

SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA TURBIN AIR ARUS BAWAH 6 SUDU MANGKUK
UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN VARIASI MATERIAL**

OLEH :

RICHARD SEPTIANO HAURISSA

D021 17 1320



UNIVERSITAS HASANUDDIN

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

GOWA

2022

SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA TURBIN AIR ARUS BAWAH 6 SUDU
MANGKUK UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN VARIASI
MATERIAL**

Disusun dan diajukan oleh

RICHARD SEPTIANO HAURISSA

D021171320

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

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2022

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 6 SUDU MANGKUK
UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN VARIASI MATERIAL**

RICHARD SEPTIANO HAURISSA

D021171320

Telah diperiksa dan disetujui oleh :
Gowa, 27 April 2022

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


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


Gerard Antonini Duma, ST., MT.
NIP. 19920226 201903 1 009

Mengetahu,

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 : Richard Septiano Haurissa

Nim : D021171320

Judul Skripsi : Analisis Kinerja Turbin Air Arus Bawah 6 Sudu Mangkuk Untuk Pembangkit Listrik Dengan Variasi Material

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi ini merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari saya sendiri. Saya tidak mencantumkan 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, 27 April 2022

Yang membuat pernyataan



Richard Septiano Haurissa

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 mangkuk dengan jumlah sudu sebanyak 6 sudu dan jenis turbin air yang digunakan jenis *Undershot* dimana arus aliran fluidanya berada di bawah kincir. Kemudian memvariasikan jenis material sudu yang digunakan yakni material sudu plastik, material sudu melamin, dan material sudu *stainless steel*. Serta memvariasikan 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 *stainless steel* menghasilkan daya turbin yang paling tinggi yaitu 1,2830 watt, daya listrik yang paling tinggi yaitu 0,1125 watt, dan efisiensi turbin yang paling tinggi secara teori yaitu 57,1305% dan secara eksperimen yaitu 55,4135%

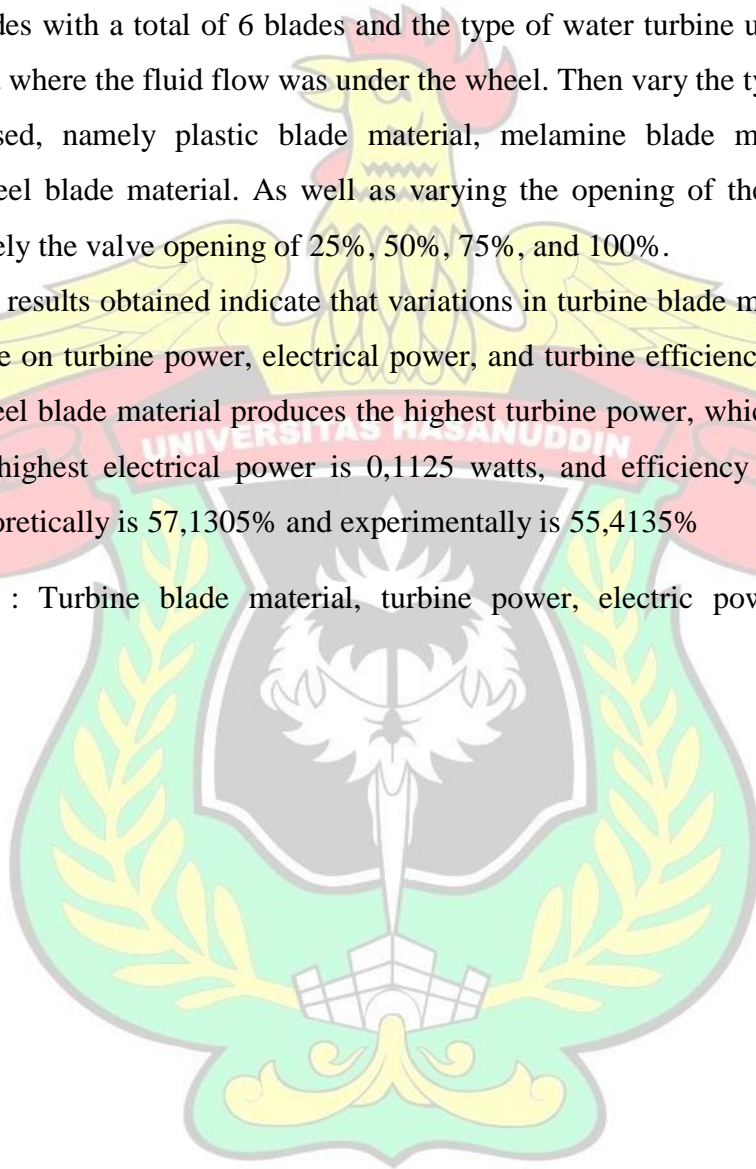
Kata Kunci : Material sudu turbin, daya turbin, daya listrik, efisiensi turbin

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 bowl-shaped blades with a total of 6 blades and the type of water turbine used was the Undershoot where the fluid flow was under the wheel. Then vary the type of blade material used, namely plastic blade material, melamine blade material, and stainless steel 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 influence on turbine power, electrical power, and turbine efficiency where the stainless steel blade material produces the highest turbine power, which is 1,2830 watts, the highest electrical power is 0,1125 watts, and efficiency the highest turbine theoretically is 57,1305% and experimentally is 55,4135%

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



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, yang senantiasa menjadi penopang dan terman terbaik sepanjang hidupnya. Hanya karena kebaikan Kasih dan Berkat-Nya lah yang menuntun penulis dalam mengerjakan ini “Analisis Kinerja Turbin Air Arus Bawah Bentuk Sudu Mangkuk 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 terdalem untuk kedua orangtua, kakak, adik dan calon pasangan hidup penulis atas cinta, doa, dan juga dukungan moril dan materi yang diberikan oleh penulis. Penghargaan dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Ayah Nikolas L. Haurissa, Ibu Ulpa Kalembang, Adik Bryand Januar Haurissa, dan Adik Chelsea Isabel Haurissa yang selalu memberikan kasih sayang yang sangat luar biasa dan motivasi-motivasi yang membangun semangat sehingga penulis mampu sampai pada titik ini. Semoga Tuhan Yesus 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 Gerard Antonini Duma 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. Eng. Jalaluddin, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Seluruh dosen Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang sudah dibagikan kepada penulis.

