

**SKRIPSI**

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

**OLEH :**

**KEVIN JOHN**

**D021 17 1504**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2021**

SKRIPSI

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

Disusun dan diajukan oleh

KEVIN JOHN  
D021171504

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 6 SUDU PELAT LINGKUNG UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN VARIASI MATERIAL**

**KEVIN JOHN**  
**D021171504**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Hari / Tanggal: Kamis / 25 November 2021

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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


  
**Dr. Rusan 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** : Kevin John

**Nim** : D021171504

**Judul Skripsi** : ANALISIS KINERJA TURBIN AIR ARUS BAWAH 6 SUDU  
LENGKUNG 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, 12 November 2021

Yang membuat pernyataan

A handwritten signature in black ink is written over a green 6000 Rupiah stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'METERAI TEMPEL', 'TGL', '6000', and 'ENAM RIBU RUPIAH'. A unique serial number 'CE3F08AEF666810288' is also visible on the stamp.

**Kevin John**

## **ABSTRAK**

Turbin air merupakan alat yang digunakan untuk mengubah energi potensial air menjadi menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Pengujian ini dilakukan secara eksperimen menggunakan jenis sudu lengkung 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 1,1171 watt, daya listrik yang paling tinggi yaitu 0,0663 watt, dan efisiensi turbin yang paling tinggi secara teori yaitu 51,6895% dan secara eksperimen yaitu 50,1360%

**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 curve 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 1.1171 watts, the highest electrical power is 0.0663 watts, and efficiency the highest turbine theoretically is 51,6895% and experimentally is 50,1360%

**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 dan kasihnyalah yang telah menuntun penulis mampu mengerjakan skripsi ini yang berjudul “ANALISIS KINERJA TURBIN AIR ARUS BAWAH 6 SUDU LENGKUNG 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 Joni Popang dan almarhum ibu Solli Simak Panggalo yang selalu memberikan kasih sayang yang sangat luar biasa sehingga penulis mampu sampai pada titik ini. Semoga Tuhan Yesus Kristus 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 Hafriison Salamba, ST. Ibu Sury, Pak Iwan, dan juga Pak Mansur yang telah banyak membantu
6. Kakak, adik, dan orang yang tidak ingin namanya disebut yang telah menjadi saksi perjuangan penulisan skripsi ini dari awal hingga ketitik ini
7. Anak-anak kontrakan M04 dan Burake Kost yang telah menjadi tempat berbagi suka dan duka dalam kondisi apapun
8. 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

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

<b>SAMPUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Pengertian Turbin Air.....	4
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 .....	6
2.4.1	Turbin Impuls .....	6
2.4.2	Turbin Reaksi .....	8
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 .....	15
2.8	Material Sudu Kincir Air .....	17
2.8.1	Aluminium .....	17
2.8.2	Besi .....	18
2.8.3	Pelastik .....	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.....	22
2.10.7 Kinerja Kincir.....	22
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.2 Alat yang Digunakan .....	23
3.3 Prosedur Pengambilan Data.....	35
3.4 Rancangan Alat.....	38
3.5 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	40
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>41</b>
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 Lampu.....	52
4.1.4 Hubungan Efisiensi Turbin terhadap Putaran.....	58
4.1.5 Karakteristik Permukaan Material Sudu .....	66
4.1.5 Hubungan daya turbin terhadap debit air.....	67
4.2 Pembahasan .....	71
4.2.1 Hubungan Daya Turbin terhadap Putaran .....	71

