adanya rangkaian tersebut maka kincir air yang berputar dapat menggerakkan generator sehingga mekanik di ubah menjadi energi listrik. Generator di hubungkan langsung dengan lampu dan akan menyala apabila kincir air berputar (Rahman & Kimin, 2018).

2.8 Klasifikasi Kincir Air

Klasifikasi kincir air dapat ditinjau dari letak atau arah aliran air mendorong sudu kincir air antara lain :

2.8.1 Kincir air *undershot*

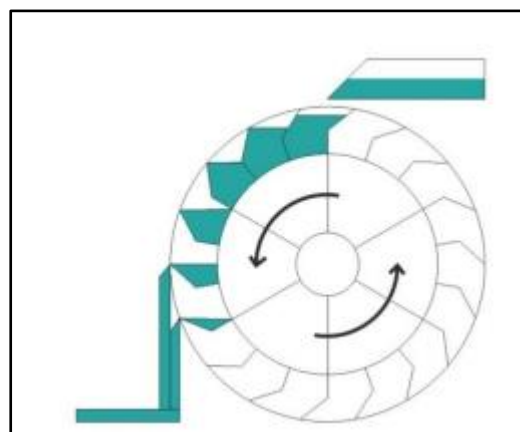
Tipe kincir *undershot* ini bekerja bila air yang mengalir menghantam dinding sudu yang terletak pada bawah kincir tersebut. Tipe ini biasanya digunakan pada perairan yang dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini sering juga disebut “Vitruvian” dimana aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir. Keuntungan turbin ini antara lain konstruksinya sederhana, lebih ekonomis, dan mudah dipindahkan, sedangkan kerugiannya antara lain efisiensinya kecil antara 25%-50%, dan daya yang dihasilkan relatif kecil karena arah aliran air datar (Widodo et al., 2018).



Gambar 7 Kincir air *undershot* (Mulianto, 2020)

2.8.2 Kincir air *overshot*

Kincir air *overshot* bekerja jika air yang mengalir ke dalam bagian sudu sudu sisi bagian atas dan karena gaya berat air, sudu kincir berputar. Kincir air *overshot* adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain. Keuntungannya yaitu tingkat efisiensi mencapai 80%, tidak membutuhkan aliran yang deras, konstruksi yang sederhana, mudah dalam perawatan, teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir. Sedangkan kerugian kincir air tipe *overshot* antara lain karena aliran air berasal dari atas maka biasanya *reservoir* air atau bendungan air memerlukan investasi lebih banyak, tidak dapat untuk mesin putaran tinggi, membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan (Widodo et al., 2018).

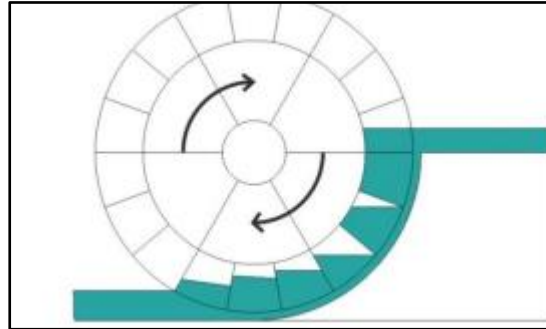


Gambar 8 Kincir air *overshot* (Mulianto, 2020)

2.8.3 Kincir air *breastshot*

Kincir air *breastshot* merupakan perpaduan antara tipe *overshot* dan *undershot* jika ditinjau dari arah aliran energi air yang diterimanya. Kincir ini menerima dorongan aliran air dari bagian tengah kincir. Keuntungan kincir tipe

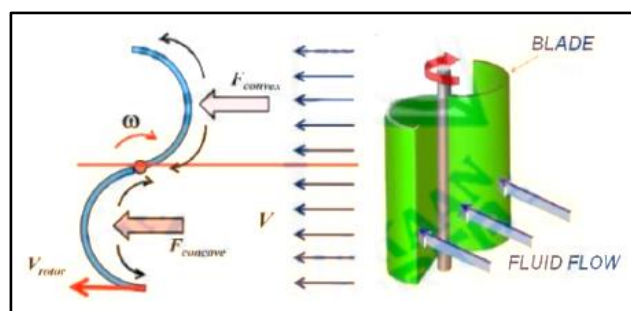
breast ini adalah lebih efisien dari tipe *undershot*, dibandingkan tipe *overshot* tinggi jatuhnya lebih pendek, dapat diaplikasikan pada sumber air aliran rata, sedangkan kerugiannya adalah sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe *undershot* (Widodo et al., 2018).



