

**SKRIPSI**

**ANALISIS TEORI DAN EKSPERIMEN KARAKTERISTIK  
TURBIN AIR ARUS ATAS SEMBILAN SUDU DENGAN  
VARIASI DEBIT AIR**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**Muh Vhiyusan T**

**D021 20 1022**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**SULAWESI SELATAN**

**GOWA**

**2024**



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****ANALISIS TEORI DAN EKSPERIMEN KARAKTERISTIK TURBIN AIR  
ARUS ATAS SEMBILAN SUDU DENGAN VARIASI DEBIT AIR**

Disusun dan diajukan oleh:

**Muh Vhiyusan T**

**D021 20 1022**

Telah dipertahankan di hadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 6 agustus 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,



**Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT**  
NIP. 19560827198503 1 001

Pembimbing Pendamping,



**Gerard Antonini Duma, ST., MT**  
NIP. 19920226201903 1 009

Ketua Program Studi,



**Dr. Ir. Muhammad Syahid, ST., MT**  
NIP. 19770707 200511 1 001



## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muh Vhiyusan T  
NIM : D021201022  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jenjang : S-1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

“Analisis Teori dan Eksperimen Karakteristik Turbin Air Arus Atas Sembilan Sudu Dengan Variasi Debit Air”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala risiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasikan oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari dosen pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa , 06 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan



Muh Vhiyusan T



## ABSTRAK

**MUH VHIYUSAN T**, *Analisis Teori dan Eksperimen Karakteristik Turbin Air Arus Atas Sembilan Sudu Dengan Varisi Debit Air* (dibimbing oleh Luther Sule da Gerard Antionini Duma)

Air merupakan salah satu unsur terpenting bagi kehidupan makhluk hidup yang dipermukaan bumi dengan begitu banyak hal yang dapat disediakan khususnya bagi manusia untuk dapat memenuhi kebutuhan sehari-hari. Energi air dapat dimanfaatkan sebagai energi pembangkit listrik. Caranya dengan mengubah energi potensial dan energi mekanik, diubah menjadi energi kinetik dan kemudian menjadi energi listrik. Berdasarkan hasil pengolahan data, setiap bukaan katup menghasilkan daya turbin tertinggi yang berbeda-beda. Daya turbin tertinggi diperoleh pada saat debit  $0,0009 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan beban 1 kg pada putaran 92 rpm yaitu 4,251 watt. Sedangkan daya turbin terendah diperoleh pada debit  $0,00057 \text{ m}^3/\text{s}$  dibuka dengan beban 1,2 kg pada putaran 0 rpm yaitu 0 watt. Besarnya daya turbin dipengaruhi oleh besar putaran dan beban yang diberikan, dimana beban dan putaran mempunyai korelasi negatif (jika beban semakin besar maka putaran semakin kecil, atau sebaliknya) sehingga pada suatu titik tertentu (titik puncak ) besarnya beban dan putaran akan optimal untuk menghasilkan daya turbin yang paling tinggi. Selain itu, debit juga dapat mempengaruhi daya turbin yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian tersebut ditemukan bahwa hubungan antara debit dengan daya turbin berbanding lurus, dimana semakin tinggi nilai debit yang diberikan maka semakin tinggi pula daya turbin yang dihasilkan.

Kata kunci : turbin air, *overshot*, debit, fluida, sudu.



## ABSTRACT

**MUH VHIYUSAN T**, *Theoretical and Experimental Analysis of Characteristics of Nine-bladed Up-current Water Turbine with Variable Water Discharge* (Supervised by Luther Sule and Gerard Antionini Duma)

