

SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA TURBIN AIR ARUS BAWAH BENTUK SUDU
BENGGOK 45° UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN
VARIASI MATERIAL**

Disusun dan diajukan oleh :

**ALFATHI ADAM
D021171001**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2021**

SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA TURBIN AIR ARUS BAWAH BENTUK SUDU
BENGGOK 45° UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN
VARIASI MATERIAL**

Disusun dan diajukan oleh

ALFATHI ADAM
D021171001

Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mengikuti ujian akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

JUDUL :

**ANALISIS KINERJA TURBIN AIR ARUS BAWAH BENTUK SUDU
BENGGOK 45° UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN VARIASI
MATERIAL**

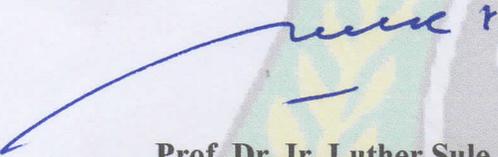
ALFATHI ADAM
D021171001

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Hari / Tanggal: Selasa / 30 November 2021

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT.
NIP. 19560827 198503 1 001


Dr. Rustan Tarakka, ST., MT.
NIP. 19750827 200501 1 002

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Mesin,
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin




Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT.
NIP. 19720825 200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfathi Adam

Nim : D021171001

Judul Skripsi : Analisis Kinerja Turbin Air Arus Bawah Bentuk Sudu Bengkok
45° Untuk Pembangkit Listrik Dengan Variasi Material

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi ini merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari saya sendiri. Saya tidak mencampurkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Hasanuddin atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin

Demikian pernyataan ini saya buat

Gowa, 12 November 2021

Yang membuat pernyataan



Alfathi Adam
Alfathi Adam

ABSTRAK

Turbin air merupakan alat yang digunakan untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Pengujian ini dilakukan secara eksperimen menggunakan jenis sudu bengkok 45° dengan jumlah sudu sebanyak 6 sudu dan jenis turbin air yang digunakan jenis *Undershoot* dimana arus aliran fluidanya berada di bawah kincir. Kemudian bervariasi jenis material sudu yang digunakan yakni material sudu plastik, material sudu aluminium, dan material sudu besi. Serta bervariasi pembukaan katup aliran fluida yakni pembukaan katup 25%, 50%, 75%, dan 100%.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa variasi material sudu turbin memberikan pengaruh terhadap daya turbin, daya listrik, dan efisiensi turbin dimana material sudu aluminium menghasilkan daya turbin yang paling tinggi yaitu 1,2219 watt, daya listrik yang paling tinggi yaitu 0,0696 watt, dan efisiensi turbin yang paling tinggi secara teori yaitu 54.4100% dan secara eksperimen yaitu 52.7748%

Kata Kunci : Material sudu turbin, daya turbin, daya listrik, efisiensi turbin

ABSTRACT

A water turbine is a device used to convert the potential energy of water into mechanical energy. This mechanical energy is then converted into electrical energy by a generator. This test was carried out experimentally using a bent blade type with a total of 6 blades and the type of water turbine used was the type Undershoot where the fluid flow was under the wheel. Then vary the type of blade material used, namely plastic blade material, aluminum blade material, and iron blade material. As well as varying the opening of the fluid flow valve, namely the valve opening of 25%, 50%, 75%, and 100%.

The results obtained indicate that variations in turbine blade material have an effect on turbine power, electrical power, and turbine efficiency where the aluminum blade material produces the highest turbine power, namely 1.2219 watts, the highest electrical power is 0.0696 watts, and efficiency the highest turbine theoretically is 54.4100% and experimentally is 52.7748%

Keywords : Turbine blade material, turbine power, electric power, turbine efficiency

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa menjadi penopang dan terman terbaik sepanjang hidupnya. Dan juga tidak lupa kepada junjungan dan panutan yaitu baginda Rasulullah SAW yang telah membawa keindahan dan rahmat yang begitu besar bagi setiap manusia di muka bumi. Begitu pula dengan kebaikan dan kasihnya yang telah menuntun penulis mampu mengerjakan skripsi ini yang berjudul “Analisis Kinerja Turbin Air Arus Bawah Bentuk Sudu Bengkok 45° Untuk Pembangkit Listrik Dengan Variasi Material”. Penelitian ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) bagi mahasiswa program S-1 di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

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

Penghargaan dan ucapan syukur terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT. , selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Dr. Rustan Tarakka, ST.,MT.,selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu baik dalam penulisan maupun pemikiran pada skripsi ini.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Yth. Ibu Prof . Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu M.A, selaku Rektor Universitas Hasanuddin
2. Yth. Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. Yth. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

4. Seluruh dosen Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang sudah dibagikan kepada penulis
5. Staf Departemen Teknik Mesin terkhusus Pak Hafrison Salamba, ST. Ibu Sury, Pak Iwan, dan juga Pak Mansur yang telah banyak membantu
6. Para Bucin09 yaitu kanda Wawan, kanda Kevin, kanda Dwikiu, dan kanda Richard yang telah bersama-sama menjadi tim sukses dalam penelitian turbin air
7. Saudara seperjuangan mahasiswa Departemen Teknik Mesin Angkatan 2017 ZYNCROMEZH yang telah memberikan bantuan, dukungan, kerjasama yang sudah dijalani selama ini dan semoga kesuksesan selalu menyertai teman-teman sekalian
8. Terakhir, penulis hendak menyapa setiap nama yang tidak dapat penulis cantumkan satu per satu, terima kasih doa yang senantiasa mengalir tanpa sepengetahuan penulis. Terima kasih sebanyak-banyaknya kepada orang-orang yang turut bersukacita atas keberhasilan penulis menyelesaikan skripsi ini. Senantiasa Allah SWT selalu memberikan kebahagiaan bagi kita semua

Sebagai manusia biasa tentunya penulis masih memiliki banyak kekurangan pengetahuan dan pengalaman pada topik yang diangkat dalam Skripsi ini, begitu pula dalam penulisannya yang masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis akan sangat senang jika menerima berbagai masukan dari pada pembaca baik berupa kritik maupun saran yang sifatnya membangun demi penyempurnaan penulisan skripsi di masa yang akan datang. Terima kasih

Gowa, 19 November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR NOTASI.....	xix
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	5
2.1 Pengertian Turbin Air	5
2.2 Prinsip Kerja Turbin Air	5
2.3 Komponen Turbin Air	6

2.3.1	Rotor	6
2.3.2	Stator	6
2.4	Klasifikasi Turbin Air	7
2.4.1	Turbin Impuls	7
2.4.2	Turbin Reaksi	9
2.5	Kincir Air	11
2.6	Klasifikasi Kincir Air	12
2.6.1	<i>Undershot</i>	12
2.6.2	<i>Breastshot</i>	12
2.6.3	<i>Overshot</i>	13
2.7	Generator Listrik	14
2.7.1	Konstruksi Generator	14
2.8	Material Sudu Kincir Air	17
2.8.1	Plastik	17
2.8.2	Aluminium	18
2.8.3	Besi	18
2.9	Uji Kekerasan Material Sudu Kincir Air	19
2.10	Persamaan Rumus yang Digunakan	20
2.10.1	Debi Air	20
2.10.2	Debit Air Thompson	20
2.10.3	Kecepatan Aliran	21
2.10.4	Daya Air	21
2.10.5	Daya Kincir	21