4.2.2 Hubungan Daya Listrik terhadap Lampu.....	72
4.2.3 Hubungan Efisiensi Turbin terhadap Putaran.....	73
4.2.4 Kekerasan Permukaan Material Sudu.....	74
4.2.5 Hubungan daya turbin terhadap debit air.....	76
4.2.4 Hubungan efisiensi turbin terhadap debit air.....	74
<b>BAB V. PENUTUP .....</b>	<b>78</b>
5.1 Kesimpulan .....	78
5.2 Saran .....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>81</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Hubungan antara daya turbin dengan putaran .....	47
<b>Tabel 4.2</b> Hubungan antara daya listrik dengan putaran .....	53
<b>Tabel 4.3</b> Hubungan antara efisiensi turbin dengan putaran secara eksperimen..	59
<b>Tabel 4.4</b> Hubungan antara efisiensi turbin dengan putaran secara teori .....	60
<b>Tabel 4.5</b> Kekerasan material sudu plasti,aluminium, dan besi .....	67
<b>Tabel 4.6</b> Hubungan daya turbin maksimum terhadap debit air pada variasi pembukaan katup untuk material sudu plastik, aluminium, dan besi...68	
<b>Tabel 4.7</b> Hubungan efisiensi turbin maksimum terhadap debit air pada variasi pembukaan katup untuk material sudu plastik, aluminium, dan besi...70	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Komponen turbin air .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Skema Turbin Air.....	5
<b>Gambar 2.3</b> Skema perubahan Head pada turbin Pelton .....	7
<b>Gambar 2.4</b> Skema Turbin Aliran Ossberger.....	8
<b>Gambar 2.5</b> Turbin Francis tipe horizontal .....	9
<b>Gambar 2.6</b> Turbin Francis tipe vertikal.....	9
<b>Gambar 2.7</b> Skema Turbin Francis dan Headnya .....	10
<b>Gambar 2.8</b> Skema dua jenis Turbin Propeller .....	11
<b>Gambar 2.9</b> Kincir Air Tipe <i>Undershot</i> .....	12
<b>Gambar 2.10</b> Kincir Air Tipe <i>Breastshot</i> .....	13
<b>Gambar 2.11</b> Kincir Air Tipe <i>Overshot</i> .....	13
<b>Gambar 2.12</b> Silent Pole Rotor .....	16
<b>Gambar 2.13</b> Non Silent Pole Rotor .....	17
<b>Gambar 2.14</b> Hasil Penekanan Uji <i>Vicker</i> .....	20
<b>Gambar 3.1</b> Penampung air.....	23
<b>Gambar 3.2</b> Pompa sentrifugal.....	24
<b>Gambar 3.3</b> Katup air.....	25
<b>Gambar 3.4</b> Pipa air .....	25
<b>Gambar 3.5</b> Saluran instalasi .....	26
<b>Gambar 3.6</b> Velg sepeda .....	26
<b>Gambar 3.7</b> Poros turbin air.....	27
<b>Gambar 3.8</b> <i>Timer</i> .....	27
<b>Gambar 3.9</b> Multimeter.....	28
<b>Gambar 3.10</b> Ember .....	28
<b>Gambar 3.11</b> Lampu .....	29
<b>Gambar 3.12</b> Pemberat.....	29
<b>Gambar 3.13</b> Neraca pegas .....	30
<b>Gambar 3.14</b> Generator.....	30

<b>Gambar 3.15</b> Termometer .....	31
<b>Gambar 3.16</b> Kabel dan Jumper.....	31
<b>Gambar 3.17</b> <i>Pully</i> dan <i>belt</i> .....	32
<b>Gambar 3.18</b> <i>Breadboard</i> .....	32
<b>Gambar 3.19</b> Mistar .....	33
<b>Gambar 3.20</b> <i>Hardness Vickers</i> .....	33
<b>Gambar 3.21</b> <i>Roughnes Tester</i> .....	34
<b>Gambar 3.23</b> Instalasi turbin air.....	38
<b>Gambar 3.23</b> Skema rangkaian listrik.....	39
<b>Gambar 3.24</b> <i>Flowchart</i> .....	40
<b>Gambar 4.1</b> Hubungan antara daya turbin dengan putaran pada setiap variasi katup untuk material plastik .....	48
<b>Gambar 4.2</b> Hubungan antara daya turbin dengan putaran pada setiap variasi debit untuk material aluminium.....	49
<b>Gambar 4.3</b> Hubungan antara daya turbin dengan putaran pada setiap variasi debit untuk material besi.....	50
<b>Gambar 4.4</b> Hubungan antara daya turbin pembukaan 100% dengan putaran pada setiap variasi material.....	51
<b>Gambar 4.5</b> Hubungan antara daya listrik dengan jumlah lampu LED pada setiap variasi debit untuk material plastik .....	54
<b>Gambar 4.6</b> Hubungan antara daya listrik dengan jumlah lampu LED pada setiap variasi debit untuk material aluminium.....	55
<b>Gambar 4.7</b> Hubungan antara daya listrik dengan jumlah lampu LED pada setiap variasi debit untuk material besi.....	56
<b>Gambar 4.8</b> Hubungan antara daya listrik debit 100% dengan jumlah lampu LED pada setiap material .....	57
<b>Gambar 4.9</b> Hubungan antara efisiensi turbin dengan putaran pada setiap variasi katup untuk material plastik .....	61
<b>Gambar 4.10</b> Hubungan antara efisiensi turbin dengan putaran pada setiap variasi debit untuk material aluminium.....	62
<b>Gambar 4.11</b> Hubungan antara efisiensi turbin dengan putaran pada setiap variasi debit untuk material besi.....	64