*Water is one of the most important elements for the life of living creatures on the surface of the earth with so many things that can be provided, especially for humans, to meet their daily needs. Water energy can be used as electricity generation energy. This is done by changing potential energy and mechanical energy, converted into kinetic energy and then into electrical energy. Based on the results of data processing, each valve opening produces a different highest turbine power. The highest turbine power was obtained at a discharge of  $0.0009 \text{ m}^3/\text{s}$  with a load of 1 kg at 92 rpm, namely 4.251 watts. Meanwhile, the lowest turbine power was obtained at a discharge of  $0.00057 \text{ m}^3/\text{s}$  opened with a load of 1.2 kg at 0 rpm, namely 0 watts. The amount of turbine power is influenced by the size of the rotation and the load applied, where the load and rotation have a negative correlation (if the load is greater then the rotation is smaller, or vice versa) so that at a certain point (peak point) the amount of load and rotation will be optimal to produce power. tallest turbine. Apart from that, discharge can also affect the turbine power produced. Based on this research, it was found that the relationship between discharge and turbine power is directly proportional, where the higher the discharge value given, the higher the turbine power produced.*

*Key words: water turbine, overshoot, discharge, fluid, blade.*





## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa kita panjatkan ke-hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Analisis Teori dan Ekperimen Karakteristik Turbin Air Arus Atas Sembilan Sudu Dengan Varias Debit**” yang mana merupakan salah satu syarat untuk menmperoleh gelar sarjana teknik pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Selama proses pengerjaan skripsi ini penulis menerima begitu banyak bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta ayah Tazaruddin Fasate saya persembahkan skripsi ini kepada beliau yang selalu mensupport saya selama membuat skripsi ini dan Ibu Susanti Dahlan terimakasih tak terhingga atas limpahan kasih sayang, doa yang tidak pernah putus, selalu memberi semangat agar kuliah saya bisa cepat selesai
2. Bapak Dr. Ir.Muhammad Syahid, ST., MT selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dan kemudahan yang diberikan selama proses perkuliahan hingga selesainya skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT dan Gerard Antonini Duma, ST., MT. sebagai Dosen Pembimbing pertama dan kedua saya yang telah sabar membimbing, memberikan waktu, arahan, dan saran selama proses pengerjaan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, M.T. dan Prof. Dr. Ir. Rustan Tarakka, ST., MT. selaku penguji I dan penguji II yang telah memberikan saran dan arahan dari awal hingga selesai selesainya proses skripsi ini.

~ pak/Ibu dosen Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin yang ah memberikan ilmu, nasehat dan pengalaman selama menempuh studi di nia perkuliahanKakak Adam yang telah membantu saya dan memberi han selama pengambilan data.



6. Teman saya Kaleb adriel tioho, Keyear Kondorura , dan fadhila ahmad yang senantiasa membantu di penelitian saya.
7. Teman - teman Teknik Mesin angkatan 2020/ZTATOR 2020 yang senantiasa membantu, mendukung, dan berjuang bersama sejak mahasiswa baru hingga saat ini.
8. Serta seluruh pihak yang telah membantu yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna walaupun telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Apabila terdapat kesalahan-kesalahan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis dan bukan para pemberi bantuan. Kritik dan saran yang membangun akan lebih menyempurnakan skripsi ini.



## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1    Latar Belakang .....	1
I.2    Rumusan Masalah .....	3
I.3    Tujuan Penelitian.....	3
I.4    Manfaat Penelitian.....	4
I.5    Batasan Masalah.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
II.1    Turbin Air.....	5
II.2    Prinsip Kerja Turbin Air.....	5
II.3    Jenis-jenis Turbin .....	6
II.3 .1    Turbin Impuls.....	6
.2    Turbin Reaksi .....	8
Sudu Turbin.....	10





II.5	Komponen Utama Turbin Air .....	10
II.5 .1	Rotor.....	11
II.5 .2	Stator .....	11
II.6	Kincir air.....	11
II.7	Jenis jenis kincir air .....	14
II.7.1	Kincir Air <i>Overshot</i> .....	14
II.7.1	Kincir Air <i>Undershot</i> .....	15
II.7.2	Kincir Air <i>Breastshot</i> .....	16
II.7.3	Kincir Air Tub.....	16
II.8	Hukum Bernouli .....	17
II.9	Persamaan Rumus yang digunakan .....	19
1.	Debit Air .....	19
2.	Debit Air Thompson ( Q).....	20
3.	Kecepatan Aliran Air (v) .....	20
4.	Daya Air ( $P_{air}$ ).....	20
5.	Daya Turbin .....	21
6.	Efisiensi Turbin Air .....	21
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
III.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	22
III.2	Objek Penelitian .....	22
III.3	Alat dan Bahan .....	22
III.3.1	Alat.....	22
III.3.2	Bahan.....	26
	Tahap Penelitian .....	27
	Prosedur Pengambilan Data .....	28