2.10.6	Daya Listrik	21
2.10.7	Kinerja Kincir	22
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
3.2	Alat dan Bahan yang Digunakan	23
3.3	Prosedur Pengambilan Data	34
3.4	Rancangan Alat.....	38
3.5	Diagram Alir Penelitian	40
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1	Hasil	41
4.1.1	Contoh Perhitungan.....	41
4.1.2	Hubungan Daya Turbin terhadap Putaran	46
4.1.3	Hubungan Daya Listrik terhadap Jumlah Lampu	52
4.1.4	Hubungan Efisiensi Turbin terhadap Putaran.....	58
4.1.5	Hubungan Daya Turbin terhadap Debit Air	69
4.1.6	Hubungan Efisiensi Turbin terhadap Debit Air	70
4.1.7	Karakteristik Material Sudu Turbin	73
4.2	Pembahasan	74
4.2.1	Hubungan Daya Turbin terhadap Putaran	74
4.2.2	Hubungan Daya Listrik terhadap Jumlah Lampu	75
4.2.3	Hubungan Efisiensi Turbin terhadap Putaran.....	76
4.2.4	Hubungan Daya Turbin terhadap Debit Air	77
4.2.5	Hubungan Efisiensi Turbin terhadap Debit Air	77

4.2.6 Karakteristik Material Sudu Turbin	78
BAB V. PENUTUP.....	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA.....	82
LAMPIRAN	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan specific gravity berbagai material	17
Tabel 2.2 Temperatur leleh proses termoplastik	17
Tabel 4.1 Data hubungan daya turbin dengan putaran pada variasi pembukaan katup untuk material sudu plastik, aluminium, dan besi.....	47
Tabel 4.2 Data hubungan daya listrik dengan jumlah lampu pada variasi pembukaan katup untuk material sudu plastik, aluminium, dan besi.	53
Tabel 4.3 Hubungan efisiensi turbin dengan putaran pada variasi pembukaan katup untuk material sudu plastik, aluminium, dan besi secara teori	59
Tabel 4.4 Hubungan efisiensi turbin dengan putaran pada variasi pembukaan katup untuk material sudu plastik, aluminium, dan besi secara eksperimen.....	60
Tabel 4.5 Hubungan daya turbin dengan debit air pada variasi pembukaan katup untuk material sudu plastik, aluminium, dan besi	69
Tabel 4.6 Hubungan efisiensi turbin dengan debit air pada variasi pembukaan katup untuk material sudu plastik, aluminium, dan besi	71
Tabel 4.7 Karakteristik material sudu plastik,aluminium, dan besi	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen turbin air	6
Gambar 2.2 Skema perubahan <i>Head</i> pada turbin Pelton.....	8
Gambar 2.3 Skema Turbin Aliran <i>Ossberger</i>	8
Gambar 2.4 Turbin Francis tipe horizontal.....	9
Gambar 2.5 Turbin Francis tipe vertikal	10
Gambar 2.6 Skema Turbin Francis dan <i>Head</i>	10
Gambar 2.7 Skema dua jenis Turbin Propeller	11
Gambar 2.8 Kincir Air Tipe <i>Undershot</i>	12
Gambar 2.9 Kincir Air Tipe <i>Breastshot</i>	13
Gambar 2.10 Kincir Air Tipe <i>Overshot</i>	13
Gambar 2.11 Silent Pole Rotor	15
Gambar 2.12 Non Silent Pole Rotor.....	16
Gambar 2.13 Hasil Penekanan Uji <i>Vickers</i>	20
Gambar 3.1 Penampung air	23
Gambar 3.2 Pompa sentrifugal.....	24
Gambar 3.3 Katup air	24
Gambar 3.4 Pipa air.....	24
Gambar 3.5 Saluran air	25
Gambar 3.6 Velg sepeda.....	25
Gambar 3.7 Sudu Turbin	26
Gambar 3.8 Poros turbin air.....	26
Gambar 3.9 <i>Timer</i>	27
Gambar 3.10 Multimeter	27
Gambar 3.11 Ember	28
Gambar 3.12 Lampu.....	28
Gambar 3.13 Pemberat	29
Gambar 3.14 Neraca pegas	29
Gambar 3.15 Generator	30
Gambar 3.16 Termometer.....	30
Gambar 3.17 Kabel dan Jumper.....	31
Gambar 3.18 <i>Pully</i> dan <i>belt</i>	31

Gambar 3.19 Breadboard	32
Gambar 3.20 Mistar.....	32
Gambar 3.21 Roughnes Tester	32
Gambar 3.22 Hardness Vickers	33
Gambar 3.23 Timbangan digital	33
Gambar 3.24 Sudu Bengkok 45°	38
Gambar 3.25 Instalasi turbin air.....	38
Gambar 3.26 Skema rangkaian listrik	39
Gambar 3.27 Diagram alir penelitian	40
Gambar 4.1 Hubungan antara daya tubin dengan putaran pada variasi pembukaan katup untuk material plastik.....	48
Gambar 4.2 Hubungan antara daya turbin dengan putaran pada variasi pembukaan katup untuk material aluminium	49
Gambar 4.3 Hubungan antara daya turbin dengan putaran pada variasi pembukaan katup untuk material besi.....	50
Gambar 4.4 Hubungan antara daya turbin dengan putaran pada pembukaan katup 100% untuk variasi material	51
Gambar 4.5 Hubungan antara daya listrik dengan jumlah lampu pada - variasi pembukaan katup untuk material plastik	54
Gambar 4.6 Hubungan antara daya listrik dengan jumlah lampu pada - variasi pembukaan katup untuk material aluminium.....	55
Gambar 4.7 Hubungan antara daya listrik dengan jumlah lampu pada - variasi pembukaan katup untuk material besi	56
Gambar 4.8 Hubungan antara daya listrik dengan jumlah lampu pada - pembukaan katup 100% untuk variasi material.....	57
Gambar 4.9 Hubungan antara efisiensi turbin dengan putaran pada variasi pembukaan katup untuk material plastik	61
Gambar 4.10 Hubungan antara efisiensi turbin dengan putaran pada variasi pembukaan katup untuk material aluminium.....	63
Gambar 4.11 Hubungan antara efisiensi turbin dengan putaran pada variasi pembukaan katup untuk material besi	65
Gambar 4.12 Hubungan antara efisiensi turbin air dengan putaran pada - pembukaan katup 100% untuk variasi material.....	67