4. Staf Departemen Teknik Mesin terkhusus Pak Hafriison Salamba, ST. Ibu Suri, Pak Iwan, dan juga Pak Mansur yang telah banyak membantu.
5. Para Bucin09 yaitu kanda Dwiki, kanda Adam, kanda Wawan, dan kanda Kevin yang telah bersama-sama menjadi tim sukses dalam penelitian turbin air
6. 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.
7. 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 Tuhan Yesus 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, 27 April 2022

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
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	4
2.1 Turbin Air	4
2.2 Prinsip Kerja Turbin Air	4

2.3	Klasifikasi Turbin Air.....	4
2.3.1	Berdasarkan Perubahan Tekanan Fluidanya.....	4
2.3.2	Berdasarkan Ketinggian Air Jatuh.....	7
2.3.3	Berdasarkan Kecepatan Spesifik	7
2.3.4	Berdasarkan Arah Aliran Fluida.....	7
2.4	Komponen Utama Turbin Air.....	8
2.4.1	Rotor	8
2.4.2	Stator.....	8
2.5	Sudu Turbin.....	9
2.6	Material Sudu Kincir Air.....	9
2.6.1	Plastik	9
2.6.2	<i>Stainless Steel</i>	10
2.6.3	Melamin.....	11
2.7	Kincir Air.....	11
2.8	Jenis-jenis Kincir Air.....	12
2.8.1	Kincir Air <i>Overshot</i>	12
2.8.2	Kincir Air <i>Undershot</i>	13
2.8.3	Kincir Air <i>Breastshot</i>	14
2.8.4	Kincir Air <i>Tub</i>	15
2.9	Generator Listrik.....	16
2.10	Uji Kekerasan Material.....	16
2.11	Uji Kekasaran Permukaan	16
2.12	Persamaan Rumus yang Digunakan	17

2.12.1 Debit Air	17
2.12.2 Debit Air Thompson.....	17
2.12.3 Kecepatan Aliran	18
2.12.4 Daya Air	18
2.12.5 Daya Turbin.....	18
2.12.6 Daya Listrik	18
2.12.7 Efisiensi Turbin Air.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
3.2 Alat yang Digunakan	19
3.3 Prosedur Pengambilan Data.....	29
3.4 Rancangan Alat.....	33
3.5 <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	38
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil.....	39
4.1.1 Contoh Perhitungan	39
4.1.2 Hubungan Daya Turbin (P_{turbin}) terhadap Putaran (n)	44
4.1.3 Hubungan Daya Listrik terhadap jumlah Lampu	50
4.1.4 Hubungan Efisiensi Turbin (η_{turbin}) terhadap Putaran (n).....	56
4.1.5 Hubungan Daya Turbin (P_{turbin}) terhadap Debit (Q)	66
4.1.6 Hubungan Efisiensi Turbin (η_{turbin}) terhadap Debit (Q)	70
4.1.7 Hubungan Efisiensi Turbin (η_{turbin}) terhadap Daya Turbin (P_{turbin})	74

4.1.8 Karakteristik Material Sudu Turbin.....	83
4.2 Pembahasan	85
4.2.1 Hubungan Daya Turbin (P_{turbin}) terhadap Putaran (n).....	85
4.2.2 Hubungan Daya Listrik terhadap Jumlah Lampu	86
4.2.3 Hubungan Efisiensi Turbin (η_{turbin}) terhadap Putaran (n).....	87
4.2.4 Hubungan Daya Turbin (P_{turbin}) terhadap Debit (Q)	88
4.2.5 Hubungan Efisiensi Turbin (η_{turbin}) terhadap Debit (Q)	89
4.2.6 Hubungan Efisiensi Turbin (η_{turbin}) terhadap Daya Turbin (P_{turbin})	90
4.2.7 Karakteristik Material Sudu Turbin.....	90
BAB V PENUTUP.....	92
5.1 Kesimpulan.....	92
5.2 Saran	92
DAFTAR PUSTAKA.....	94
LAMPIRAN.....	96

