

SKRIPSI

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

Disusun dan Diajukan Oleh:

AFSILUS SEBLON

D021 19 1079



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
GOWA
2023**

SKRIPSI

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

Disusun dan Diajukan Oleh:

AFSILUS SEBLON

D021 19 1079



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

GOWA

2023

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

Disusun dan diajukan oleh:

Afsilus Seblon

D021 19 1079

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

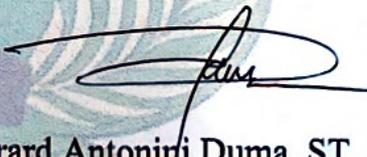
Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Prof. Dr. Ir. Luther Sule. MT

NIP. 19560827198503 1 001


Gerard Antonirji 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 : Afsilus Seblon

NIM : D021 19 1079

Program Studi : Teknik Mesin

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**Analisis Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal Dengan Dua 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.

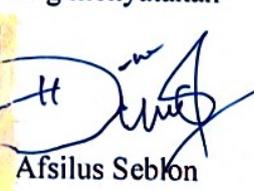
Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul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

 
Afsilus Seblon

ABSTRAK

Afsilus Seblon (D021191079). Analisis kinerja kincir air savonius poros vertikal dengan dua sudu bersusun pada beberapa variasi debit. (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT dan Gerard Antonini Duma, ST., MT)

Energi air adalah energi yang telah dimanfaatkan secara luas di Indonesia yang dalam skala besar telah digunakan sebagai pembangkit listrik. Beberapa perusahaan di bidang pertanian bahkan juga memiliki pembangkit listrik sendiri yang bersumber dari energi air. Di masa mendatang untuk pembangunan pedesaan termasuk industri kecil yang jauh dari jaringan listrik nasional, energi yang dibangkitkan melalui sistem mikrohidro dimungkinkan akan tumbuh secara pesat. Kincir air Savonius adalah kincir air sederhana yang bekerja karena perbedaan gaya yang ada pada masing - masing sudu. Bagian sudu cekung (*concave*) yang menghadap ke arah datangnya air akan menangkap air dan memaksa sudu untuk berputar pada porosnya dan bagian sudu cembung (*convex*) yang terdorong oleh aliran fluida juga menyebabkan berputarnya sudu walaupun ada beban yang ditimbulkan oleh bagian cembung saat terdorong oleh aliran fluida. Pada debit air 0,629 m³/s menghasilkan efisiensi paling besar pada masing-masing pembebanan. Pada beban 0.5 kg menghasilkan efisiensi paling tinggi yaitu 7,83%, pada beban 0,7 kg menghasilkan efisiensi paling besar yaitu 10,12%, pada beban 1 kg menghasilkan efisiensi paling besar yaitu 13,85%, pada beban 1,2 kg menghasilkan efisiensi paling besar yaitu 15,18%, dan pada beban 1,5 menghasilkan efisiensi paling besar yaitu 17,16%. Kinerja terbaik dari kincir air savonius poros vertikal dengan dua sudu bersusun yaitu pada pembukaan katup 1 dengan nilai efisiensi tertinggi yaitu 17,16% dan daya kincir tertinggi pada pembebanan 1,5 kg yaitu 1,317 watt dengan debit 0,629 m³/s.

Kata kunci: energi, sudu, efisiensi, pembebanan.

ABSTRACT

Afsilus Seblon (D021191079). Analysis of the performance of the vertical shaft savonius water wheel with two stacked blades at several discharge variations. (supervised by Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT and Gerard Antonini Duma, ST., MT)

Water energy is an energy that has been widely utilized in Indonesia and has been used on a large scale as a power plant. Some companies in the agricultural sector even have their own power plants sourced from water energy. In the future for rural development including small industries that are far from the national power grid, energy generated through micro hydro systems is likely to grow rapidly Savonius waterwheel is a simple waterwheel that works 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 water discharge of 0.629 m³ / s produces the greatest efficiency in each loading. At a load of 0.5 kg produces the highest efficiency of 7.83%, at a load of 0.7 kg produces the greatest efficiency of 10.12%, at a load of 1 kg produces the greatest efficiency of 13.85%, at a load of 1.2 kg produces the greatest efficiency of 15.18%, and at a load of 1.5 produces the greatest efficiency of 17.16%. The best performance of the vertical shaft savonius waterwheel with two stacked blades is at the opening of valve 1 with the highest efficiency value of 17.16% and the highest pinwheel power at a loading of 1.5 kg which is 1.317 watts with a discharge of 0.629 m³/s.