Gambar 4.13 Hubungan antara daya turbin maksimum terhadap debit air dengan variasi material sudu bentuk sudu bengkok 45°	70
Gambar 4.14 Hubungan antara efisiensi turbin maksimum terhadap debit air dengan variasi material sudu bentuk sudu bengkok 45°	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A

Tabel A1 Tabel Hasil Pengamatan Sudu Bengkok 45° Material Plastik (Daya dan Efisiensi Turbin).....	85
Tabel A2 Tabel Hasil Pengamatan Sudu Bengkok 45° Material Plastik (Daya Listrik Turbin)	86
Tabel A3 Tabel Hasil Pengamatan Sudu Bengkok 45° Material Aluminium (Daya dan Efisiensi Turbin)	87
Tabel A4 Tabel Hasil Pengamatan Sudu Bengkok 45° Material Aluminium (Daya Listrik Turbin)	88
Tabel A5 Tabel Hasil Pengamatan Sudu Bengkok 45° Material Besi (Daya dan Efisiensi Turbin).....	89
Tabel A6 Tabel Hasil Pengamatan Sudu Bengkok 45° Material Besi (Daya Listrik Turbin)	90

Lampiran B

Tabel B1 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Bengkok 45° Material Plastik (Secara Teori).....	91
Tabel B2 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Bengkok 45° Material Plastik (Secara Eksperimen).....	92
Tabel B3 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Bengkok 45° Material Plastik (Daya Listrik).....	93
Tabel B4 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Bengkok 45° Material Aluminium (Secara Teori)	94
Tabel B5 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Bengkok 45° Material Aluminium (Secara Eksperimen)	95
Tabel B6 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Bengkok 45° Material Aluminium (Daya Listrik)	96
Tabel B7 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Bengkok 45° Material Besi (Secara Teori).....	97
Tabel B8 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Bengkok 45° Material Besi (Secara Eksperimen).....	98

Tabel B9 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Bengkok 45° Material Besi (Daya Listrik)..... 99

Tabel B10 Sifat fisik air pada 1 atm..... 100

Lampiran C

Gambar C1 Turbin Air Sudu Bengkok 45° Material Sudu Plastik..... 101

Gambar C2 Turbin Air Sudu Bengkok 45° Material Sudu Aluminium..... 101

Gambar C3 Turbin Air Sudu Bengkok 45° Material Sudu Besi 101

Gambar C4 Dokumentasi Pengambilan Data Turbin air (1) 102

Gambar C5 Dokumentasi Pengambilan Data Turbin air (2) 102

DAFTAR NOTASI

No	Simbol	Keterangan	Satuan
1	m	Massa	kg
2	n	Putaran	rpm
3	T	Temperatur	°C
4	A	Luas penampang	m ²
5	t	Waktu	s
6	h _s	Tinggi saluran air	m
7	h _{tho}	Tinggi sekat Thompson	m
8	Q ₁	Debit air eksperimen	m ³ /s
9	Q _{tho}	Debit Thompson (teori)	m ³ /s
10	ρ	Densitas air	kg/m ³
11	V	Volume air	liter
12	v	Kecepatan aliran	m/s
13	g	Percepatan gravitasi	m/s ²
14	τ	Torsi	Nm
15	r _k	Jari-jari <i>pully</i>	m
16	ω	Kecepatan sudut	rad/s
17	Ra	Nilai kekasaran permukaan	μm
18	HV	Nilai kekerasan material	kgf/mm ²
19	V	Tegangan listrik	volt
20	I	Arus listrik	A
21	P _{air}	Daya air	watt
22	P _{turbin}	Daya turbin	watt
23	P _{listrik}	Daya listrik	watt
24	η _{turbin}	Efisiensi turbin air	%

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu elemen terpenting bagi kehidupan makhluk hidup yang ada di permukaan bumi dengan begitu banyak hal yang dapat diberikan terutama bagi manusia untuk bisa memenuhi kebutuhannya sehari-hari. 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 dimanfaatkan, dimana hanya sekitar 20 % yang dimanfaatkan tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku rumah tangga, kota dan industri, 80 % lainnya dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi. (Samekto & Winata, 2010)

Beranjak dari kebutuhan inilah yang menjadi cikal-bakal dimana air ternyata mampu dimanfaatkan sebagai sumber energi yang dikonversi menjadi energi listrik. Energi listrik selayaknya telah menjadi kebutuhan pokok bagi manusia karena manfaatnya mampu mengubah peradaban dunia menjadi lebih modern sehingga apa saja pekerjaan yang dilakukan akan terasa lebih mudah. Namun, masalah yang dihadapi ialah populasi manusia yang semakin hari semakin meningkat setiap tahunnya mengakibatkan kebutuhan energi listrik juga akan semakin meningkat, maka perlu adanya terobosan baru agar dapat meningkatkan energi listrik untuk kebutuhan manusia. Mengingat air yang ternyata mampu dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik yang ramah lingkungan maka hal itu pun patut untuk dicoba.

Berbagai penelitian telah dilakukan dengan memanfaatkan air sebagai sumber listrik seperti penggunaan roda air dengan arus bawah sebagai turbin air yang mampu mengkonversikan energi air menjadi energi listrik. Sejak tahun 2000 sampai 2012 penelitian tentang roda air arus bawah ternyata efisiensi eksperimen dan teoritis yang dihasilkan berada diantara 30 -40 %. Lalu pada penelitian roda air arus bawah menggunakan plat bengkok dengan variasi jumlah sudu 4,6, dan 8 ternyata pada sudu 6 menghasilkan nilai efisiensi eksperimen maupun teoritis

tertinggi yakni 54 % (Sule, 2013) dan juga pada penelitian kincir air arus bawah sudu berbentuk mangkok dengan variasi jumlah sudu 4,6, dan 8 ternyata pada sudu 6 menghasilkan nilai efisiensi maksimum yakni 57,8491 % (Sule, 2015). Berdasarkan penelitian tersebut terlihat jelas bahwa penggunaan turbin air arus bawah dengan jenis bentuk plat berbeda untuk jumlah sudu yang sama yaitu sebanyak 6 sudu menghasilkan nilai efisiensi yang paling tinggi. Maka dari itu perlu adanya riset yang lebih dalam terkait turbin air arus bawah dengan jumlah sudu 6 untuk jenis variasi bentuk plat dan material yang digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana daya turbin pada turbin air arus bawah sudu bengkok 45° dengan variasi material
2. Bagaimana daya listrik pada turbin air arus bawah sudu bengkok 45° dengan variasi material
3. Bagaimana efisiensi turbin air arus bawah sudu bengkok 45° dengan variasi material

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Menganalisis daya turbin pada turbin air arus bawah sudu bengkok 45° dengan variasi material
2. Menganalisis daya listrik pada turbin air arus bawah sudu bengkok 45° dengan variasi material
3. Menganalisis efisiensi turbin air arus bawah sudu bengkok 45° dengan variasi material