<b>Gambar 4.12</b> Hubungan antara efisiensi turbin pembukaan katup 100% dengan putaran pada setiap variasi material.....	65
<b>Gambar 4.13</b> Hubungan antara daya turbin maksimum terhadap debit air dengan variasi material sudu bentuk sudu lengkung.....	69
<b>Gambar 4.14</b> Hubungan antara efisiensi turbin maksimum terhadap debit air dengan variasi material sudu bentuk sudu lengkung .....	70



## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran A

<b>Tabel A1</b> Tabel Hasil Pengamatan Sudu Lengkung Material Plastik (Daya dan Efisiensi Turbin).....	82
<b>Tabel A2</b> Tabel Hasil Pengamatan Sudu Lengkung Material Plastik (Daya Listrik Turbin).....	83
<b>Tabel A3</b> Tabel Hasil Pengamatan Sudu Sudu Lengkung Material Aluminium (Daya dan Efisiensi Turbin) .....	84
<b>Tabel A4</b> Tabel Hasil Pengamatan Sudu Lengkung Material Aluminium (Daya Listrik Turbin) .....	85
<b>Tabel A5</b> Tabel Hasil Pengamatan Sudu Lengkung Material Besi (Daya dan Efisiensi Turbin).....	86
<b>Tabel A6</b> Tabel Hasil Pengamatan Sudu Sudu Lengkung Material Besi (Daya Listrik Turbin).....	87

### Lampiran B

<b>Tabel B1</b> Tabel Hasil Perhitungan Sudu Lengkung Material Plastik (Secara Teori)88	
<b>Tabel B2</b> Tabel Hasil Perhitungan Sudu Lengkung Material Plastik (Secara Eksperimen) .....	89
<b>Tabel B3</b> Tabel Hasil Perhitungan Sudu Lengkung Material Plastik (Daya Listrik)90	
<b>Tabel B4</b> Tabel Hasil Perhitungan Sudu Lengkung Material Aluminium (Secara Teori).....	91
<b>Tabel B5</b> Tabel Hasil Perhitungan Sudu Lengkung Material Aluminium (Secara Eksperimen) .....	92
<b>Tabel B6</b> Tabel Hasil Perhitungan Sudu Sudu Lengkung Material Aluminium (Daya Listrik) .....	93
<b>Tabel B7</b> Tabel Hasil Perhitungan Sudu Lengkung Material Besi (Secara Teori)84	
<b>Tabel B8</b> Tabel Hasil Perhitungan Sudu Lengkung Material Besi (Secara Eksperimen) .....	95
<b>Tabel B9</b> Tabel Hasil Perhitungan Sudu Lengkung Material Besi (Daya Listrik)96	

**Tabel B10** Sifat fisik air pada 1 atm.....97

**Lampiran C** Dokumentasi pengambilan data.....98

### DAFTAR NOTASI

No	Simbol	Keterangan	Satuan
1	m	Massa	kg
2	n	Putaran	rpm
3	T	Temperatur	°C
4	A	Luas penampang	<b>m<sup>2</sup></b>
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 <sup>3</sup> /s
9	$Q_{tho}$	Debit Thompson (teori)	m <sup>3</sup> /s
10	$\rho$	Densitas air	kg/m <sup>3</sup>
11	V	Volume air	liter
12	v	Kecepatan aliran	m/s
13	g	Percepatan gravitasi	m/s <sup>2</sup>
14	$\tau$	Torsi	Nm
15	$r_k$	Jari-jari <i>pully</i>	m
16	$\omega$	Kecepatan sudut	rad/s
17	Ra	Nilai kekasaran permukaan	$\mu\text{m}$
18	HV	Nilai kekerasan material	kgf/ <b>mm<sup>2</sup></b>
19	V	Tegangan listrik	volt
20	I	Arus listrik	A
21	$P_{air}$	Daya air	watt