Keyword: energy, blades, efficiency, loading.

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	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengertian Turbin Air	4
2.2 Prinsip Kerja Turbin Air	5
2.3 Komponen Turbin Air.....	5
2.4 Klasifikasi Turbin Air	6
2.5 Kincir Air	10
2.6 Kincir Air Savonius.....	11
2.7 Prinsip Kerja Kincir Air Savonius	12
2.8 Persamaan yang Digunakan	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan yang digunakan	17
3.3 Metode Pembukaan katup (pembendungan)	21

3.4	Prosedur Pengambilan Data	23
3.5	Rancangan Alat	24
3.6	Flow Chart Penelitian.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		27
4.1	Hasil	27
4.1.1	Contoh Perhitungan	27
4.1.2	Hubungan antara dengan daya kincir dengan debit air	31
4.1.3	Hubungan antara daya kincir dengan daya air	32
4.1.4	Hubungan antara efisiensi dengan beban.....	34
4.1.5	Hubungan antara efisiensi dengan debit air	35
4.1.6	Hubungan antara efisiensi dengan daya air.....	37
4.2	Pembahasan.....	38
4.2.1	Hubungan antara daya kincir dengan debit air.....	38
4.2.2	Hubungan antara daya kincir dengan daya air	39
4.2.3	Hubungan antara efisiensi dengan beban.....	40
4.2.4	Hubungan antara efisiensi dengan debit air	40
4.2.5	Hubungan antara efisiensi dengan daya air.....	41
4.2.7	Perbandingan hasil penelitian	42
BAB V PENUTUP.....		43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA		45
LAMPIRAN.....		48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Turbin Air	5
Gambar 2 Skema Turbin Air	5
Gambar 3 Skema perubahan Head pada turbin Pelton	7
Gambar 4 Skema Turbin Aliran Ossberger	8
Gambar 5 Turbin Francis tipe horizontal	9
Gambar 6 Turbin Francis tipe vertikal	9
Gambar 7 Skema Turbin Francis dan Headnya.....	9
Gambar 8 Skema dua jenis Turbin Propeller, poros vertikal (kiri) dan poros horizontal (kanan)	10
Gambar 9 Turbin Air Savonius	11
Gambar 10 Kincir savonius dengan gaya drag celah sudu tertutup tipe U.....	13
Gambar 11 Metode Mid Section	14
Gambar 12 Pulley	17
Gambar 13 Poros Kincir Air.....	17
Gambar 14 Timer.....	18
Gambar 15 Neraca Pegas.....	18
Gambar 16 Bearing.....	18
Gambar 17 Tali Pramuka.....	19
Gambar 18 Beban	19
Gambar 19 Pipa PVC	20
Gambar 20 Besi Siku.....	20
Gambar 21 Talang air PVC	20
Gambar 22 Skema Pembukaan Katup 1	21
Gambar 23 Skema Pembukaan Katup 2.....	22
Gambar 24 Skema Pembukaan Katup 3	23
Gambar 25 Instalasi Alat	24
Gambar 26 Proyeksi Alat	25
Gambar 27 Desain Sudu	25
Gambar 28 Hubungan antara daya kincir dengan debit air pada setiap pembukaan katup.....	32