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Material sudu yaitu material plastik, material besi, dan material aluminium
2. Menggunakan variasi katup yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100%
3. Menggunakan pembebanan sebesar 0 kg, 0,1 kg 0,2 kg, 0,3 kg 0,4 kg, 0,5 kg 0,6 kg, 0,7 kg 0,8 kg, 0,9 kg dan 1 kg mencari efisiensi turbin. Pembebanan lampu sebanyak 5 buah lampu *LED* untuk mencari daya listrik.
4. Jumlah sudu turbin air yaitu sebanyak 6 buah sudu

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain :

- a) Bagi Penulis
 1. Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
 2. Dapat mengaplikasikan ilmu dan keterampilan yang telah diperoleh pada masa kuliah

b) Bagi Universitas

1. Dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian dan pengembangan model sudu untuk turbin air arus bawah yang lebih baik
2. Dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi generasi - generasi Teknik Mesin yang akan datang dalam pembuatan dan penyusunan tugas akhir.

c) Bagi Masyarakat

1. Agar mampu lebih mengoptimalkan kembali energi air yang dapat dikonversi menjadi energi listrik yang ramah lingkungan
2. Sebagai referensi alternative dalam merancang turbin air arus bawah guna memenuhi kebutuhan masyarakat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Turbin Air

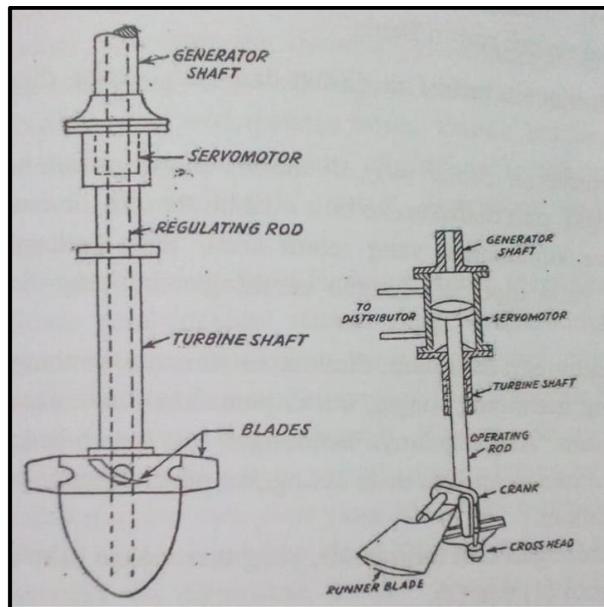
Pengertian turbin air merupakan alat yang digunakan untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Dalam pembangkit listrik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

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

2.2 Prinsip Kerja Turbin Air

Prinsip kerja turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Energi mekanis diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Aliran air yang mempunyai energi potensial akan disemprotkan ke sudu-sudu turbin oleh *nozzle*. Putaran dari sudu-sudu tersebut akan mengakibatkan poros turbin ikut bergerak dan kemudian putaran poros turbin akan diteruskan ke generator listrik untuk diubah menjadi energi listrik. (Saputra, 2018)

2.3 Komponen Turbin Air



Gambar 2.1 Komponen Turbin Air (Paryatmo, 2019)

Komponen-komponen dari turbin air antara lain :

2.3.1 Rotor

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

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

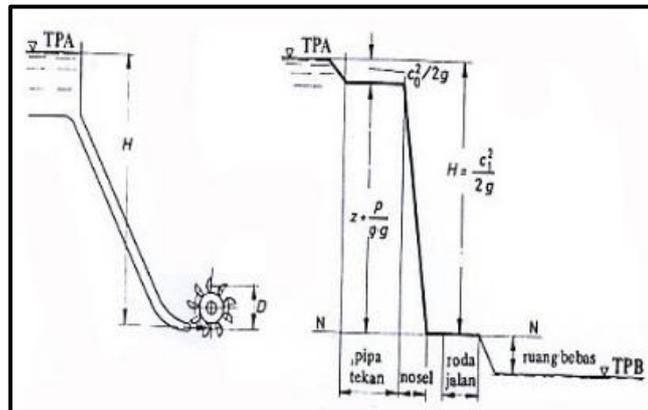
Terdapat berbagai jenis turbin air yang digunakan untuk penyediaan kebutuhan energi listrik. Turbin air biasanya dikelompokkan berdasarkan kegunaan tertentu, kapasitas aliran dan tinggi air jatuh. Oleh karena itu turbin air diklasifikasikan berdasarkan beberapa cara, tapi secara umum turbin air dikelompokkan 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 :

2.4.1.1 Turbin Pelton

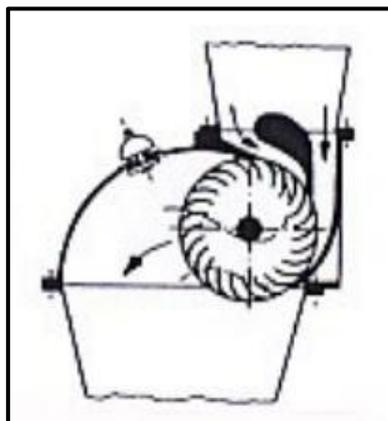
Yang menjadi ciri khusus dari turbin ini adalah nosel dan sudu roda jalan yang dirancang khusus. Pancaran air yang keluar dari nosel dengan kecepatan tinggi menghantam sudu di tengah-tengah. Bentuk sudunya seperti dua mangkuk yang berdimensi sama besar yang berdampingan. Biasanya turbin ini diaplikasikan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



Gambar 2.2 Skema perubahan *Head* pada turbin Pelton (Jaya, 2008)

2.4.1.2 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 2.3 Skema Turbin Aliran Ossberger (Jaya, 2008)

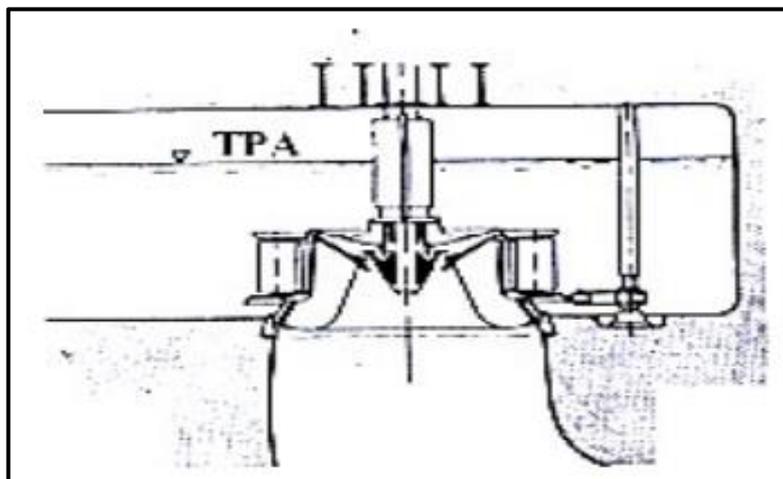
Perkembangan selanjutnya turbin ini mengalami modifikasi yang dilakukan oleh Michell yang berasal dari Australia dan Bangki yang berasal dari Honggaria, dengan menambahkan pipa hisap pada sisi keluar dari turbin. Dengan modifikasi ini meningkatkan efisiensi dari turbin ini. Turbin ini sangat cocok pada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