DAFTAR TABEL

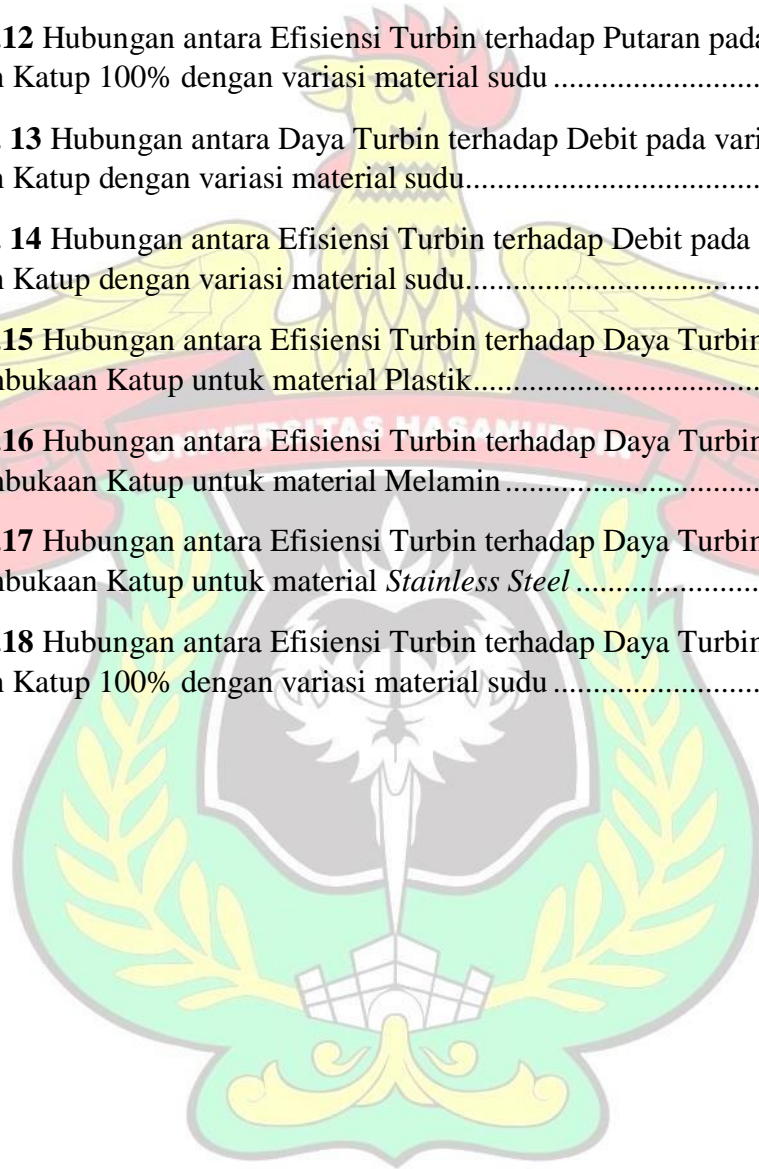
Tabel 2.1 Jenis Turbin Berdasarkan Ketinggian Air Jatuh.....	7
Tabel 2.2 Klasifikasi Berdasarkan Kecepatan Spesifik.....	7
Tabel 2.3 Klasifikasi Berdasarkan Arah Aliran Fluida	7
Tabel 4.1 Data hubungan Daya Turbin terhadap Putaran pada variasi Pembukaan Katup untuk material Plastik, Melamin, dan <i>Stainless Steel</i>	45
Tabel 4.2 Data Hubungan Daya Listrik terhadap jumlah Lampu pada variasi Pembukaan Katup untuk material Plastik, Melamin, dan <i>Stainless Steel</i>	51
Tabel 4.3 Data hubungan Efisiensi Turbin terhadap Putaran pada variasi Pembukaan Katup untuk material Plastik, Melamin, dan <i>Stainless Steel</i> secara teori	57
Tabel 4.4 Data hubungan Efisiensi Turbin terhadap Putaran pada variasi Pembukaan Katup untuk material Plastik, Melamin, dan <i>Stainless Steel</i> secara eksperimen	58
Tabel 4.5 Data hubungan Daya Turbin terhadap Debit pada variasi Pembukaan Katup untuk material Plastik, Melamin, dan <i>Stainless Steel</i> secara teori.....	67
Tabel 4.6 Data hubungan Daya Turbin terhadap Debit pada variasi Pembukaan Katup untuk material Plastik, Melamin, dan <i>Stainless Steel</i> secara eksperimen...	68
Tabel 4.7 Data hubungan Efisiensi Turbin terhadap Debit pada variasi Pembukaan Katup untuk material Plastik, Melamin, dan <i>Stainless Steel</i> secara teori	71
Tabel 4.8 Data hubungan Efisiensi Turbin terhadap Debit pada variasi Pembukaan Katup untuk material Plastik, Melamin, dan <i>Stainless Steel</i> secara eksperimen	72
Tabel 4.9 Data hubungan Efisiensi Turbin terhadap Daya Turbin pada variasi Pembukaan Katup untuk material Plastik, Melamin, dan <i>Stainless Steel</i> secara teori	75
Tabel 4.10 Data hubungan Efisiensi Turbin terhadap Daya Turbin pada variasi Pembukaan Katup untuk material Plastik, Melamin, dan <i>Stainless Steel</i> secara eksperimen	76
Tabel 4.11 Karakteristik material sudu Plastik, Melamin, dan <i>Stainless Steel</i> ...	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Pelton	5
Gambar 2.2 Turbin Banki	5
Gambar 2.3 Turbin Francis.....	6
Gambar 2.4 Turbin Kaplan.....	6
Gambar 2.5 Komponen Turbin.....	8
Gambar 2.6 Kincir Air <i>Overshot</i>	13
Gambar 2.7 Kincir Air <i>Undershot</i>	14
Gambar 2.8 Kincir Air <i>Breastshot</i>	14
Gambar 2.9 Kincir Air <i>Tub</i>	15
Gambar 3.1 Penampungan Air	19
Gambar 3.2 Pompa Sentrifugal	20
Gambar 3.3 Katup Air	20
Gambar 3.4 Pipa Air	20
Gambar 3.5 Saluran Instalasi.....	21
Gambar 3.6 Velg Sepeda.....	21
Gambar 3.7 Sudu Turbin	22
Gambar 3.8 Poros Turbin Air	22
Gambar 3.9 <i>Timer</i>	22
Gambar 3.10 <i>Multimeter</i>	23
Gambar 3.11 Ember.....	23
Gambar 3.12 Lampu	24
Gambar 3.13 Pemberat	24
Gambar 3.14 Neraca Pegas.....	25
Gambar 3.15 Generator	25
Gambar 3.16 Termometer.....	26
Gambar 3.17 Kabel dan <i>Jumper</i>	26

Gambar 3.18 <i>Pully and Belt</i>	27
Gambar 3.19 <i>Breadboard</i>	27
Gambar 3.20 Mistar	27
Gambar 3.21 <i>Hardness Leeb (HL)</i>	28
Gambar 3.22 Timbangan digital	28
Gambar 3.23 <i>Roughness Tester</i>	28
Gambar 3.24 Sudu Mangkuk.....	33
Gambar 3.25 Instalasi turbin air	33
Gambar 3.26 Gambar teknik tampak atas dan depan	34
Gambar 3.27 Analisa kecepatan relatif air terhadap sudu pada sisi masuk	35
Gambar 3.28 Analisa kecepatan relatif air terhadap sudu pada sisi keluar	35
Gambar 3.29 Segitiga Kecepatan pada sisi keluar.....	36
Gambar 3.30 Skema rangkaian listrik	37
Gambar 3.31 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	40
Gambar 4.1 Hubungan antara Daya Turbin terhadap Putaran pada variasi Pembukaan Katup untuk material Plastik	46
Gambar 4.2 Hubungan antara Daya Turbin terhadap Putaran pada variasi Pembukaan Katup untuk material Melamin.....	47
Gambar 4.3 Hubungan antara Daya Turbin terhadap Putaran pada variasi Pembukaan Katup untuk material <i>Stainless Steel</i>	48
Gambar 4.4 Hubungan antara Daya Turbin terhadap Putaran pada Pembukaan Katup 100% dengan variasi material sudu.....	49
Gambar 4.5 Hubungan antara Daya Listrik terhadap jumlah Lampu pada variasi Pembukaan Katup untuk material Plastik	52
Gambar 4.6 Hubungan antara Daya Listrik terhadap jumlah Lampu pada variasi Pembukaan Katup untuk material Melamin.....	53
Gambar 4.7 Hubungan antara Daya Listrik terhadap jumlah lampu LED pada variasi Pembukaan Katup untuk material <i>Stainless Steel</i>	54
Gambar 4.8 Hubungan antara Daya Listrik terhadap jumlah Lampu pada Pembukaan Katup 100% dengan variasi material sudu	55