22	$P_{\text{turbin}}$	Daya turbin	watt
23	$P_{\text{listrik}}$	Daya listrik	watt
24	$\eta_{\text{turbin}}$	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 termanfaatkan, dimana hanya sekitar 20 % yang dimanfaatkan tersebut digunakan untuk memenuhi 2 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 di lakukan 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 lengkung dengan variasi material
2. Bagaimana daya listrik pada turbin air arus bawah sudu lengkung dengan variasi material
3. Bagaimana efisiensi turbin air arus bawah sudu lengkung 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 lengkung dengan variasi material
2. Menganalisis daya listrik pada turbin air arus bawah sudu lengkung dengan variasi material

3. Menganalisis efisiensi turbin air arus bawah sudu lengkung dengan variasi material

#### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Material sudu yang digunakan yaitu plastik, aluminium, dan besi
2. Menggunakan 4 variasi pembukaan katup yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100%
3. Menggunakan pembebanan 0 kg, 0.2 kg, 0.4 kg, 0.6 kg, 0.8 kg, dan 1 kg untuk mencari efisiensi turbin dan menggunakan pembebanan 5 lampu LED untuk mencari daya listrik
4. Menggunakan 6 jumlah sudu pada turbin air

#### **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**

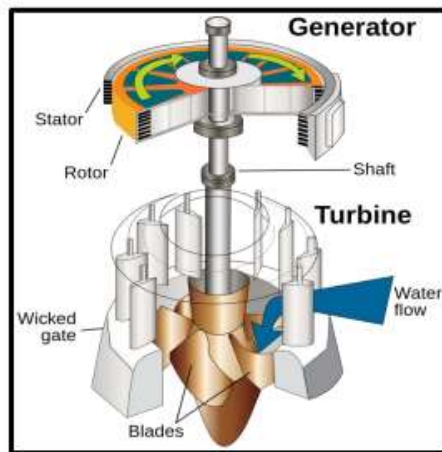
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Turbin Air**

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

Perkembangan waterwheel, pertama kali digunakan oleh orang-orang Yunani dan dipergunakan luas pada abad pertengahan di Eropa. Selanjutnya berangsur-angsur muncul berbagai jenis turbin air seperti turbin pelton yang ditemukan oleh Lester A. Pelton pada abad kesembilan belas dan turbin Kaplan yang ditemukan oleh Viktor Kaplan pada abad kedua puluh (Syahrul dan Agus, 2018).

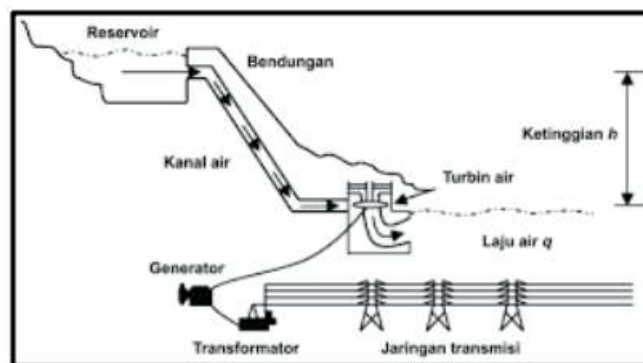
Tenaga air (Hydropower) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu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



**Gambar 2.1** Turbin Air (Sumber :duniaperkembanganlistrik.com)

## 2.2 Prinsip Kerja Turbin Air

Pada roda turbin terdapat sudu yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada suatu gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut (Syahrul dan Agus, 2018)



**Gambar 2.2** Skema Turbin Air (Sumber: duniaperkembanganlistrik)



## 2.3 Komponen Turbin Air

Komponen-komponen dari turbin air antara lain :

2.3.1 Rotor, yaitu bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari:

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

2.3.2 Stator, yaitu bagian yang diam pada sistem yang terdiri dari :

- Pipa pengarah / nozzle yang berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan fluida yang digunakan di dalam sistem besar.
- Rumah turbin, berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen turbin. (Saputra, 2018)

## 2.4 Klasifikasi Turbin Air

Terdapat berbagai jenis turbin air yang digunakan untuk penyediaan kebutuhan energi listrik. Turbin air biasanya dikelompokkan berdasarkan kegunaan tertentu, kapasitas aliran dan tinggi air jatuh. Oleh karena itu turbin air diklasifikasikan berdasarkan beberapa cara, tapi secara umum turbin air dikelompokkan menurut tinggi air jatuh (*Head*) dan juga prinsip kerja turbin tersebut merubah energi air menjadi energi puntir. Berdasarkan klasifikasi ini turbin air dibagi menjadi turbin impuls dan turbin reaksi