2.4.2 Turbin Reaksi

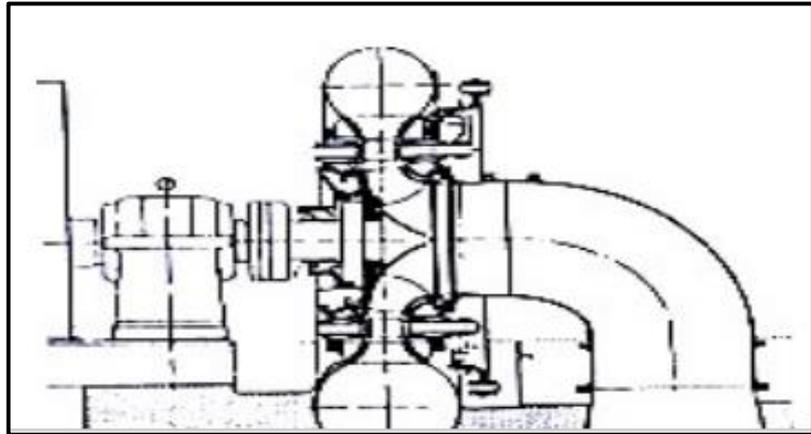
Berbeda dengan turbin impuls, pada turbin reaksi terjadi perbedaan tekanan aliran air pada sisi masuk dan sisi keluar dari sudu jalan tersebut. Karena perbedaan tekanan kerja yang terjadi pada sisi masuk dan sisi keluar dari sudu jalan turbin maka turbin ini disebut turbin reaksi. Turbin air reaksi terdiri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

2.4.2.1 Turbin Francis

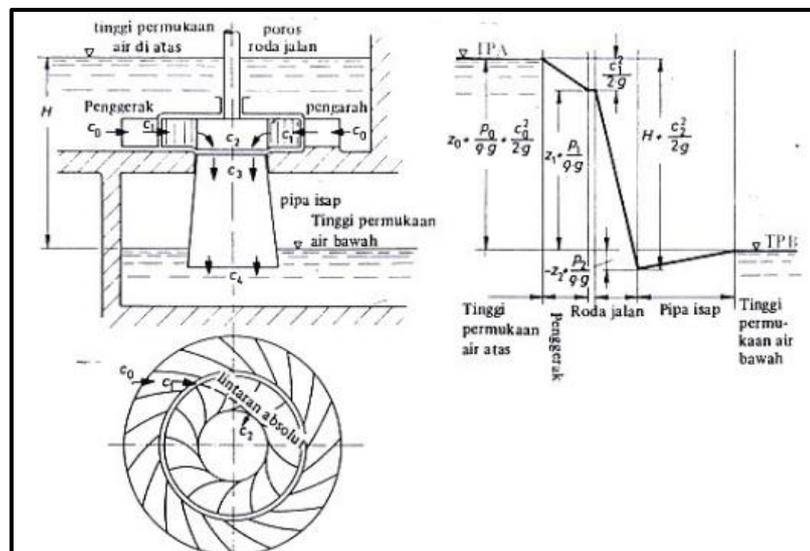
Turbin Francis bekerja dengan memakai proses tekanan lebih. Dengan adanya pipa isap memungkinkan energi tinggi jatuh dapat bekerja disudu jalan dengan semaksimal mungkin



Gambar 2.4 Turbin Francis tipe horizontal (Jaya, 2008)



Gambar 2.5 Turbin Francis tipe vertical (Jaya, 2008)

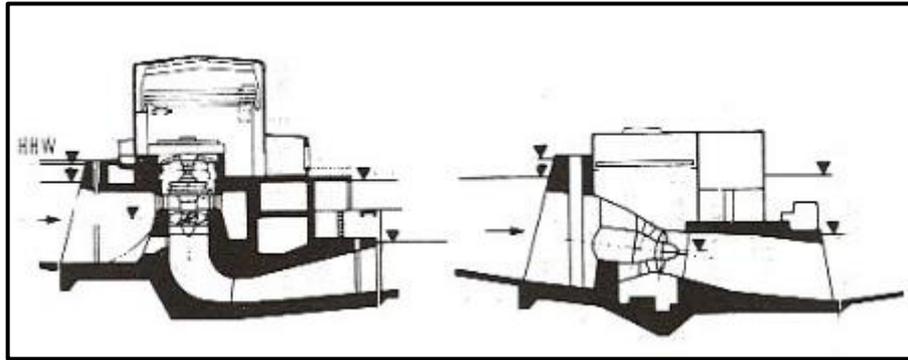


Gambar 2.6 Skema Turbin Francis dan Headnya (Jaya, 2008)

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

2.4.2.2 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 2.7 Skema dua jenis Turbin Propeller, poros vertikal (kiri) dan poros horizontal (kanan) (Jaya, 2008)

2.5 Kincir Air

Kincir dapat didefinisikan sebagai peralatan mekanis berbentuk roda (*wheel*), dengan sudu (*bucket* atau *vane*) pada sekeliling tepi-tepinya yang diletakkan pada poros horizontal. Kincir air berarti kincir dengan media kerja air. Data sejarah menunjukkan bahwa prinsip konversi energi air menjadi energi mekanik telah dikenal sejak lebih 2500 tahun yang lalu dengan memulai digunakannya kincir air sederhana yang terbuat dari kayu sebagai mesin pembangkit tenaga. Penggunaan kincir air diawali dari India, kemudian berkembang ke Mesir, dan berlanjut ke Eropa dan seterusnya merambat ke Amerika.

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

Sampai saat sekarang, penggunaan kincir air masih banyak ditemui karena sifat-sifatnya yang murah, sederhana, serta mudah dan murah dalam pembuatan dan perawatannya. Walaupun mempunyai banyak kekurangan dibandingkan dengan

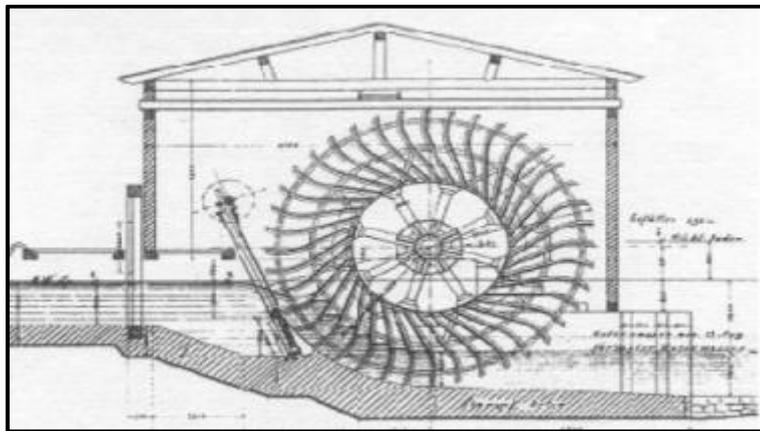
turbin air, teknologinya yang sangat sederhana ini cocok digunakan didaerah pedesaan yang terpencil, asalkan daerah tersebut memiliki potensi sumber tenaga air yang cukup terjamin. (Yohanes Morong, 2016)