Gambar 4.9 Hubungan antara Efisiensi Turbin terhadap Putaran pada variasi Pembukaan Katup untuk material Plastik	59
Gambar 4.10 Hubungan antara Efisiensi Turbin terhadap Putaran pada variasi Pembukaan Katup untuk material Melamin.....	61
Gambar 4.11 Hubungan antara Efisiensi Turbin terhadap Putaran pada variasi Pembukaan Katup untuk material <i>Stainless Steel</i>	63
Gambar 4.12 Hubungan antara Efisiensi Turbin terhadap Putaran pada Pembukaan Katup 100% dengan variasi material sudu	65
Gambar 4.13 Hubungan antara Daya Turbin terhadap Debit pada variasi Pembukaan Katup dengan variasi material sudu.....	69
Gambar 4.14 Hubungan antara Efisiensi Turbin terhadap Debit pada variasi Pembukaan Katup dengan variasi material sudu.....	73
Gambar 4.15 Hubungan antara Efisiensi Turbin terhadap Daya Turbin pada variasi Pembukaan Katup untuk material Plastik.....	77
Gambar 4.16 Hubungan antara Efisiensi Turbin terhadap Daya Turbin pada variasi Pembukaan Katup untuk material Melamin	79
Gambar 4.17 Hubungan antara Efisiensi Turbin terhadap Daya Turbin pada variasi Pembukaan Katup untuk material <i>Stainless Steel</i>	81
Gambar 4.18 Hubungan antara Efisiensi Turbin terhadap Daya Turbin pada Pembukaan Katup 100% dengan variasi material sudu	82



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A

Tabel A1 Tabel Hasil Pengamatan Sudu Mangkuk Material Plastik (Daya dan Efisiensi Turbin).....	97
Tabel A2 Tabel Hasil Pengamatan Sudu Mangkuk Material Plastik (Daya Listrik Turbin).....	98
Tabel A3 Tabel Hasil Pengamatan Sudu Mangkuk Material Melamin (Daya dan Efisiensi Turbin).....	99
Tabel A4 Tabel Hasil Pengamatan Sudu Mangkuk Material Melamin (Daya Listrik Turbin).....	100
Tabel A5 Tabel Hasil Pengamatan Sudu Mangkuk Material <i>Stainless Steel</i> (Daya dan Efisiensi Turbin).....	101
Tabel A6 Tabel Hasil Pengamatan Sudu Mangkuk Material <i>Stainless Steel</i> (Daya Listrik Turbin).....	102

Lampiran B

Tabel B1 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Mangkuk Material Plastik (Secara Teori).....	103
Tabel B2 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Mangkuk Material Plastik (Secara Eksperimen)	104
Tabel B3 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Mangkuk Material Plastik (Daya Listrik).....	105
Tabel B4 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Mangkuk Material Melamin (Secara Teori).....	106
Tabel B5 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Mangkuk Material Melamin (Secara Eksperimen)	107
Tabel B6 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Mangkuk Material Melamin (Daya Listrik).....	108
Tabel B7 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Mangkuk Material <i>Stainless Steel</i> (Secara Teori).....	109
Tabel B8 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Mangkuk Material <i>Stainless Steel</i> (Secara Eksperimen)	110

Tabel B9 Tabel Hasil Perhitungan Sudu Mangkuk Material <i>Stainless Steel</i> (Daya Listrik).....	111
Tabel B10 Sifat Fisik Air Pada 1 atm.....	112

Lampiran C

Gambar C1 Dokumentasi Pengambilan Data Turbin Air Material Sudu Plastik.....	113
Gambar C2 Dokumentasi Pengambilan Data Turbin Air Material Sudu Melamin	113
Gambar C3 Dokumentasi Pengambilan Data Turbin Air Material Sudu <i>Stainless Steel</i>	113



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	P	Densitas air	kg/m ³
11	V	Volume air	Liter
12	v	Kecepatan aliran	m/s
13	G	Percepatan gravitasi	m/s ²
14	T	Torsi	Nm
15	r_k	Jari-jari <i>pully</i>	m
16	Ω	Kecepatan sudut	rad/s
17	Ra	Nilai kekasaran permukaan	mm
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

Saat ini kebutuhan suatu energi sangat dibutuhkan oleh manusia dalam melakukan kegiatan sehari-hari. Kebutuhan akan energi tersebut akan selalu bertambah dari tahun ke tahun dikarenakan perkembangan jumlah manusia yang semakin meningkat. Di Indonesia pada tahun 2016 sekitar 75% energi fosil merupakan penyuplai energi terbesar yang berupa bahan bakar gas, batu bara dan minyak bumi. Sementara itu energi fosil khususnya minyak bumi ketersediannya semakin terbatas, sedangkan penggunaan energi fosil terus menerus memiliki dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan makhluk hidup. Hal tersebut dikarenakan bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam mengandung persentase karbon yang tinggi. Jika gas karbon 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 dkk, 2020).

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).

Pembangkit listrik tenaga air telah banyak dilakukan pengembangan di berbagai daerah di Indonesia, terutama turbin air tipe aliran silang (crossflow) yang aplikasinya mencakup semua lokasi dengan debit aliran air dan *head* atau tinggi jatuh air yang rendah dan menengah. Di dalam turbin energi kinetik air

dirubah menjadi energi mekanik, dimana air memutar roda turbin. Energi puntir yang dihasilkan selanjutnya diubah menjadi energi listrik melalui generator. Namun demikian selama ini energi air yang digunakan adalah air dengan tinggi jatuh dan debit besar. Sementara itu energi air dengan tinggi jatuh dan debit kecil belum banyak dimanfaatkan, padahal di beberapa wilayah Indonesia punya potensi yang cukup besar untuk dikembangkan pembangkit listrik tenaga air dengan tinggi jatuh dan debit kecil.

Roda air dibuat dengan berbagai bentuk plat. Bentuk plat mangkok (setengah bola) memiliki salah satu nilai koefisien *drag* tertinggi (1,42), terutama dibandingkan dengan plat lengkung (koefisien *drag* 0,47) (Sule, 2020). Semakin besar nilai koefisien *drag*, maka semakin besar kemampuannya untuk memanfaatkan tenaga air yang menghantamnya. 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 mangkok untuk jumlah sudu sebanyak 6 sudu menghasilkan nilai efisiensi yang paling tinggi. Maka dari itu perludanya riset yang lebih dalam terkait turbin air arus bawah dengan jumlah sudu 6 untuk bentuk plat mangkok dan variasi material yang digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana menganalisis daya turbin terhadap debit pada turbin air arus bawah sudu mangkuk dengan variasi material
2. Bagaimana menganalisis daya listrik terhadap beban lampu pada turbin air arus bawah sudu mangkuk dengan variasi material
3. Bagaimana menganalisis efisiensi terhadap debit pada turbin air arus bawah sudu mangkuk dengan variasi material

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Menganalisis daya turbin terhadap debit pada turbin air arus bawah sudu mangkuk dengan variasi material
2. Menganalisis daya listrik terhadap beban lampu pada turbin air arus bawah sudu mangkuk dengan variasi material
3. Menentukan efisiensi turbin terhadap debit air pada turbin air arus bawah sudu mangkuk dengan variasi material

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Material sudu yang digunakan yaitu material plastik, melamin, dan *stainless steel*
2. Menggunakan variasi yaitu katup 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 :

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Air

Turbin air merupakan suatu pembangkit mula-mula yang memanfaatkan energi potensial air menjadi energi mekanik dimana air memutar roda turbin. Air yang berada pada ketinggian tertentu memiliki energi potensial. Ketika air mengalir ke tempat yang lebih rendah energi potensial berubah menjadi energi kinetik. Oleh turbin air, energi kinetik dirubah 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 kesembilan belas dan turbin Kaplan yang ditemukan oleh Viktor Kaplan pada abad kedua puluh (Syahrul dan Agus, 2018).