Gambar 9 Kincir air *breastshot* (Mulianto, 2020)

2.9 Kincir Air Savonius

Kincir air Savonius merupakan salah satu jenis kincir air dengan arah putaran poros vertikal yang dapat digunakan untuk mengubah energi dari fluida yang bergerak yakni dari energi potensial air dikonversi menjadi energi gerak. Pada awalnya kincir ini diciptakan oleh seorang insinyur asal Finlandia yaitu Sigurd Johannes Savonius pada tahun 1922, namun jauh sebelum itu telah ada konsep kincir yang mirip yang dibuat oleh Bishop of Czanad melalui tulisannya pada buku *Machinae novae* terbitan 1616. Kincir tipe ini dibuat dengan lebih mempertimbangkan keandalan, kemudahan konstruksi, dan harga daripada mempertimbangkan efisiensi yang dihasilkan. Selain itu kincir air jenis Savonius dapat beroperasi pada kecepatan rendah sehingga dapat digunakan pada jenis fluida air juga. Selain itu, juga memiliki bentuk konstruksi yang tidak rumit sehingga dalam proses pembuatan dan perakitan tidak terlalu mengalami kesulitan (Anugera, 2019).



Gambar 10 Sudu kincir air savonius (Anugera, 2019)

2.10 Prinsip Kerja Kincir Air Savonius

Kincir air Savonius memiliki prinsip kerja yakni sudu kincir air Savonius yang pada dasarnya menyerupai setengah lingkaran dipasangkan secara berlawanan. Sebagai jenis kincir air yang paling sederhana, kincir air Savonius bekerja karena perbedaan gaya yang diberikan pada setiap sudu. Pada sudu bagian cekung akan menangkap gaya dorong dari fluida dengan besar lalu gaya dorong itu akan mendorong sudu berputar terhadap porosnya. Sedangkan pada bagian sudu yang cembung, gaya dorong fluida lebih sedikit karena saat fluida mengarah ke sisi cembung maka fluida sebagian akan mengarah ke sisi cekung dan lainnya akan mengarah ke sisi luar sudu cembung. Umumnya, kincir air Savonius dengan dua sudu akan terlihat seperti huruf S jika dilihat dari tampak atas. Namun, tidak selalu kincir air Savonius menggunakan dua sudu, sehingga jumlah sudu dari kincir air tersebut dapat divariasikan (Anugera, 2019).

2.11 Persamaan 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. Perhitungan debit air dapat dirumuskan sebagai berikut.

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

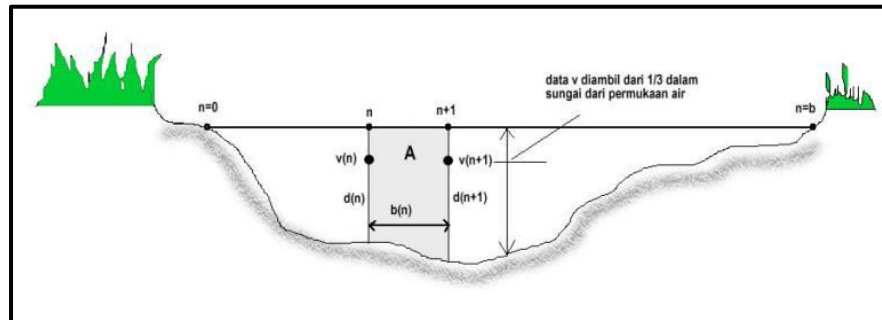
dimana,

Q = debit air (m^3/s)

v = kecepatan aliran air (m/s)

A = luas penampang basah sungai (m^2)

Adapun metode yang digunakan dalam menghitung luas penampang basah sungai yaitu dengan metode *mean section* dimana metode ini dilakukan dengan cara membagi potongan melintang sungai menjadi beberapa segmen kemudian nilai luas penampang dari setiap segmen akan dirata-ratakan.



Gambar 11 Metode *mean section*

Maka rumus yang digunakan untuk metode *mean section* ini adalah :

$$A_n = \frac{d_{(n)} + d_{(n+1)}}{2} \times b_n \quad (2)$$

dimana,

$A_{(n)}$ = 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.

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

dimana,

v = kecepatan aliran air (m/s)

s = jarak tempuh (m)

t = waktu (s)

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

3. Daya air

Menurut (Alit et al., 2019) daya air dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$P_{air} = \frac{1}{2} \times \rho \times A_s \times v^3 \quad (4)$$

$$A_s = H \times D \quad (5)$$

dimana,

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

ρ = massa jenis air (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. Torsi

Menurut (Purnama dkk, 2013) torsi adalah kemampuan kincir melakukan kerja terhadap beban yang diberikan. Torsi dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\tau = F \times r \quad (6)$$

$$\tau = m \times g \times r \quad (7)$$

dimana,

τ = torsi (N.m)

F = gaya (N)

r = jari-jari pembebanan (m)

m = massa (kg)

g = gravitasi (m/s^2)

5. Kecepatan sudut

Kecepatan sudut dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \quad (8)$$

dimana,

ω = kecepatan sudut (rad/s)

n = putaran (rpm)

6. Daya kincir air

Daya kincir air dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$P_{\text{kincir}} = \tau \times \omega \quad (9)$$

dimana,

τ = torsi (N.m)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

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

7. Efisiensi kincir air

Efisiensi kincir air dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \quad (10)$$

$$\eta = \frac{P_{\text{kincir air}}}{P_{\text{air}}} \times 100\% \quad (11)$$

dimana,

η = efisiensi kincir (%)

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

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