Gambar 29 Hubungan antara daya kincir dengan daya air pada setiap pembukaan katup.....	33
Gambar 30 Hubungan antara efisiensi dengan beban pada setiap pembukaan katup.....	35
Gambar 31 Hubungan antara efisiensi dengan debit air pada setiap pembukaan katup.....	36
Gambar 32 Hubungan antara efisiensi dengan daya air pada setiap pembukaan katup.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hubungan antara daya kincir dengan debit air.....	31
Tabel 2 Hubungan antara daya kincir dengan daya air	33
Tabel 3 Hubungan antara efisiensi dengan beban	34
Tabel 4 Hubungan antara efisiensi dengan debit air	36
Tabel 5 Hubungan antara efisiensi dengan daya air kincir.....	37

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	ρ	Massa Jenis Air	kg/m^3
8	As	Luas Penampang Sudu	m^2
9	τ	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	η	Efisiensi Kincir	%

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Hasil Pengamatan Pengujian Kincir Air Savonius	48
Lampiran 2 Tabel Hasil Perhitungan Pengujian Kincir Air Savonius	49
Lampiran 3 Tabel Densitas Air Berdasarkan Temperatur (Pell & Dunson, 1997) 50	
Lampiran 4 Dokumentasi	51

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan penyertaanNya sehingga penulis mampu melaksanakan dan menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISIS KINERJA KINCIR AIR SAVONIUS POROS VERTIKAL DENGAN DUA SUDU BERSUSUN PADA BEBERAPA VARIASI DEBIT” ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Skripsi ini ditulis dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

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

1. Kedua orang tua terkasih, Bapak Paulus Sanni dan Ibu Rinangsih dan juga kepada saudara penulis James, Eleazar Septianto, Anabel Jeconia serta om Marthen Kala dan tante Agustina Ta’bi yang telah membantu, memberi dukungan, doa, nasehat, motivasi untuk penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Gerard Antonini Duma, ST., MT selaku dosen pembimbing kedua penulis yang telah membantu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, MT selaku dosen penguji pada penelitian ini yang senantiasa memberikan saran, masukan dan koreksi yang bersifat membangun guna menjadikan penelitian ini lebih baik.
5. Bapak Dr. Rustan Tarakka, ST., MT selaku dosen penguji pada penelitian ini yang senantiasa memberikan saran, masukan dan koreksi yang bersifat membangun guna menjadikan penelitian ini lebih baik.

6. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT, selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Bapak dan Ibu dosen serta staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bantuan dan ilmu yang telah diberikan selama mengikuti perkuliahan.
8. Wanita dengan NIM D011211122 yang selalu menjadi tempat pulang dan telah mendukung penulis dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini.
9. Saudara seperjuangan mahasiswa Departemen Teknik Mesin Angkatan 2019 BRUZHLEZZ19 yang telah memberikan dukungan dan kerjasama selama berproses baik dalam akademik maupun nonakademik dan semoga apa yang direncanakan kedepannya dapat tercapai.
10. Segenap keluarga KMKO Mesin khususnya Go Deeper yang selalu menjadi tempat pulang dan berbagi cerita bagi penulis.
11. Anak-anak kontrakan J34 yang telah menjadi saksi perjuangan penulisan skripsi ini dari awal hingga ke titik ini.
12. Rekan-rekan PKM Kibaid Latimojong yang telah memberikan dukungan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Sebagai manusia biasa Penulis menyadari penyusunan skripsi ini jauh dari kata sempurna karena keterbatasan kemampuan dan ilmu pengetahuan yang dimiliki oleh Penulis. Oleh karenanya atas kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini, Penulis memohon maaf dan bersedia menerima kritikan yang membangun.

Terakhir, harapan Penulis, semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Makassar, 22 Juli 2023

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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

Dengan semakin menipisnya sumber energi konvensional, umat manusia dipaksa untuk mengeksplorasi setiap potensi yang ada di alam sebagai sumber energi baru dan terbarukan. Sumber energi yang dapat diperbaharui seperti energi air, angin, surya dan lain-lain tersedia melimpah namun pemanfaatannya belum optimal, sehingga kebutuhan energi yang ramah lingkungan dan mudah didapat dengan biaya terjangkau masih merupakan problem global sekarang ini. Air merupakan komposisi terbesar penyusun permukaan bumi sebesar 71% serta salah satu energi yang sangat potensial dan berkelanjutan namun pemanfaatannya sebagai sumber energi sangat terbatas (Sitompul, 2021)