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).

2.3 Klasifikasi Turbin Air

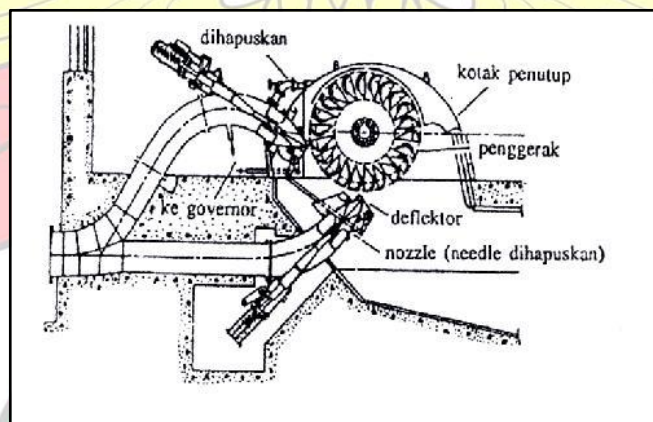
Secara umum turbin air dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa hal yaitu :

2.3.1 Berdasarkan Perubahan Tekanan Fluidanya

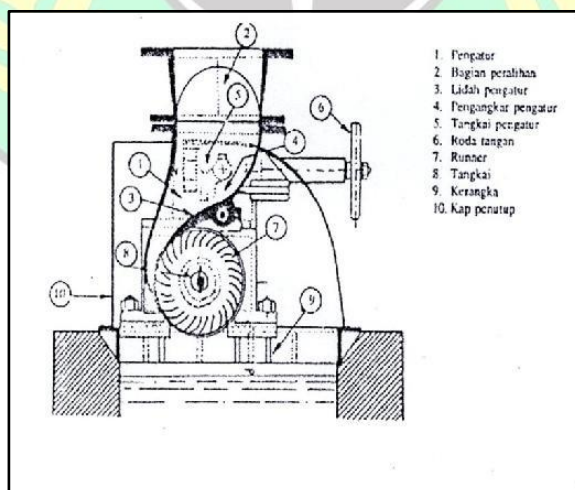
Berdasarkan perubahan tekanan fluida, turbin air dapat digolongkan menjadi dua yaitu :

2.3.1.1 Turbin Impuls

Pada turbin impuls seluruh energi potensi air diubah menjadi energi kinetik pada *nozzle*, sehingga diperoleh kecepatan air yang tinggi yang diarahkan untuk menumbuk sudu gerak (*bucket*) yang dipasang pada rodat urbin. Tekanan pada sisi masuk dan keluar dari sudut gerak selama beroperasi adalah konstan dan umumnya sama dengan tekanan atmosfer oleh karena bentuk sudu gerak yang sedemikian rupa maka akan terjadi perubahan momentum dari aliran fluida yang menyebabkan sudu gerak menerima gaya dorong sebagai hasil konversi dari perubahan momentum fluida. Akibatnya roda jalan berputar dan selanjutnya memutar poros turbin. Contoh dari turbin impuls adalah turbin Pelton dan turbin Banki.



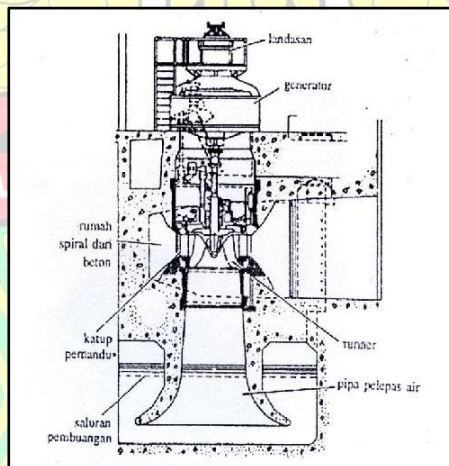
Gambar 2.1 Turbin Pelton (H Haloho, 2002)



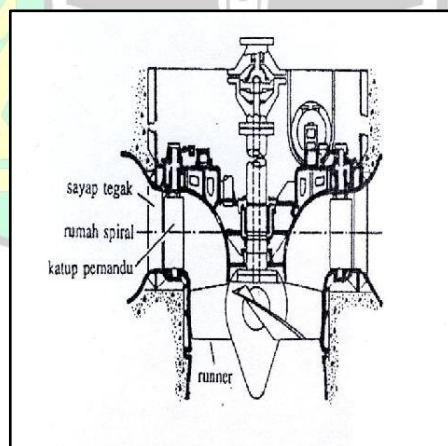
Gambar 2.2 Turbin Banki (H Haloho, 2002)

2.3.1.2 Turbin Reaksi

Pada turbin reaksi energi yang masuk hanya sebagian diubah menjadi energi kinetik, sedangkan dalam bentuk energi tekan. Jadi turbin reaksi juga memanfaatkan tekanan disamping energi kinetik. Terdapat perbedaan tekanan pada sisi masuk dan sisi keluar roda jalan turbin dimana tekanan pada sisi masuk lebih besar dibandingkan pada tekanan sisi keluar. Tekanan ini dimanfaatkan pada *runner* (roda jalan) dengan mengubah tekanan menjadi kecepatan sehingga kecepatan relatif air keluar dari *runner* menjadi lebih besar dibanding kecepatan air masuk ke *runner*. Contoh dari turbin reaksi adalah turbin Francis dan turbin Kaplan.



Gambar 2.3 Turbin Francis (H Haloho, 2002)



Gambar 2.4 Turbin Kaplan (H Haloho, 2002)

2.3.2 Berdasarkan Ketinggian Air Jatuh

Pemakaian turbin untuk setiap ketinggian air jatuh. Pada tabel 2.1 diperlihatkan jenis-jenis turbin yang digunakan berdasarkan ketinggian jatuh air.