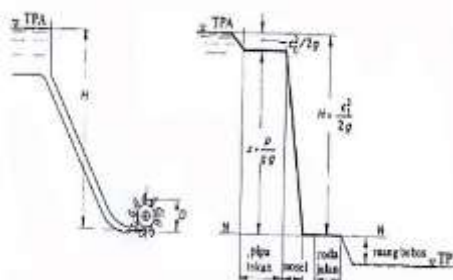
2.4.1 Turbin Impuls

Turbin impuls disebut juga turbin tekanan sama atau turbin pancaran bebas karena aliran air yang keluar dari nosel tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer disekitarnya. Yang dimaksud turbin impuls adalah turbin air yang cara bekerjanya dengan merubah semua

energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan menjadi energi kecepatan dari pancaran air. Pancaran air akan membentur roda jalan turbin yang kemudian membalikkan arus air, sehingga menghasilkan perubahan pada daya dorongan yang disebabkan oleh roda jalan turbin. Pada roda jalan turbin tidak terjadi perubahan tekanan. Sebelum pancaran air membentur roda jalan turbin, tekanan air (energi potensial) dikonversi ke tenaga gerak (energi kinetik) oleh nosel dan dipusatkan pada roda jalan turbin. Yang termasuk turbin impuls antara lain :

a) Turbin Pelton

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

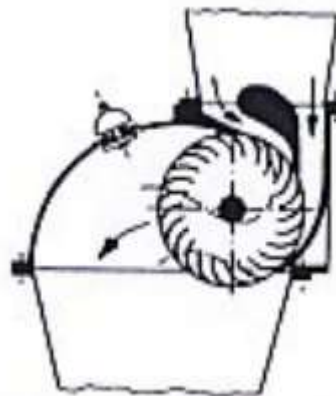


**Gambar 2.3** Skema perubahan Head pada turbin Pelton (Jaya, 2008)

b) Turbin Aliran Ossberger (*Crossflow*)

Turbin aliran Ossberger atau turbin *crossflow* terdiri dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan paralel dan nosel. Pancaran air dialirkan dari nosel melewati sudu-sudu jalan yang berbentuk silinder, pertama-tama pancaran air dari nosel masuk ke turbin dan mengenai sudu-sudu sehingga terjadi konversi energi

kinetic menjadi energi mekanis. Pancaran air masuk turbin melalui bagian atas, memberikan energi ke sudu kemudian masuk ke bagian dalam turbin dan keluar melalui bagian bawah turbin Turbin ini mempunyai 2 (dua) tingkat kecepatan mirip dengan turbin uap. Aliran air yang lewat tingkat ke-2 menghasilkan daya kurang lebih 20% dari daya yang dihasilkan dari tingkat pertama, air tanpa ada kesulitan bisa meninggalkan roda jalan



**Gambar 2.4** Skema Turbin Aliran Ossberger (Jaya, 2008)

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

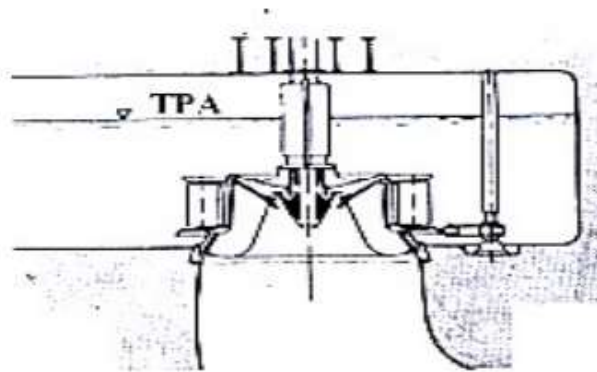
#### 2.4.2 Turbin Reaksi

Berbeda dengan turbin impuls, pada turbin reaksi terjadi perbedaan tekanan aliran air pada sisi masuk dan sisi keluar dari sudu jalan tersebut. Karena perbedaan tekanan kerja yang terjadi pada sisi