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 (Giles, 1984). Karena sifat fluida yang sama, maka Savonius juga bisa di terapkan 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 (Putra, 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 hidrolik. 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 (Sitompul, 2021)

Penelitian sebelumnya mengenai studi ekperimental Pengaruh Jumlah Sudu dengan Unjuk Kerja Kincir Air Poros Vertikal Tipe Savonius. Dari hasil penelitian ini jumlah sudu berpengaruh dengan unjuk kerja yang dihasilkan oleh kincir Savonius poros vertikal. Semakin banyak jumlah sudu yang digunakan, maka nilai torsi dan daya yang dihasilkan akan semakin kecil. Dari penelitian didapatkan bahwa kincir Savonius 2 sudu menghasilkan unjuk kerja yang paling baik. Data yang diperoleh dari penelitian ini ialah nilai torsi tertinggi dihasilkan oleh kincir Savonius 2 sudu, pada kecepatan air 1 m/s, yaitu 0,137 Nm. Daya kincir tertinggi dihasilkan oleh kincir Savonius 2 sudu, pada kecepatan 1 m/s, yaitu 1,623 watt. Koefisien daya tertinggi dihasilkan oleh kincir Savonius 2 sudu, pada kecepatan 1 m/s, yaitu 0,445. Sedangkan koefisien daya tertinggi juga dihasilkan oleh kincir Savonius 2 sudu, pada kecepatan 1 m/s, yaitu 0,678 (Putra, 2018)

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka penulis melakukan penelitian studi ekperimental **“Analisis Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal dengan Dua 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 dua sudu bersusun dengan variasi debit dan pembebanan.

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

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Dalam penelitian ini menggunakan 4 jumlah sudu.
2. Poros yang digunakan yaitu poros vertikal menggunakan pipa PVC.
3. Menggunakan talang air PVC setengah lingkaran 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 alternatif dalam merancang kincir air savonius guna memenuhi kebutuhan masyarakat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Turbin Air

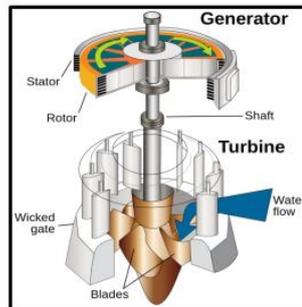
Turbin air adalah turbin yang menggunakan fluida kerja air. Air mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah. Dalam hal tersebut air memiliki energi potensial. Dalam proses aliran di dalam pipa energi potensial berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Di dalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis, di mana air memutar roda turbin (Sularso, 2000)

Perkembangan waterwheel, 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 keduapuluh (Irawan, Syamsuri, & Q, 2018)

Teori turbin air bertujuan terutama untuk mendapatkan unjuk kerja optimum dalam pemanfaatan energi air pada suatu kondisi operasi tertentu. Formula yang digunakan kebanyakan diperoleh secara empiris, berdasarkan pengalaman, eksperimen atau analisis dimensi. Dasar kerja turbin air sangat sederhana yaitu mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik yang diketemukan sebelum dimulainya tahun masehi. Teknologi ini merupakan perkembangan dari kincir air. Perbedaan utamanya antara kincir air dan turbin air adalah bahwa kincir air hanya mengubah kecepatan aliran, sedangkan turbin air mengubah arah dan kecepatan aliran (Wati, 2014)

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

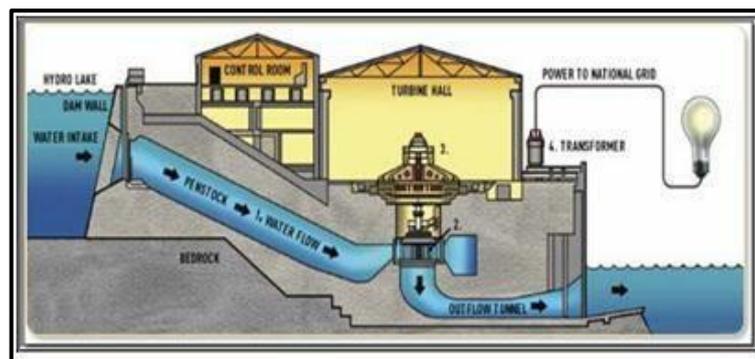
muka air pada reservoir dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air (Irawansyah, 2017)



Gambar 1 Turbin Air
(Irawansyah, 2017)

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
(FAHDITA, 2020)

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

2.3.2 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.