Tabel 2.1 Jenis Turbin Berdasarkan Ketinggian Air Jatuh (H Haloho, 2002)

Ketinggian (m)	Jenis Turbin
Tinggi air jatuh (<15)	Turbin baling-baling
Tinggi air jatuh menengah (16-17)	Turbin Francis/Kaplan
Tinggi jatuh air tinggi (70-500)	Turbin Francis/Kaplan
Tinggi air jatuh (>500)	Turbin Pelton

2.3.3 Berdasarkan Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik adalah kecepatan turbin model (turbin dengan bentuk yang sama namun berbeda skala) yang beroperasi pada satuan ketinggian air jatuh dan menghasilkan daya *output* (keluaran) sebesar satu satuan daya.

Tabel 2.2 Klasifikasi Berdasarkan Kecepatan Spesifik (H Haloho, 2002)

Penggerak	Kecepatan Spesifik (rpm)		
	Lambat	Sedang	Cepat
Pelton	4 – 5	16 – 30	31 – 70
Francis	60 – 150	151 – 250	251 – 400
Kaplan	300 – 450	451 – 700	2.1– 1100

2.3.4 Berdasarkan Arah Aliran Fluida

Berdasarkan arah aliran fluida maka turbin air dapat diklasifikasikan atas empat bagian. Pada tabel 2.3 dapat dilihat klasifikasi turbin air berdasarkan arah aliran fluida.

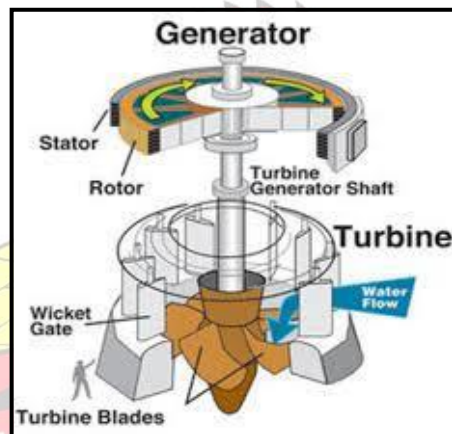
Tabel 2.3 Klasifikasi Berdasarkan Arah Aliran Fluida (H Haloho, 2002)

Jenis Turbin	Arah Aliran
Francis	Radial atau Gelombang
Pelton	Tangensial
Baling-baling/Kaplan	Aksial
Deriaz	Diagonal

(H Haloho, 2002)

2.4 Komponen Utama Turbin Air

Pada suatu turbin air terdapat beberapa komponen utama pada turbin sehingga dapat menghasilkan daya yang dapat dirubah menjadi energi listrik, komponen turbin yang paling utama dibagi menjadi 2 bagian, yaitu stator dan rotor.



Gambar 2.5 Komponen Turbin (Fahdita, Ali Akbar Muthahhari, 2020)

2.4.1 Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari:

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

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, Ali Akbar Muthahhari, 2020)

2.5 Sudu Turbin

Sudu (*blade*) merupakan bagian turbin yang berfungsi untuk merubah gerak pancar air menjadi gerak rotasi/putaran atau pancaran air yang masuk turbin dan mengenai sudu roda turbin akibat adanya fluida kerja (air, angin, uap, dll) yang dimana akan terjadi konversi energi yaitu energi kinetik menjadi energi mekanis yang menggerakkannya atau mengubah energi potensial menjadi energi kinetik. Bentuk dari sudu turbin sesuai dengan fluida kerja yang menggerakkannya dengan dimensi sesuai dengan kebutuhan untuk menggerakkan roda turbin (Syahrul dan Agus, 2018).

2.6 Material Sudu Turbin Air

2.6.1 Plastik

Plastik merupakan material yang saat ini banyak digunakan dalam peralatan dan pembungkus produk. Plastik ini memiliki berat molekul tinggi juga dikenal dengan polimer. Polimer merupakan gabungan molekul yang sama dan berulang terikat secara rapi (A Budianto, 2017).

Secara umum berdasarkan struktur dan perilaku molekulnya, polimer dapat diklasifikasikan menjadi termoplastik, termoset, dan elastomer.

Polimer yang termasuk dalam golongan termoplastik adalah polimer yang umumnya mudah larut pada pelarut yang sesuai dan saat suhu tinggi akan lunak. Akan tetapi, akan mengeras kembali jika didinginkan dan struktur molekulnya linier atau bercabang tanpa ikatan silang antarrantai. Jenis-jenis polimer golongan termoplastik, antara lain *Polyethylene* (PE), *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS), *Poly Vinyl Chloride* (PVC), *Polyamide* (nilon), *Polyoxymethylene* (POM), *Polycarbonate* (PC), dan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS).

Polimer termoset terikat dalam jaringan tiga dimensi atau ikatan-ikatan silang, karena itulah rantai ini sulit untuk bergerak ketika dipanasi. Termoset mempunyai sifat-sifat tidak dapat larut dalam pelarut apa pun, tidak meleleh jika dipanaskan, lebih tahan terhadap asam maupun basa, dan jika dipanaskan akan rusak sekaligus tidak dapat kembali seperti semula. Jenis-jenis plastic termoset yang banyak terdapat dipasaran, antara lain *Phenol and Formaldehyde*

(*Phenolics*), *Diisocyanate and Polyglycol* (PU), *Bisphenol and Epichlorohydrin* (Resin Epoxy), *Urea and Formaldehyde* (UP), dan *Unsaturated Polyester and Styrene* (UPS).

Kemudian pada kelompok polimer yang ketiga yaitu elastomer. Sebenarnya rantai molekulnya juga saling terikat seperti pada material termoset. Namun demikian, karena jumlah ikatannya yang sedikit dan berstruktur rantai lurus panjang maka material elastomer menjadi bersifat sangat ulet (memiliki elongasi atau regangan elastik sangat baik). Contoh aplikasi sehari-hari yang menggunakan material ini adalah ban kendaraan bermotor (Mawardi, Indra dan Hasrin Lubis, 2019).

2.6.2 *Stainless Steel*

Baja tahan karat termasuk dalam grup besi paduan tingkat resistensi tinggi terhadap serangan kimia atau sifat tahan karat. Banyak diantara baja ini yang digolongkan secara metalurgi menjadi baja tahan karat austenite, baja tahan karat ferrit, baja tahan karat martensit dan baja tahan karat tipe presipitasi.

Sifat tahan karat ini biasanya didapat dengan cara dipadukan atau dicampur dengan minimal 11 % kromium. Semakin tinggi paduan kromium dan penambahan nikel, dan beberapa elemen lain akan membuat sifat tahan karat dari stainless steel semakin baik.