2.6 Klasifikasi Kincir Air

Klasifikasi kincir air/turbin air berdasarkan sistem aliran air pendorong yaitu titik darimana air akan mendorong sudu kincir air antara lain :

2.6.1 *Undershot*

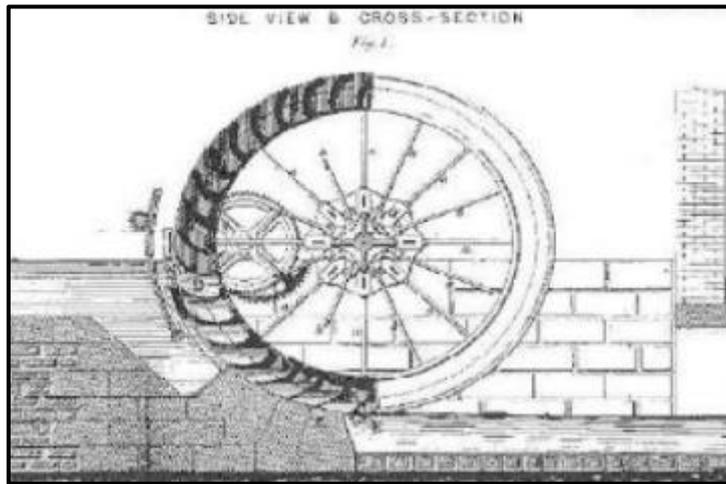
Tipe *Undershot* adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian bawah kincir. Berikut adalah kincir air tipe *undershot*



Gambar 2.8 Kincir Air Tipe *Undershot* (Yohanes Morong, 2016)

2.6.2 *Breastshot*

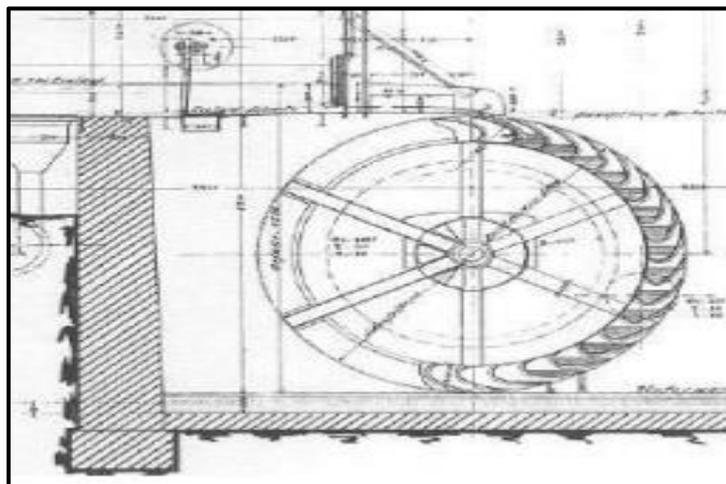
Tipe *Breastshot* adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian tengah kincir. Berikut adalah kincir air tipe *breastshot* :



Gambar 2.9 Kincir Air Tipe *Breastshot* (Yohanes Morong, 2016)

2.6.3 *Overshot*

Tipe *overshot* adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian atas kincir. Berikut adalah kincir air tipe *overshot* :



Gambar 2.10 Kincir Air Tipe *Overshot* (Yohanes Morong, 2016)

Air yang melakukan kontak dengan sudu-sudu runner kincir air hanya mempunyai tekanan atmosfer, seperti gambar diatas ada 3 klasifikasi kincir yaitu *overshoot*, *undershoot* dan *breastshoot*. (Yohanes Morong, 2016)

2.7 Generator Listrik

Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah tenaga mekanik menjadi energi listrik. Tenaga mekanik bisa berasal dari panas, air, uap, dll. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator bisa berupa Listrik AC (listrik bolak-balik) maupun DC (listrik searah). Hal tersebut tergantung dari konstruksi generator yang dipakai oleh pembangkit tenaga listrik. Generator berhubungan erat dengan hukum Faraday. Berikut hasil dari hukum Faraday “bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka dalam kawat tersebut akan terbentuk Gaya Gerak Listrik ” (Sunarlik, 2011)

Dalam kelistrikan, ada dua besaran fisika yang menjadi besaran dasar yaitu muatan listrik (selanjutnya disebut dengan singkat muatan) dan energi listrik (selanjutnya disebut dengan singkat energi). Muatan dan energi, merupakan konsep dasar fisika yang menjadi fondasi ilmiah dalam teknologi elektro. Namun dalam praktik, kita tidak mengolah langsung besaran dasar ini, karena kedua besaran ini tidak mudah untuk diukur. Besaran yang sering kita olah adalah yang mudah diukur yaitu arus, tegangan, dan daya.

Arus listrik dinyatakan dengan simbol i ; ia merupakan ukuran dari aliran muatan. Ia merupakan laju perubahan jumlah muatan yang melewati titik tertentu. Dalam sistem satuan SI, arus mempunyai satuan ampere, dengan singkatan A

Tegangan. Tegangan dinyatakan dengan simbol v ; ia terkait dengan perubahan energi yang dialami oleh muatan pada waktu ia berpindah dari satu titik ke titik yang lain di dalam rangkaian. Satuan tegangan adalah volt, dengan singkatan V. Oleh karena satuan energi adalah joule dengan singkatan J, maka $1 \text{ volt} = 1 \text{ joule/coulomb} = 1 \text{ J/C}$.

Daya dinyatakan dengan simbol p , didefinisikan sebagai laju perubahan energi. Satuan daya adalah watt, dengan singkatan W. (Sudirham, 2002)

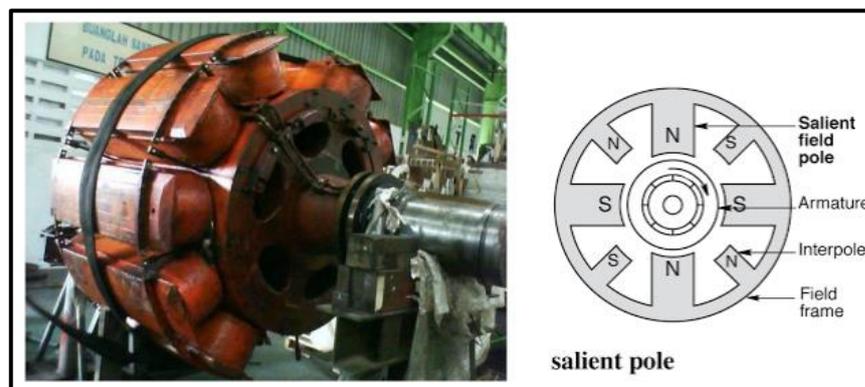
2.7.1 Konstruksi Generator

Secara umum konstruksi generator sinkron terdiri dari stator yang merupakan bagian yang diam dan rotor adalah bagian yang bergerak. Keduanya merupakan rangkaian magnetik yang berbentuk simetris dan silindris. Selain itu generator

sinkron memiliki celah udara ruang antara stator dan rotor yang berfungsi sebagai tempat terjadinya fluksi atau induksi energi listrik dari rotor ke stator. Generator sinkron memiliki 2 tipe rotor yaitu :