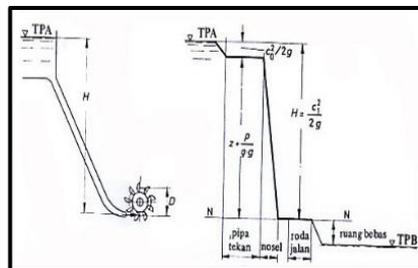
2.4.1 Turbin Impuls

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 implus adalah turbin air yang cara bekerjanya dengan merubah semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan menjadi energi kecepatan dari pancaran.air. Pancaran air akan membentur roda jalan turbin yang kemudian membalikkan arus air, sehingga menghasilkan perubahan pada daya dorongan yang disebabkan oleh roda jalan turbin. Pada roda jalan turbin tidak terjadi perubahan tekanan. Sebelum pancaran air membentur roda jalan turbin,

tekanan air (energi potensial) dikonversi ke tenaga gerak (energi kinetik) oleh nosel dan dipusatkan pada roda jalan turbin. Yang termasuk turbin impuls antara lain :

a) Turbin Pelton

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

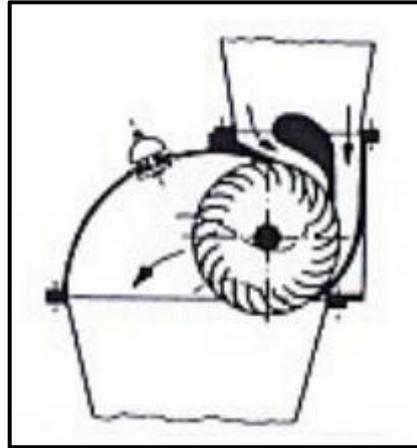


Gambar 3 Skema perubahan Head pada turbin Pelton

(Jaya, 2008)

b) Turbin Aliran Ossberger (*Crossflow*)

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



Gambar 4 Skema Turbin Aliran Ossberger
(Jaya, 2008)

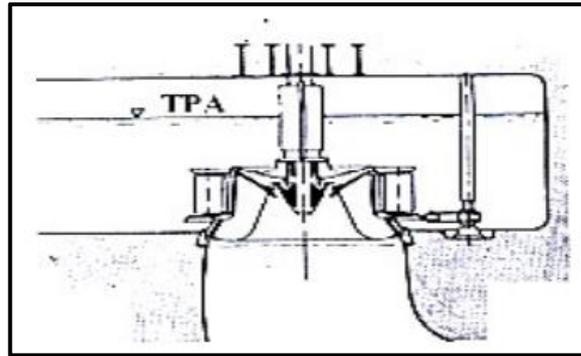
Perkembangan selanjutnya turbin ini mengalami modifikasi yang dilakukan oleh Michell yang berasal dari Australia dan Bangki yang berasal dari Honggaria, dengan menambahkan pipa hisap pada sisi keluar dari turbin. Dengan modifikasi ini meningkatkan efisiensi dari turbin ini. Turbin ini sangat cocok pada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