Stainless steel merupakan baja paduan, dimana terdapat unsur-unsur paduan didalamnya yang mempunyai keunggulan masing-masing, diantaranya sebagai berikut :

1. Penambahan Molibdenum (Mo) bertujuan untuk memperbaiki ketahanan korosi.
2. Penambahan unsur penstabil karbida (titanium dan niobium) bertujuan menekan korosi batas butir pada material yang mengalami proses sensitasi.
3. Penambahan kromium (Cr) bertujuan meningkatkan ketahanan korosi dengan membentuk lapisan oksida dan ketahanan terhadap oksidasi temperatur tinggi.

4. Penambahan nikel (Ni) bertujuan untuk meningkatkan ketahanan korosi dalam media pengkorosi netral atau lemah.

(Gunawan, 2017)

2.6.3 Melamin

Melamin merupakan senyawa polimer yang merupakan gabung monomer formaldehid (formalin) dan fenol. Apabila kedua monomer ini bergabung, maka sifat *toxic* dari formaldehid akan hilang karena telah terlebur menjadi satu senyawa yaitu melamin.

Dalam proses pembuatan melamin harus diperhatikan proses pencampuran antara formaldehid dan fenol. Apabila formaldehid dengan fenol tidak seimbang maka akan terjadi residu yaitu monomer formaldehid dan fenol yang tidak bersenyawa sempurna. Sisa dari monomer formaldehid inilah yang dapat membahayakan kesehatan manusia (DMS Hasibuan, 2018).

2.7 Kincir Air

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 dari ketinggian) dan energi kinetik. Energi dari aliran air ini akan mendorong sudu-sudu kincir sehingga alat ini berputar pada porosnya. Dimana pada porosnya akan dipasang pulli yang akan mentransmisikan putaran ke generator menggunakan sabuk. Selain kincir sebagai pembangkit listrik, alat ini dapat dimodifikasi lagi untuk mengangkat air ke daerah yang lebih tinggi dan menumpahkan ketalang penampung. Selanjutnya air dari talang dialirkan ke daerah-daerah yang membutuhkan.

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 memotong garis-garis medan magnetnya. Gerakan inilah yang menimbulkan gaya gerak listrik (GGL).

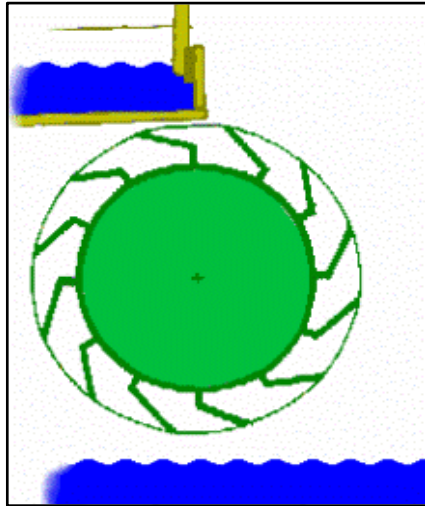
Kincir air juga dapat dibuat dari bahan kayu, plat besi, drum bekas yang dibelah, bekas veleg mobil dan gardannya atau veleg sepeda. Kincir air yang terbuat dari kayu sangat cocok untuk daerah-daerah yang memiliki persediaan kayu, misalnya daerah disekitar hutan ataupun tempat-tempat yang jauh dari lokasi pengelasan. Keuntungan dari kincir yang terbuat dari kayu yaitu biaya pembuatan kincir air dari kayu relatif murah, pembuatannya dapat langsung dilakukan dilokasi pemasangan. Kelemahan kincir ini mudah lapuk, apalagi kalau dibuat dari kayu muda. Jenis kayu yang cocok dibuat kincir ialah kayu ulin atau kayu besi karna kayu jenis ini tidak mudah lapuk walaupun terendam di air. Untuk mengatasi kelemahan dari kincir yang terbuat dari kayu maka dibuat kincir dari bahan drum, dimana lebih sederhana, biaya relatif murah dan mudah dibuat serta bahannya mudah didapatkan. Tapi sayangnya kincir ini tidak bisa diperbesar diameternya karena tergantung pada ukuran drum yang ada. Hal ini tidak sama dengan penggunaan kincir air dari bahan roda sepeda yang diameternya dapat diperbesar dan dimodifikasi untuk mengangkat air. Namun pada skala besar lebih menguntungkan menggunakan garden mobil sebagai bahan kincir. Alasannya, daya yang dihasilkan lebih besar dan kincirnya dapat lebih tahan lama. Kelemahan dari kincir ini membutuhkan biaya yang relatif mahal. Dalam pembuatan kincir dari bekas garden mobil ini pun memerlukan pengelasan sehingga proses pembuatan lebih sulit (Sule, L dkk, 2018).

2.8 Jenis-jenis Kincir Air

Kincir air merupakan sarana untuk merubah energi air menjadi energy mekanik berupa torsi pada poros kincir. Ada beberapa tipe kincir air yaitu :

2.8.1 Kincir Air *Overshot*

Kincir air *overshot* adalah kincir yang akan bekerja bila air yang mengalir jatuh kedalam sudu-sudu bagian atas, dan karena gaya berat air roda kincir berputar pada porosnya. kincir air *overshot* merupakan kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain karena mudah dalam penerapannya dan perawatannya lebih mudah.



Gambar 2.6 Kincir Air *Overshot* (Sule, 2018)

Keuntungan dari kincir air *overshot* adalah:

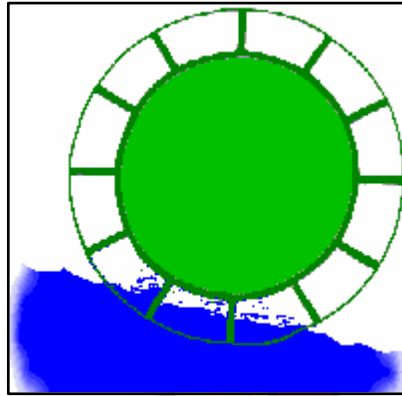
- a. Tidak membutuhkan aliran deras karena gaya berat dari air yang jatuh kedalam sudu yang menyebabkan kincir berputar.
- b. Kontruksi yang sederhana.
- c. Mudah dalam perawatan.
- d. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.
- e. Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%.

Kerugian dari kincir air *overshot* adalah :

- a. Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya dibuatkan resevoir air atau bendungan air.
- b. Tidak dapat diterapkan untuk mesin putaran tinggi.
- c. Membutuhkan ruang yang lebihluas untuk penempatan.
- d. Daya yang dihasilkan relatif kecil.

2.8.2 Kincir Air *Undershot*

Kincir air *undershot* adalah kincir yang bekerja bila aliran air yang mengalir menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir, yang akan menyebabkan kincir berputar pada porosnya. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata karena aliran yang dibutuhkan adalah aliran datar. Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir.