III.6	Spesifikasi Turbin.....	29
III.7	Rancangan Turbin .....	29
III.8	Flow Chart Penelitian.....	35
<b>BAB IV</b>	.....	<b>36</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	.....	<b>36</b>
IV.1	Hasil .....	36
IV.1.1	Contoh Perhitungan Eksperimen .....	36
IV.1.2	Contoh Perhitungan Secara Toritis .....	40
IV.1.3	Contoh Perhitungan Segitiga Kecepatan.....	44
IV.1.4	Hubungan antara beban (kg) dengan putaran turbin (RPM).....	46
IV.1.6	Hubungan antara beban (kg) dengan daya turbin (watt).....	49
IV.1.7	Hubungan antara beban (kg) dengan efisiensi (%) secara eksperimen 50	
IV.1.8	Hubungan antara debit ( $m^3/s$ ) dengan putaran (RPM).....	52
IV.1.9	Hubungan antara debit ( $m^3/s$ ) dengan daya turbin (watt) .....	53
IV.1.10	Hubungan antara debit ( $m^3/s$ ) dengan efisiensi (%).....	54
IV.1.11	Hubungan antara beban (kg) dengan daya turbin (Watt) secara Teori 56	
IV.1.12	Hubungan antara beban (kg) dengan efisiensi (%) secara Teori .	57
IV.2	Pembahasan.....	59
IV.2.1	Hubungan antara beban (kg) dengan Putaran turbin (RPM).....	59
IV.2.2	Hubungan debit ( $m^3/s$ ) dengan kecepatan Sudut turbin (w) .....	60
IV.2.3	Hubungan antara beban (kg) dengan daya turbin (watt) secara eksperimen .....	61
IV.2.4	Hubungan antara beban (kg) dengan efisiensi (n) secara eksperimen 62	



IV.2.5	Hubungan antara debit ( $m^3/s$ ) dengan putaran (RPM).....	63
IV.2.6	Hubungan antara debit ( $m^3/s$ ) dengan daya turbin (watt) .....	64
IV.2.7	Hubungan antara debit ( $m^3/s$ ) dengan efisiensi (%).....	65
IV.2.8	Hubungan antara beban (kg) dengan daya turbin (watt) secara teori 66	
IV.2.9	Hubungan antara beban (kg) dengan efisiensi ( $\eta$ ) secara eksperimen 67	
IV.2.10	Perbandingan hasil penelitian.....	68
<b>BAB V</b>	.....	<b>70</b>
<b>PENUTUP</b>	.....	<b>70</b>
V.1	Kesimpulan.....	70
V.2	Saran.....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>72</b>
<b>LAMPIRAN</b>	.....	<b>75</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Turbin Pelton .....	7
<b>Gambar 2. 2</b> Skema Turbin Aliran Ossberger .....	8
<b>Gambar 2.3:</b> Gambar 2. 3 Turbin Francis tipe horizontal .....	8
<b>Gambar 2. 4</b> Turbin Francis tipe vertical.....	9
<b>Gambar 2. 5</b> Skema Turbin Francis dan Headnya.....	9
<b>Gambar 2. 6</b> Skema dua jenis Turbin Propeller, poros vertikal (kiri) dan poros horizontal (kanan) .....	10
<b>Gambar 2. 7</b> Komponen Turbin.....	11
<b>Gambar 2. 8</b> Kincir Air Overshot .....	14
<b>Gambar 2. 9</b> Kincir Air Undershot .....	15
<b>Gambar 2. 10</b> Kincir Air Breastshot.....	16
<b>Gambar 2. 11</b> Kincir Air Tub .....	17
<b>Gambar 2. 12</b> Eksperimen Fluida Bernoulli .....	18
<b>Gambar 3. 1</b> Mesin Las .....	23
<b>Gambar 3. 2</b> Gergaji Besi .....	23
<b>Gambar 3. 3</b> Meteran .....	23
<b>Gambar 3. 4</b> Bearing.....	24
<b>Gambar 3. 5</b> Tachometer Digital .....	24
<b>Gambar 3. 6</b> Timer.....	24
<b>Gambar 3. 7</b> Neraca Pegas.....	25
<b>Gambar 3. 8</b> Pulley .....	25
<b>Gambar 3. 9</b> Tali pramuka.....	25
<b>Gambar 3. 10</b> Katup .....	26
<b>Gambar 3. 11</b> Pipa PVC .....	26
<b>Gambar 3. 12</b> Talang Air.....	26
<b>Gambar 3. 13</b> Pemberat .....	27
<b>Gambar 3. 14</b> sambungan pipa .....	27
<b>3. 15</b> Drum air 200 liter .....	27
<b>3. 16</b> Gambar 3D Alat.....	30
<b>3. 17</b> Desain 9 Sudu .....	30