2.4.2 Turbin Reaksi

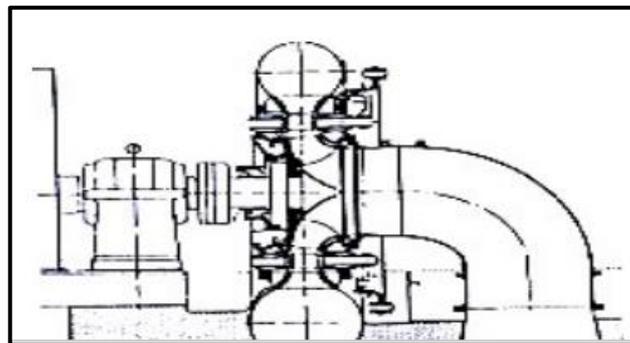
Berbeda dengan turbin impuls, pada turbin reaksi terjadi perbedaan tekanan aliran air pada sisi masuk dan sisi keluar dari sudu jalan tersebut. Karena perbedaan tekanan kerja yang terjadi pada sisi masuk dan sisi keluar dari sudu jalan turbin maka turbin ini disebut turbin reaksi. Turbin air reaksi terdiri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

a) Turbin Francis

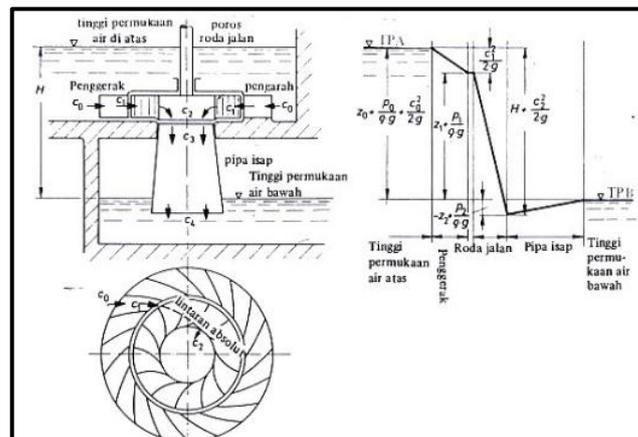
Turbin Francis bekerja dengan memakai proses tekanan lebih. Dengan adanya pipa isap memungkinkan energi tinggi jatuh dapat bekerja disudu jalan dengan semaksimum mungkin



Gambar 5 Turbin Francis tipe horizontal
(Jaya, 2008)



Gambar 6 Turbin Francis tipe vertikal
(Jaya, 2008)

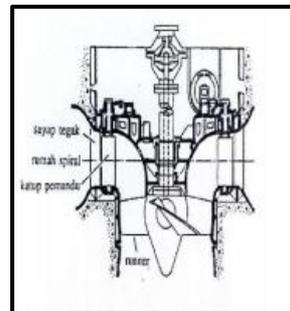


Gambar 7 Skema Turbin Francis dan Headnya
(Jaya, 2008)

Pipa isap pada tubin ini mempunyai tugas yang mirip dengan sudu hantar yang terdapat pada pompa sentrifugal, yaitu mengubah energi kecepatan menjadi energi tekanan.

b) Turbin Propeller/ Kaplan

Turbin jenis ini merupakan pengembangan dari turbin Francis, jika tinggi air jatuh semakin sedikit maka semakin sedikit belokan pada sudu jalan. Untuk memperbesar daya dengan head yang sedikit maka kapasitas aliran air harus besar yaitu dengan cara memperbesar luas dari penampang yang dilalui air (Jaya, 2008).



Gambar 8 Skema dua jenis Turbin Propeller, poros vertikal (kiri) dan poros horizontal (kanan)

(Jaya, 2008)

2.5 Kincir Air

Kincir air adalah peralatan mekanis berbentuk roda dengan sudu (bucket atau vane) pada sekeliling tepi tepinya 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), hanya tekanan atmosfer saja. Air itu menerjang sudu dari sebuah roda, yang kebanyakan langsung dihubungkan dengan sebuah mesin. Kincir air dapat diklasifikasikan berdasarkan sistem aliran airnya, yaitu: kincir air overshot, kincir air undershot, kincir air breastshot dan kincir air tub.