Gambar 2.7 Kincir Air *Undershot* (Sule, 2018)

Keuntungan dari kincir air *undershot* adalah:

- a. Konstruksi lebih sederhana.
- b. Lebih ekonomis
- c. Mudah untuk dipindahkan

Kerugian dari kincir air *undershot* adalah:

- a. Efisiensi kecil
- b. Daya yang dihasilkan relatif kecil karena kincir ini hanya diputar oleh air yang beraliran datar.

2.8.3 Kincir Air *Breastshot*

Kincir air *breastshot* merupakan perpaduan antara tipe *overshot* dan *undershot* ini di lihat dari segi energi yang diterimanya. Jarak tinggi jatuhnya air tidak melebihi diameter kincir. Arah aliran air yang menggerakkan kincir air searah putaran kincir. Kincir air jenis ini akan memperbaiki kinerja dari kincir air *undershot*.



Gambar 2.8 Kincir Air *Breastshot* (Sule, 2018)

Keuntungan dari kincir air tipe *breastshot* adalah :

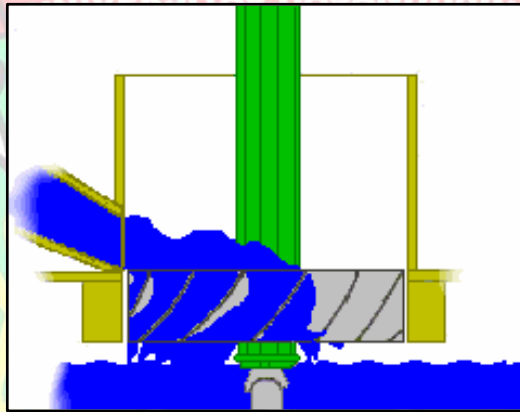
- a. Tipe ini lebih efisien dari tipe *undershot*.
- b. Dibandingkan tipe *overshot* tinggi jatuhnya air lebih pendek.
- c. Dapat diaplikasikan pada sumber air datar.

Kerugian dari kincir air *breastshot* adalah :

- a. Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti pada tipe *undershot*.
- b. Efisiensi lebih besar dari pada tipe *overshot*.

2.8.4 Kincir Air Tub

Kincir air *tub* merupakan kincir air yang kincirnya diletakkan secara horisontal dan sudu-sudunya miring terhadap garis vertikal, dan tipe ini dapat dibuat lebih kecil dari pada tipe *overshot* maupun tipe *undershot*. Karena arah gaya dari pancaran air menyimpang maka, energi yang diterima oleh kincir ini yaitu energi potensial dan energi kinetik.



Gambar 2.9 Kincir Air Tub (Sule, 2018)

Keuntungan dari kincir air *tub* adalah :

- a. Memiliki konstruksi yang dapat dibuat lebih kecil
- b. Kecepatan putarnya lebih cepat.
- c. Dapat menghasilkan daya yang besar karena energi yang diterima adalah energi potensial dan kinetik.

Kerugian dari kincir air *tub* adalah tidak menghasilkan daya yang besar. Karena komponennya lebih kecil membutuhkan tingkat ketelitian yang lebih teliti.

(Sule, 2018)

2.9 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 Arus Searah menghasilkan arus listrik DC karena pada konstruksi dilengkapi dengan komutator, biasanya berfungsi sebagai penguat pada generator utama di bengkel atau industri. Sedangkan Generator Arus Bolak-Balik menghasilkan arus listrik AC, hal ini disebabkan karena konstruksi pada generator menyebabkan arah arus akan berbalik pada setiap setengah putaran (Sunarlik, W, 2011).

2.10 Uji Kekerasan Material

Uji kekerasan adalah Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan melakukan uji keras material dapat dengan mudah digolongkan sebagai material ulet atau getas (Parhusip, H. Maruli, 2020).

Nilai *Hardness Leeb* adalah sebuah fungsi dari kecepatan benda tumbukan saat memantul dari permukaan, dan ini tergantung pada sifat elastis dan kekuatan sampel yang diuji, yang secara digital diukur dan dikonversi ke nomor *Leeb* (Hughes & Howind, 2016).

2.11 Uji Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan merupakan suatu hal yang sangat penting bagi suatu material. Hal ini dikarenakan material yang nantinya akan dijadikan suatu komponen harus memiliki suatu nilai kekasaran tertentu agar dapat sesuai dengan fungsi komponennya. Kekasaran permukaan dari material polimer dan komposit

bisa diuji dengan berbagai cara, mulai dari *Tactile method (Profile measurement)*, *Focus variation (Areal measurement)*, *Fringe Projection (Areal measurement)*, *Confocal Laser scanning microscope (Areal measurement)*, dan beberapa metode lainnya (Prasetyo, 2015).

Prinsip LSCM (*Laser Scanning Confocal Microscopy*) terletak pada pemindaian permukaan secara berurutan pada bidang XY dengan sinar laser yang difokuskan oleh lensa objektif ke titik pada bidang. Cahaya yang dipantulkan kemudian difokuskan pada detektor dan menampilkan gambar ke monitor. Selain pemindaian di bidang XY, lensa objektif secara terkendali bergeser ke arah Z untuk mendapatkan data dari bidang lain. Jumlah bidang sesuai dengan ketinggian sampel. Namun demikian, ukuran langkah dalam arah Z dapat diatur, yang memengaruhi resolusi vertikal. Dengan demikian, kedalaman bidang yang secara teoritis tidak terbatas diperoleh hanya bergantung pada rentang Z dan jumlah bidang yang dipindai. Peta topografi 3D dari permukaan yang dianalisis diperoleh dengan pemrosesan komputer (Tomášťík, dkk, 2012).

2.12 Persamaan Rumus yang Digunakan

Setelah didapatkan parameter-parameter data hasil pengujian yang diinginkan, maka dilakukan analisis untuk mengetahui sebab-sebab yang berpengaruh pada data yang didapatkan. Adapun parameter-parameter yang akan dihitung adalah:

2.12.1 Debit Air (Q)

Debit dapat diartikan sebagai volume air yang mengalir setiap detik (m^3/s), dimana debit air dapat dicari dengan persamaan berikut ini.

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

2.12.2 Debit Air Thompson (Q_{tho})

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

$$Q_{tho} = 0,0186 \times h^{5/2} \quad (2.2)$$

2.12.3 Kecepatan Aliran Air (v)

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.

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

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

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

2.12.5 Daya Turbin

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 :

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

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

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

2.12.6 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 :

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

2.12.7 Efisiensi Turbin Air

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

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