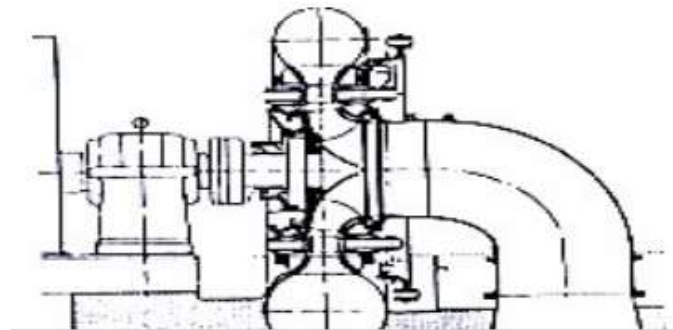
masuk dan sisi keluar dari sudu jalan turbin maka turbin ini disebut turbin reaksi. Turbin air reaksi terdiri dari beberapa tipe, yaitu:

a) Turbin Francis

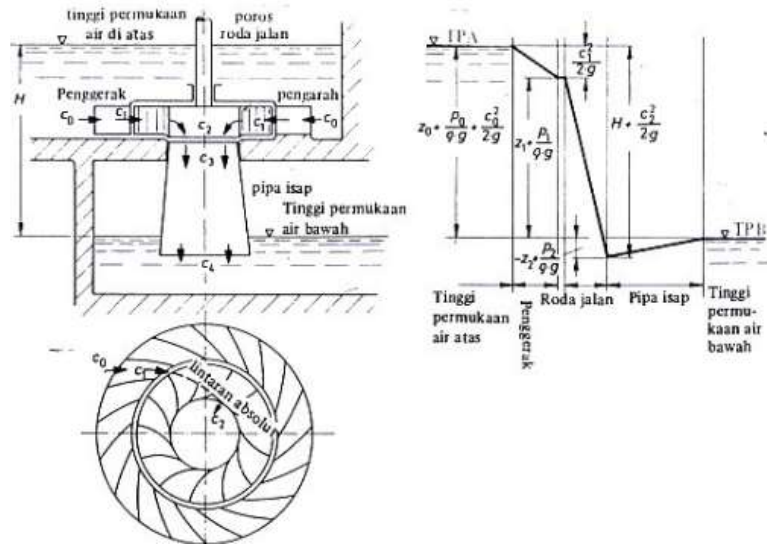
Turbin Francis bekerja dengan memakai proses tekanan lebih. Dengan adanya pipa isap memungkinkan energi tinggi jatuh dapat bekerja disudu jalan dengan semaksimal mungkin



**Gambar 2.5** Turbin Francis tipe horizontal (Jaya, 2008)



**Gambar 2.6** Turbin Francis tipe vertikal (Jaya, 2008)

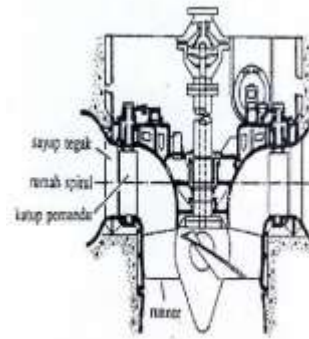


**Gambar 2.7** Skema Turbin Francis dan Headnya (Jaya, 2008)

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

b) Turbin Propeller/ Kaplan

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



**Gambar 2.8** Skema dua jenis Turbin Propeller (Jaya, 2008)

## 2.5 Kincir Air

Kincir air adalah peralatan mekanis berbentuk roda dengan sudu (bucket atau vane) pada sekeliling tepi tepinya yang diletakkan pada poros horizontal. Kincir air memanfaatkan selisih ketinggian alamiah dari permukaan sungai kecil. Air yang masuk ke dalam dan keluar kincir tidak mempunyai tekanan lebih (over pressure), hanya tekanan atmosfer saja. Air itu menerjang sudu dari sebuah roda, yang kebanyakan langsung dihubungkan dengan sebuah mesin. Kincir air dapat diklasifikasikan berdasarkan sistem aliran airnya, yaitu: kincir air overshot, kincir air undershot, kincir air breastshot dan kincir air tub.

Kincir air digerakkan oleh tenaga aliran air yang beraliran deras yang menyebabkan terdorongnya sudu-sudu kincir sehingga kincir berputar pada porosnya, yang kemudian pada poros kincir dipasang pulli. Dimana putaran dari pulli akan diteruskan ke generator menggunakan sabuk. Putaran tersebut akan memutar kumparan dari generator yang akan 9 memotong garis-garis medan magnetnya. Gerakan inilah yang menimbulkan gaya gerak listrik (GGL).