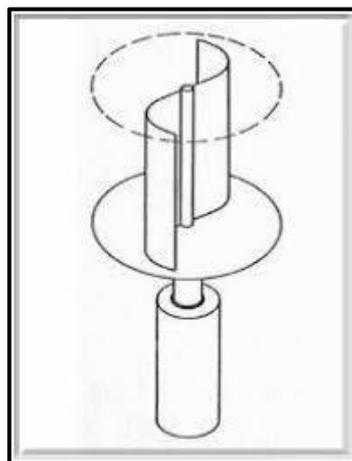
Kincir air digerakkan oleh tenaga aliran air yang beraliran deras yang menyebabkan terdorongnya sudu-sudu kincir sehingga kincir berputar pada porosnya, yang kemudian pada poros kincir dipasang pulli. Dimana putaran dari pulli akan diteruskan ke generator menggunakan sabuk. Putaran tersebut akan memutar 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 ana, serta mudah dan murah dalam pembuatan dan perawatannya. Walaupun mempunyai banyak kekurangan dibandingkan dengan turbin air, teknologinya yang sangat sederhana ini cocok digunakan didaerah pedesaan yang terpencil, asalkan daerahtersebut memiliki potensi sumber tenaga air yang cukup terjamin (Yohanes Morong, 2016)

Kincir air adalah benda berbentuk lingkaran seperti roda sepeda yang berfungsi mengubah aliran air menjadi tenaga gerak putar. Dimana pada aliran air terdapat dua energi yaitu energi potensial (air dariketinggian) dan energi kinetik. Energi dari aliran air ini akan mendorong sudu-sudu kincir sehingga alat ini berputar pada porosnya. Dimana pada porosnya akan dipasangpulli yang akan mentransmisikan putaran kegenerator menggunakan sabuk. Selain kincir sebagai pembangkit listrik, alat ini dapat dimodifikasi lagi untuk mengangkat air ke daerah yang lebih tinggi dan menumpahkan ke talang penampung. Selanjutnya air dari talang dialirkan ke daerah-daerah yang membutuhkan (Suharsono, 2004).

2.6 Kincir Air Savonius



Gambar 9 Turbin Air Savonius
(ARAZI, 2020)

Kincir Savonius pertama kali diciptakan oleh Sirgurd Johanes Savonius pada tahun 1992. Sebagai kincir rotor vertikal sederhana, Kincir Savonius bekerjakarena 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 (Mahfud, 2019)

Kincir Savonius merupakan salah satu tipe kincir dengan arah putaran poros vertikal yang mampu mengubah energi fluida menjadi energi mekanis. Kincir ini dapat dimanfaatkan pada kecepatan aliran sungai dan ketinggian yang rendah (Putra, 2018)

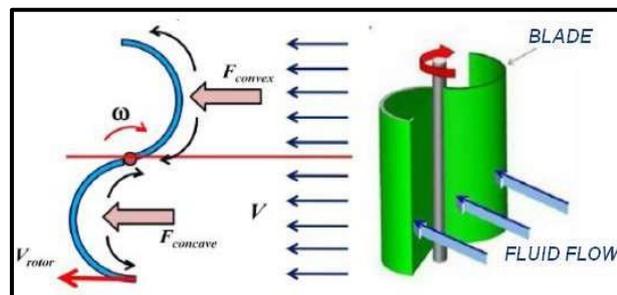
Turbin air savonius adalah turbin angin energi terbarukan yang baru baru ini dikembangkan menjadi energi air. Turbin angin savonius pertama kali diperkenalkan oleh insinyur finlandia sigurd J. Savonius pada tahun 1922. Turbin angin sumbu vertikal yang terdiri dari sudu berbentuk setengah silinder (atau elips) yang dirangkai jadi membentuk S, satu sisi setengah silinder berbentuk cembung dan sisi berbaring berbentuk cekung yang dilalui angin.

Turbin air jenis savonius adalah turbin air yang mempunyai tipe drag, sehingga turbin ini menghasilkan daya dengan memanfaatkan gaya drag yang dihasilkan oleh tiap tiap sudunya. Drag adalah gaya yang bekerja berlawanan arah air yang menumbuk sudu-sudu (white, 1986:412). Jenis savonius memiliki daya putaran yang sangat rendah namun gaya drag berfungsi menangkap aliran arus fluida. Turbin air savonius mempunyai cara kerja dengan memanfaatkan drag yaitu tidak dapat berputar kencang apabila kekurangan air dan tidak baik bila dibuat pada area yang memiliki kecepatan yang rendah.