2.7.1.1 *Salient Pole Rotor*

Salient Pole Rotor. Pada *Salient Pole Rotor* mempunyai kutub yang jumlahnya banyak. Pada Kumparannya dibelitkan pada tangkai kutub, dimana kutub-kutub diberi laminasi untuk mengurangi panas yang ditimbulkan oleh arus Eddy. Pada belitan-belitan medannya dihubung seri, sehingga ketika belitan medan ini disuplai oleh eksiter, maka kutub yang berdekatan akan membentuk kutub yang berlawanan. *Salient Pole Rotor* umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putaran rendah dan sedang sehingga *salient pole* akan mengalami rugi-rugi yang besar dan mengeluarkan suara bising jika diputar dengan kecepatan tinggi.



Gambar 2.11 *Salient Pole Rotor* (Yuniarti & Prianto, 2010)

Pada rotor salient pole terdiri dari sejumlah besar kutub yang diproyeksikan yang dipasang pada roda magnetik. Pemasangan rotor salient pole ditunjukkan pada gambar kanan. Kutub yang diproyeksikan terdiri dari lapisan baja. Lilitan rotor disediakan pada kutub-kutub ini dan didukung oleh sepatu kutub. rotor salient pole memiliki panjang aksial berdiameter besar.

Secara umumnya digunakan pada mesin listrik dengan kecepatan rendah, misalnya 100 rpm sampai 1500 rpm. Karena kecepatan rotor lebih rendah, lebih banyak jumlah kutub diperlukan untuk mencapai frekuensi yang dibutuhkan. ($N_s =$

$120f / P$ di sana, $f = N_s * p / 120$) yaitu frekuensi sebanding dengan jumlah kutub). Biasanya jumlah kutub antara 4 sampai 60. Distribusi fluks relatif buruk daripada non silent pole sehingga bentuk gelombang emf yang dihasilkan tidak sebagus rotor *non silent pole*. Rotor *salient pole* umumnya membutuhkan lilitan peredam untuk mencegah osilasi rotor selama beroperasi. Generator sinkron *salient pole* banyak digunakan di pembangkit listrik tenaga air.

2.7.1.2 Non Salient Pole Rotor

Non Salient Pole Rotor. Dibuat dari plat baja berbentuk silinder yang mempunyai sejumlah slot sebagai tempat kumparan. Karena adanya slot-slot dan juga kumparan medan pada rotor maka mengakibatkan jumlah kutub pun sedikit terbentuk. Konstruksi ini memberikan keseimbangan mekanis yang lebih baik karena rugi-rugi anginnya lebih kecil dibandingkan *Salient Pole Rotor*. *Non Salient Pole Rotor* umumnya digunakan pada generator sinkron dengan kecepatan putaran tinggi (1500 atau 3000 rpm) karena distribusi disekeliling rotor mendekati bentuk gelombang sinus sehingga lebih baik dari kutub menonjol dan juga konstruksinya memiliki kekuatan mekanik pada kecepatan putar tinggi.



Gambar 2.12 *Non Silent Pole Rotor* (Yuniarti & Prianto, 2010)

Rotor *non silent pole* berbentuk silindris yang memiliki slot paralel di atasnya untuk menempatkan belitan rotor. Ini terbuat dari baja padat. Pembangunan rotor *non silent pole* (rotor silinder) ditunjukkan pada gambar diatas. Dahulu mereka juga disebut sebagai rotor drum. Diameternya lebih kecil tapi memiliki panjang aksial yang lebih panjang. Rotor silinder digunakan pada mesin listrik berkecepatan tinggi, biasanya 1500 Rpm sampai 3000 rpm. (Yuniarti & Prianto, 2010)

2.8 Material Sudu Kincir Air

2.8.1 Plastik

Plastik adalah suatu polimer yang terdiri dari unit molekul yang disebut monomer. Jika monomernya sejenis disebut homopolimer, dan jika monomernya berbeda akan menghasilkan kopolimer.

Secara garis besar, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu plastik thermoplast dan plastik thermoset. Plastik thermoplast adalah plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas. Yang termasuk plastik thermoplast antara lain : PE, PP, PS, ABS, SAN, nylon, PET, BPT, Polyacetal (POM), PVC dll. Sedangkan plastik thermoset adalah plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena bangun polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi. Yang termasuk plastik thermoset adalah : PU (*Poly Urethane*), UF (*Urea Formaldehyde*), MF (*Melamine Formaldehyde*), polyester, epoksi dll. (Mujiarto, 2005)

Tabel 2.1 Perbandingan *specific gravity* berbagai material

Resin	Specific gravity
PP	0,85-0,90
LDPE	0,91-0,93
HDPE	0,93-0,96
Polistirena	1,05-1,08
ABS	0,99-1,10
PVC	1,15-1,65
Asetil Selulosa	1,23-1,34
Nylon	1,09-1,14
Poli Karbonat	1,20
Poli Asetat	1,38

Tabel 2.2 Temperatur leleh proses termoplastik

Material	Processing Temperature Rate	
	oC	oF
ABS	180 - 240	356 - 464
Acetal	185 - 225	365 - 437
Acrylic	180 - 250	356 - 482
Nylon	260 - 290	500 - 554
Poly Carbonat	280 - 310	536 - 590
LDPE	160 - 240	320 - 464
HDPE	200 - 280	392 - 536
PP	200 - 300	392 - 572
PS	180 - 260	356 - 500
PVC	160 - 180	320 - 365

2.8.2 Aluminium

Aluminium merupakan unsur logam terbanyak di muka bumi, dimana hampir 8% berat dari kerak bumi adalah aluminium. Bijih bauksit adalah bahan utama untuk pembuatan aluminium yang terdapat di dalam batu-batu dalam kerak bumi. Di dalam bebatuan tersebut aluminium masih berbentuk silikat dan komponen lain yang lebih kompleks, karena komponen aluminium yang begitu kompleks tersebut maka diperlukan penelitian lebih dari 60 tahun untuk menemukan cara yang ekonomis untuk membuat aluminium dari bijih bauksit.