Sampai saat sekarang, penggunaan kincir air masih banyak ditemui karena sifat-sifatnya yang ana, serta mudah dan murah dalam pembuatan dan perawatannya. Walaupun mempunyai banyak kekurangan dibandingkan dengan turbin air, teknologinya yang sangat sederhana ini cocok digunakan didaerah

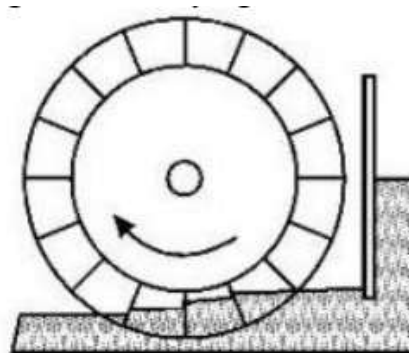
pedesaan yang terpencil, asalkan daerah tersebut memiliki potensi sumber tenaga air yang cukup terjamin. (Yohanes Morong, 2016)

## 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*

Kincir Air Undershot Kincir air ini bekerja bila air yang mengalir menghantam sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Kincir air ini tidak mendapat keuntungan dari head. Tipe ini cocok untuk di pasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini juga di sebut “vitruvian”. Di sini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir



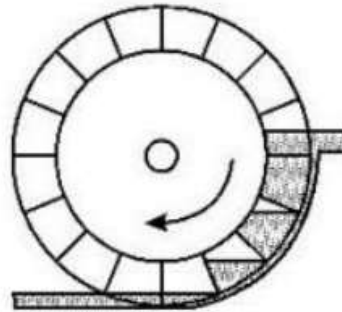
**Undershot**

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

### 2.6.2 *Breastshot*

Kincir Air BreastShot Kincir ini merupakan perpaduan antara overshot dengan undershot di lihat dari energi yang di terimanya. Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi tinggi diameter kincir, arah aliran air yang

menggerakkan kincir air di sekitar sumbu poros dari kincir air. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari type kincir air undershot

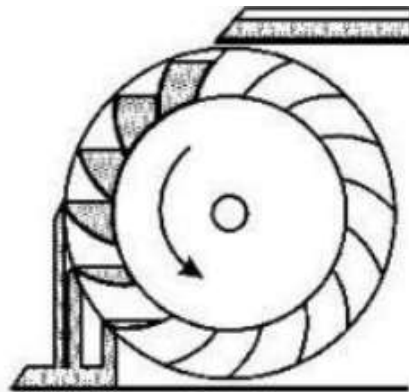


**Breastshot**

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

### 2.6.3 *Overshot*

Kincir Air Overshot ini bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudu-sudu bagian atas dan karena gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air ini yang paling banyak di gunakan di banding kincir lain.



**Overshot**

**Gambar 2.11** Kincir Air Tipe *Overshot* (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  $1 \text{ volt} = 1 \text{ joule/coulomb} = 1 \text{ J/C}$ .

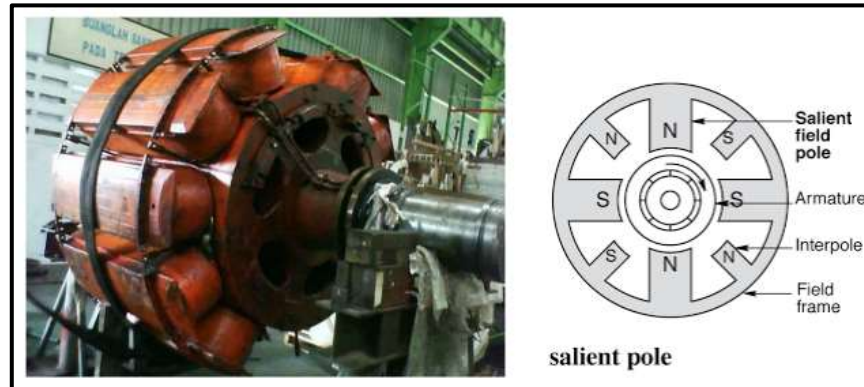
Daya dinyatakan dengan simbol  $p$ , didefinisikan sebagai laju perubahan energi Satuan daya adalah watt, dengan singkatan W. (Sudirham, 2002)

### **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 2.12** Silent 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 2.13** 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 Aluminium