2.7 Prinsip Kerja Kincir Air Savonius

Kincir air Savonius adalah kincir air sederhana yang bekerja karena perbedaan gaya yang ada pada masing - masing sudu. Bagian sudu cekung (concave) yang menghadap ke arah datangnya air akan menangkap air dan memaksa sudu untuk berputar pada porosnya dan bagian sudu cembung (convex) 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 10 Kincir savonius dengan gaya drag celah sudu tertutup tipe U

(Wenehenubun, Saputra, & Sutanto, 2015)

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 kincir Savonius dengan arah gerakan rotasi (Mahfud, 2019)

2.8 Persamaan yang Digunakan

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

1. Kecepatan Aliran

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

$$v = \frac{s}{t} c \quad (2.1)$$

Keterangan :

v = kecepatan aliran air (m/s)

s = jarak tempuh (m)

t = waktu (s)

c = koefisien/factor koreksi (0,65) (Firmansyah, 2008)

2. Debit Air (Q)

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

$$Q = A \cdot v \quad (2.2)$$

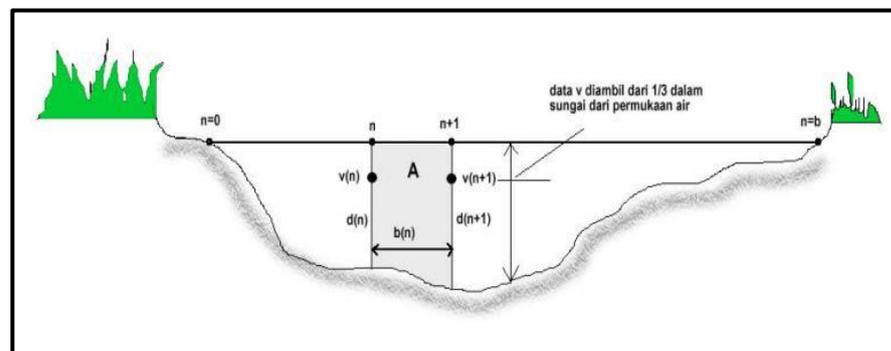
Keterangan :

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 daripada luas penampang basah titik pertama ke titik selanjutnya dirata-ratakan (Hidayatullah, Ziana, & Shaskia, 2021)



Gambar 11 Metode Mid Section
(Hidayatullah et al., 2021)

Menghitung luas penampang dengan metode Mid Section dirumuskan sebagai berikut:

$$A(n) = \frac{d(n)+d(n+1)}{2} \times b(n) \quad (2.3)$$

Keterangan:

$A(n)$ = Luas penampang titik n

$d(n)$ = kedalaman titik n

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

$b(n)$ = jarak atau panjang segmen

3. Torsi (τ)

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

$$\tau = F \cdot r = m \cdot g \cdot r \quad (2.4)$$

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)

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (2.5)$$

Keterangan:

- ω = Kecepatan Sudut (rad/s)
- π = 3,14
- n = Putaran (rpm)

5. Daya Air (P_{air})

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

$$P_{air} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (2.6)$$

Keterangan :

- P = daya yang dihasilkan (W)
- ρ = massa jenis fluida (kg/m³)
- A = luas penampang sapuan kincir (m²)

v = kecepatan aliran air (m/s)

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

$$A = H \times D \quad (2.7)$$

Dimana: A = Luas penampang sapuan kincir (m²)

H = Tinggi Sudu (m)

D = Diameter Sudu (m) (Bagus, n.d.)

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 kincir air. Maka daya yang dapat dihasilkan kincir air dapat dituliskan dengan persamaan berikut.

$$P_{kincir\ air} = \tau \cdot \omega \quad (2.8)$$

Keterangan :

τ = torsi (N.m)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

7. Efisiensi Kincir Air

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

$$\eta_{kincir\ air} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.9)$$

Keterangan :

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

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

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