<b>Gambar 3. 18</b> Desain 9 Sudu .....	30
<b>Gambar 3. 19</b> Skema Dasar Alat .....	31
<b>Gambar 3. 20</b> Skema Pembukaan Katup 60% .....	32
<b>Gambar 3. 21</b> Skema Pembukaan Katup 70% .....	32
<b>Gambar 3. 22</b> Skema Pembukaan Katup 80% .....	33
<b>Gambar 3. 23</b> Skema Pembukaan Katup 90% .....	33
<b>Gambar 3. 24</b> Skema Pembukaan Katup 100% .....	34
<b>Gambar 4. 1</b> Vektor segitiga kecepatan turbin air arus atas .....	44
<b>Gambar 4. 2</b> Hubungan antara beban dengan putaran turbin untuk variasi debit .....	47
<b>Gambar 4. 3</b> Hubungan antara beban dengan kecepatan sudut turbin untuk variasi debit.....	48
<b>Gambar 4. 4</b> Hubungan antara efisiensi dengan beban pada setiap debit.....	50
<b>Gambar 4. 5</b> Hubungan antara efisiensi secara eksperimen dengan beban pada setiap debit .....	51
<b>Gambar 4. 6</b> Hubungan antara debit dengan putaran pada setiap debit .....	53
<b>Gambar 4. 7</b> Hubungan antara debit dengan daya turbin pada setiap debit .....	54
<b>Gambar 4. 8</b> Hubungan antara debit dengan efisiensi pada setiap pembukaan katup.....	55
<b>Gambar 4. 9</b> Hubungan antara daya turbin secara teori dengan beban pada setiap debit.....	57
<b>Gambar 4. 10</b> Hubungan antara efisiensi secara teori dengan beban pada setiap debit.....	58



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3. 1</b> Spesifikasi Turbin .....	29
<b>Tabel 4. 1</b> Hubungan antara beban dengan putaran turbin untuk variasi debit .....	47
<b>Tabel 4. 2</b> Hubungan antara beban dengan sudut turbin untuk variasi debit.....	48
<b>Tabel 4. 3</b> Hubungan antara daya turbin dengan beban .....	49
<b>Tabel 4. 4</b> Hubungan antara efisiensi dengan debit air .....	51
<b>Tabel 4. 5</b> Hubungan antara debit dengan putaran .....	52
<b>Tabel 4. 6</b> Hubungan antara debit dengan daya turbin .....	54
<b>Tabel 4. 7</b> Hubungan antara debit dengan efisiensi.....	55
<b>Tabel 4. 8</b> Hubungan antara beban dengan daya turbin secara teori .....	56
<b>Tabel 4. 9</b> Hubungan antara efisiensi dengan debit air .....	58





### DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

No	Simbol	Keterangan	Satuan
1	Q	Debit Air	m <sup>3</sup> /s
2	v	Kecepatan Aliran Air	m/s
3	A	Luas	m <sup>2</sup>
4	t	Waktu Tempuh	s
5	Pair	Daya Air yang Dihasilkan	W
6	$\rho$	Massa Jenis Air	kg/m <sup>3</sup>
7	$\tau$	Torsi	Nm
8	F	Gaya	N
9	r	Jari-Jari Pembebanan	m
10	m	Massa	kg
11	g	Gravitasi Bumi	m/s <sup>2</sup>
12	$\omega$	Kecepatan Sudut	rad/s
13	n	Sudutan	rpm
14	Pturbin	Daya Turbin yang Dihasilkan	W
15	$\eta$	Efisiensi Turbin	%



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Tabel hasil pengamatan pengujian turbin air arus atas .....	76
<b>Lampiran 2</b> Tabel hasil perhitungan secara eksperimen pengujian turbin air arus atas.....	79
<b>Lampiran 3</b> Tabel hasil perhitungan teori pengujian turbin air arus atas .....	82
<b>Lampiran 4</b> Tabel hasil perhitungan secara teori pengujian turbin air arus atas	85
<b>Lampiran 5</b> Tabel Densitas Air Berdasarkan Temperatur (Pell & Dunson, 1997) .....	88



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### I.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 (Irwansyah, 2017).

Secara nasional, ketersediaan air di Indonesia mencapai 694 milyar meter kubik per tahun. Jumlah ini pada dasarnya adalah potensi yang dapat dimanfaatkan, namun faktanya saat ini baru sekitar 23 % yang sudah dimanfaatkan, dimana hanya sekitar 20 % yang dimanfaatkan tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku rumah tangga, kota dan industri, 80 % lainnya dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi (Budiarso, 2020).

Energi air dapat dimanfaatkan sebagai energi pembangkit listrik. Hal ini dilakukan dengan merubah energi potensial dan energi mekanik, diubah menjadi energi kinetik dan selanjutnya menjadi energi listrik (Debby, 2021).

Salah satu contoh penerapan energi air adalah Turbin air *overshot*. Kincir air *overshot* bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudu-sudu sisi bagian atas, dan karena gaya berat air roda kincir bersudut. Kincir air *overshot* adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain (Budi Hartadi dan Yassyir Maulana, 2017).

Meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk, maka kebutuhan akan energi listrik di Indonesia juga meningkat. Karena kesalahan perencanaan di masa lalu, kebutuhan energi listrik meningkat jauh lebih pesat dibanding yang bisa disediakan oleh PT. PLN. Akibatnya, terjadi pemadaman bergilir dimana-mana. Padahal hampir setengah daerah di Indonesia belum mendapatkan kesempatan mendapatkan listrik. Krisis energi adalah masalah yang sangat

besar di Indonesia, termasuk didalamnya ialah masalah energi listrik. Hal ini menjadi kurangnya pemanfaatan sumber daya penghasil energi listrik itu sendiri. Energi listrik merupakan energi yang sangat diperlukan bagi manusia



modern. Tidak bisa dibayangkan apa yang akan terjadi listrik tiba-tiba padam. Semua kegiatan yang ada bisa terhenti seketika (Fe'I, 2016)

Kebutuhan energi dewasa ini semakin meningkat seiring dengan bertambahnya pertumbuhan jumlah penduduk. Namun, pertumbuhan jumlah penduduk dunia tidak disertai dengan ketersediaan pemenuhan energi yang memadai. Hal ini pada akhirnya menyebabkan terjadinya kelangkaan sumber energi. Salah satu upaya untuk mengatasi kelangkaan energi adalah mencari sumber-sumber energi yang baru dan terbarukan yang dapat menggantikan sumber energi minyak bumi yang keberadaannya semakin langka. Selain energi yang berasal dari minyak bumi, kelangkaan juga terjadi pada pemenuhan energi listrik dunia (Kusnadi, 2018)

Energi air merupakan sumber energi terbarukan yang memiliki potensi yang sangat besar di Indonesia. Salah satu potensi sumber energi air yang dapat dimanfaatkan adalah pada saluran air pendingin Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). PLTU Paiton merupakan salah satu PLTU yang dioperasikan oleh anak perusahaan PT PLN (Persero) (Priandika, 2024).