Aluminium murni adalah logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan hingga abu-abu, tergantung kekasaran permukaannya. Kekuatan tarik Aluminium murni adalah 90 MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tarik berkisar hingga 600 MPa. Aluminium memiliki berat sekitar satu

pertiga baja, mudah ditebuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik (drawing), dan diekstrusi. Resistansi terhadap korosi terjadi akibat fenomena pasivasi, yaitu terbentuknya lapisan Aluminium Oksida ketika Aluminium terpapar dengan udara bebas. Lapisan Aluminium Oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Aluminium paduan dengan tembaga kurang tahan terhadap korosi akibat reaksi galvanik dengan paduan Tembaga. Dalam keadaan murni aluminium terlalu lunak, terutama kekuatannya sangat rendah untuk dapat dipergunakan pada berbagai keperluan teknik. Dengan pepaduan ini dapat diperbaiki tetapi seringkali sifat tahan korosinya berkurang, demikian juga keuletannya.

#### 2.8.2 Besi

Besi adalah paduan besi-karbon disamping mengandung unsur tambahan antara lain silikon (Si), mangan (Mn), fosfor (P) dan belerang (S). Struktur mikro dari besi cor terdiri dari ferit atau perlit serta serpihan karbon bebas. Kadar karbon dan silikon didalam besi cor akan 15 mempengaruhi struktur mikro, sementara ukuran serta bentuk dari karbon bebas dan keadaan struktur dasar akan berubah sesuai dengan mutu dan kuantitasnya. Disamping itu, ketebalan dan laju pendinginan mempengaruhi struktur mikronya. Besi cor dapat digolongkan menjadi enam macam yaitu : besi cor kelabu, besi cor kelas tinggi, besi kelabu paduan, besi cor bergrafit bulat, besi cor yang dapat ditempa dan besi cor. (Bayuseno, 2010)

#### 2.8.3 Pelastik

Secara garis besar, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu : plastik thermoplast dan plastik termoset. 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), PC dll. Sedangkan plastik termoset adalah plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena bangun polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi. Yang termasuk plastic termoset adalah : PU (Poly Urethane), UF (Urea Formaldehyde), MF (Melamine Formaldehyde), polyester, epoksi dll. (Mujiarto, 2005)

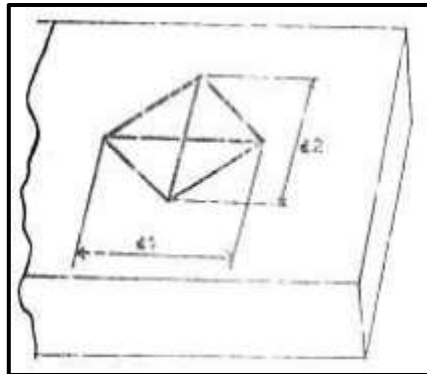
## **2.9 Uji Kekerasan Material**

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 (indentor) yang membentuk berkasnya (indentasi) pada benda uji

Metode Vickers merupakan penekanan oleh suatu gaya tekan tertentu oleh sebuah indentor berupa pyramid diamond terbalik dengan sudut puncak  $136^\circ$  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 2.14** Hasil Penekanan Uji *Vickers* (I Dewa Gede Ary Subagia, ST., MT., 2015)

**2.10 Persamaan Rumus yang Digunakan**

2.10.1 Debit Air

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

$$Q = \frac{v}{t} \dots \dots \dots (2.1)$$

2.10.2 Debit Air Thomson

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

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

### 2.10.3 Kecepatan Aliran

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

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

### 2.10.4 Daya Air

Daya air (N<sub>A</sub>) 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 :

$$N_A = \frac{1}{2} \times \rho \times a \times v^3 \dots \dots \dots (2.4)$$

- Dimana :
- N<sub>A</sub> = Daya Fluida (Watt)
  - ρ = Massa Jenis Air (kg/m<sup>3</sup>)
  - v = Kecepatan Aliran (m/s)
  - a = L × (h-y)
  - L = Lebar sudu (m)
  - h = Tinggi aliran dalam saluran (m)
  - y = jarak sudu dengan dasar saluran (m)

### 2.10.6 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 :

$$P_{kincir} = \tau \times \omega \quad (2.5)$$

$$P_{kincir} = F \cdot r_k \times 2\pi n/60 \quad (2.6)$$



$$P_{\text{kincir}} = (m \cdot g) \cdot r_k \times 2\pi n / 60 \quad (2.7)$$

#### 2.10.7 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 :

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

#### 2.10.8 Kinerja Kincir Air

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

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