Aluminium murni memiliki berat jenis $2,7 \text{ gram/cm}^3$, kira-kira sepertiga dari berat jenis baja ($7,83 \text{ gram/cm}^3$), tembaga ($8,93 \text{ gram/cm}^3$), atau kuningan. Selain itu aluminium menunjukkan ketahanan korosi yang baik pada kebanyakan lingkungan termasuk udara, air (air garam), petrokimia dan lingkungan kimia lainnya. Dilihat dari konduktivitas termalnya adalah antara 50-60 % dari tembaga, bersifat nonmagnetic dan tidak beracun.

Aluminium paduan secara umum dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu *heat treatable* dan *non heat treatable*. Pada paduan *non heat treatable* dapat diperkuat dengan pengerjaan dingin, dan perlakuan panas yang dapat dilakukan adalah annealing untuk memperlunak akibat dari proses pengerasan. Paduan ini terdiri dari Al-Mn, Al-Mg, dan Al-Si. Sedangkan pada paduan *heat treatable* adalah paduan yang mengandung Cu, Zn, dan Mg serta Si. Paduan *heat treatable* dapat diperkuat dengan memberikan perlakuan pengerasan penuaan, pengerasan presipitasi dan proses perlakuan panas lainnya. (Eva, 2012)

2.8.3 Besi

Besi merupakan logam yang penting dalam bidang teknik, tetapi besi murni terlalu lunak dan rapuh sebagai bahan kerja, konstruksi atau pesawat. Sebutan besi dapat berarti besi murni dengan simbol kimia Fe yang hanya dapat diperoleh dengan jalan reaksi kimia dan besi teknik adalah yang sudah atau selalu bercampur dengan unsur lain.

Logam ferro juga disebut besi karbon atau baja karbon. Bahan dasarnya adalah unsur besi (Fe) dan karbon (C), tetapi sebenarnya juga mengandung unsur

lain seperti : silisium, mangan, fosfor, belerang dan sebagainya yang kadarnya relatif rendah. Unsur-unsur dalam campuran itulah yang mempengaruhi sifat-sifat besi atau baja pada umumnya, tetapi unsur zat arang (karbon) yang paling besar pengaruhnya terhadap besi atau baja terutama kekerasannya.

Pembuatan besi atau baja dilakukan dengan mengolah bijih besi di dalam dapur tinggi yang akan menghasilkan besi kasar atau besi mentah. Besi kasar belum dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat benda jadi maupun setengah jadi, oleh karena itu, besi kasar itu masih harus diolah kembali di dalam dapurdapur baja. Logam yang dihasilkan oleh dapur baja itulah yang dikatakan sebagai besi atau baja karbon, yaitu bahan untuk membuat benda jadi maupun setengah jadi. (Samlawi & Siswanto, 2016)

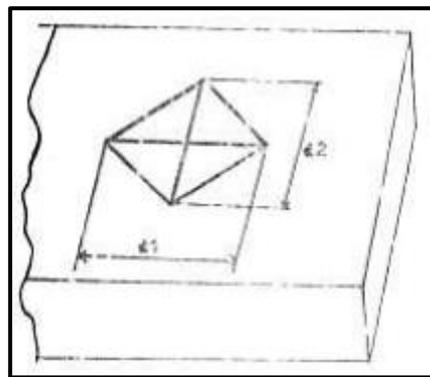
2.9 Uji Kekerasan Material Sudu Kincir Air

Uji kekerasan digunakan untuk mengetahui kemampuan material terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap. Benda uji akan mengalami deformasi ketika gaya pembebanan tertentu diberikan pada benda uji. Kita dapat menganalisis besarnya tingkat kekerasan bahan tersebut melalui besarnya beban yang diberikan terhadap luas bidang yang menerima pembebanan tersebut.

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui angka kekerasan atau tingkat kekerasan logam tersebut. Metode pengujian kekerasan terdiri dari penekanan, goresan, dan dinamik. Pengujian kekerasan dengan penekanan banyak digunakan oleh industri permesinan karena prosesnya mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan logam jika dibandingkan dengan metode lainnya. Pengujian kekerasan metode penekanan adalah dengan metode Rockwell, Brinell, dan Vickers. Metode Brinell dan Vickers yang menitik beratkan pada perhitungan kekuatan bahan terhadap setiap daya luas penampang bidang yang menerima pembebanan tersebut. Sedangkan metode Rockwell menitik beratkan pada pengukuran kedalaman hasil penekanan atau penekan (indenter) yang membentuk bekasnya (indentasi) pada benda uji.

Metode Vickers merupakan penekanan oleh suatu gaya tekan tertentu oleh sebuah indenter berupa pyramid diamond terbalik dengan sudut puncak 136° ke

permukaan logam yang akan diuji kekerasannya, dimana permukaan logam yang diuji ini harus rata dan bersih. Setelah gaya tekan secara statis ini kemudian ditiadakan dan pyramid diamond dikeluarkan dari bekas yang terjadi, maka diagonal segi empat bekas teratas diukur secara teliti, yang digunakan sebagai kekerasan logam yang akan diuji. Permukaan tekan merupakan segi empat karena pyramid merupakan piramida sama sisi. Nilai kekerasan yang diperoleh disebut sebagai kekerasan Vickers, yang biasa disingkat dengan HV atau VHN (*Vickers Hardness Number*). (I Dewa Gede Ary Subagia, ST., MT., 2015)



Gambar 2.13 Hasil Penekanan Uji *Vickers*
(I Dewa Gede, 2015)

2.10 Persamaan Rumus yang Digunakan

2.10.1 Debit Air

Debit air (Q) adalah banyaknya air yang mengalir melalui penampang (m^3) saluran terbuka tiap satuan waktu (s). Debit aliran dapat dihitung dalam bentuk persamaan :

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.1)$$

2.10.2 Debit Air Thompson

Debit air thompson (Q_{tho}) adalah debit yang dihitung dengan sekat ukur berbentuk segitiga sama kaki dengan sudut 90°

$$Q_{tho} = 0.0186 \cdot h_t^{5/2} \quad (2.2)$$

2.10.3 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran (m/s) Jumlah air yang melewati suatu titik pada saluran aliran (m^3/s) selama waktu tertentu adalah fungsi kecepatan dan luas penampang air (m^2) yang mengalir

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2.3)$$

2.10.4 Daya 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 kincir air tergantung pada kecepatan aliran air dan debit aliran air. Sehingga daya keluaran tersebut dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_{air} = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3 \quad (2.4)$$

2.10.5 Daya Roda Air

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

$$\omega = 2\pi n/60 \quad (2.5)$$

$$\tau = F \cdot r_k \quad (2.6)$$

$$P_{kincir} = \tau \times \omega \quad (2.7)$$

2.10.6 Daya listrik

Proses perubahan energi mekanik menjadi energi listrik merupakan fungsi generator. Sehingga generator akan menghasilkan listrik dari hasil putaran kincir yang terhubung dengan generator. Maka daya listrik yang dapat dihasilkan oleh generator dapat dituliskan dengan persamaan :

$$P_{listrik} = V \times I \quad (2.8)$$

2.10.7 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 :

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