Turbin memiliki komponen-komponen utama yang harus tahan dari air dan korosi, tahan dari proses kerja turbin itu sendiri dalam menghasilkan tenaga listrik sesuai daya rencana output generator yang dikeluarkan. Guna memenuhi kebutuhan tersebut, maka dibuat desain turbin yang mendukung untuk keluaran daya rencana keluaran generator (Pranata, 2023).

Dari penelitian sebelumnya mengenai Pengaruh debit Air Terhadap Kinerja Kincir Air dikatakan bahwa Debit air sangat mempengaruhi kinerja dari pada kincir, apabila debit aliran air besar, maka daya dan efisiensi yang di hasilkan juga besar, apabila debit aliran air kecil, maka daya dan efisiensi yang di hasilkan juga akan kecil. Sehingga kesimpulan dari penelitian tersebut didapatkan bahwa dengan debit  $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$  dihasilkan efisiensi kincir sebesar 17.2%. debit  $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$  dihasilkan efisiensi kincir sebesar 14.7% dan debit  $1,6$

hasilkan efisiensi kincir sebesar 13.9% (Rahman, 2018).

nurut penilitan sebelumnya dari penelitian Amal mengenai Sistem kuran Aliran Air Terhadap Sudutan Turbin Pada PLTMH dikatakan



bahwa Debit Air sangat berpengaruh pada kecepatan sudutan turbin karena dapat dibuktikan dengan semakin meningkatnya debit air maka sudutan yang dihasilkan juga semakin besar. Sensor YF-B6 cukup baik dalam pengukuran debit air, sehingga hasil debit air yang diukur menampilkan pengukuran yang hampir akurat. Sehingga kesimpulan dari penelitian ini bahwa pada daya 9 liter/s didapatkan tegangan generator dengan beban lampu sebesar 26,4 watt, pada daya 12 liter/s didapatkan tegangan generator dengan beban lampu sebesar 30,08 watt, dan daya 14 liter/s didapatkan tegangan generator dengan beban lampu sebesar 37,44 watt (Amal, 2023)

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai Pengaruh Besar Sudut Kelengkungan Terhadap Unjuk Kerja Kincir Air Tipe Sudu Lengkung *Overshot* dikatakan bahwa Daya poros tertinggi terdapat pada kincir dengan sudut kelengkungan sudu  $15^\circ$  dengan debit  $10 \text{ m}^3/\text{jam}$  Yakni sebesar 0,20 Watt. Jadi Semakin besar sudut Kelengkungan dan debit air maka daya poros semakin meningkat pula. Sedangkan daya air terbesar terdapat pada kincir pada ketiga setiap variasi sudut pada Kincir air dengan debit  $10 \text{ m}^3/\text{jam}$  yakni sebesar 1,19 Watt (Abidin, 2014)

Maka dari latar belakang inilah yang mendasari penulis melakukan penelitian dengan judul “**Analisis Teori dan Ekperimen Karakteristik Turbin Air Arus Atas Sembilan Sudu Dengan Varias Debit ”**

## I.2 Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanan menganalisis daya turbin air sembilan sudu dengan variasi debit air?
2. Bagaimana menganalisa efisiensi turbin air sembilan sudu variasi debit air?
3. Bagaimana menentukan kinerja terbaik turbin air sembilan sudu variasi debit air?



### n Penelitian

dapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis daya turbin air sembilan sudu dengan variasi debit aliran.
2. Untuk menganalisa efisiensi turbin air sembilan sudu variasi debit aliran.
3. Untuk menentukan kinerja terbaik turbin air sembilan sudu variasi debit aliran.

#### **I.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa
  - a. Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana di Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. Bagi Akademik
  - a. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya dilingkup Departemen Teknik Mesin
  - b. Merupakan pustaka tambahan untuk menunjang proses perkuliahan.

#### **I.5 Batasan Masalah**

Untuk memudahkan pelaksanaan penelitian sehingga tujuan dari penelitian dapat dicapai, perlu adanya batasan masalah, yaitu:

1. Material sudu yang digunakan yaitu material pipa PVC.
2. Menggunakan variasi debit 1 ( $0,00057 \text{ m}^3/\text{s}$ ), debit 2 ( $0,00061 \text{ m}^3/\text{s}$ ), debit 3 ( $0,00073 \text{ m}^3/\text{s}$ ), debit 4 ( $0,00081 \text{ m}^3/\text{s}$ ), dan debit 5 ( $0,0009 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
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; 1 kg; 1,1 kg; dan 1,2 kg.
4. Menggunakan Head yang kostan.
5. Poros yang digunakan horizontal





## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### II.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 (Haurissa, 2022)

Turbin air kecil untuk pemasangan di jaringan pipa diklasifikasikan menjadi poros vertikal dan poros horizontal menurut putarannya. Turbin poros vertikal memiliki keunggulan beroperasi secara independen dari arah aliran masuk dan mencapai efisiensi yang lebih tinggi pada kecepatan yang lebih rendah. Berdasarkan gaya penggerakannya, turbin poros vertikal berbasis gaya hambat atau gaya angkat. Turbin air telah dipelajari, diselidiki, dan diperkenalkan melalui berbagai proyek penelitian. (Lahamornchaiyakul, W dkk, 2023)

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 (Haurissa, 2022)

#### II.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 bersudut dan pada sudu akan ada suatu gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena

rubahan pembukaan dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudunya. hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan ikaan pada fluida kerja air tersebut (Sahbana, 2019)



## II.3 Jenis-jenis Turbin

Pada umumnya turbin air dapat diklasifikasi menjadi 2 jenis dilihat dari cara kerja turbin yaitu :

### II.3.1 Turbin Impuls

Pada turbin impuls air dengan tinggi jatuh tertentu dirubah menjadi energi kinetik melalui nosel. Keluar dari nosel, pancaran air menumbuk sudu dan memutar poros kemudian mengalir dengan tekanan konstan. Beberapa jenis turbin yang termasuk turbin impuls adalah turbin turgo, turbin pelton dan turbin *Crossflow* (Irawan, H., & Syamsuri, S., 2018).

#### a. Turbin Turgo

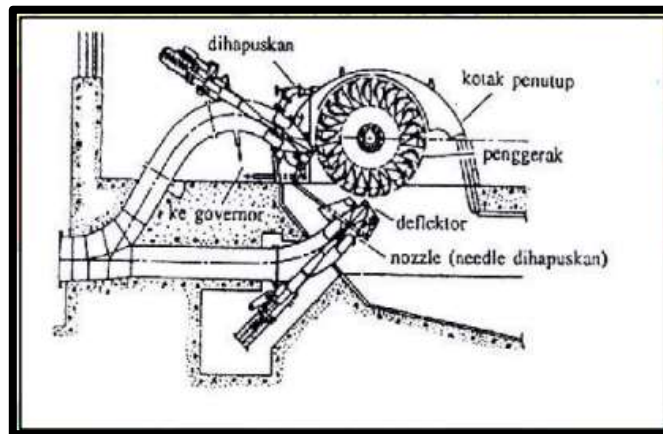
Turbin turgo termasuk jenis impuls, dengan aliran air sejajar sumbu poros roda. Turbin jenis ini mempunyai dua nosel seperti pelton. Pada turbin pelton pancaran air menumbuk bucket ditengah sedangkan pada turbin Turgo pancaran air menumbuk pada salah satu ujung bucket dan keluar pada ujung kain. Aliran air diatur seperti halnya pada urbin pelton. Untuk jumlah pancaran air dan diameter pancaran air yang sama besar, diameter dari turbin turgo lebih kecil dari turbin pelton. Namun mempunyai kecepatan keliling yang lebih besar dari turbin Pelton. Turbin Pelton biasa digunakan untuk pembangkit daya kecil sampai medium, dengan beda ketinggian air sampai 280 meter dan sudutan 2000 rpm (Wibowo, 2007).

#### b. 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. Salah satu alasan turbin Pelton dipilih untuk banyak proyek pembangkit listrik tenaga air di wilayah tumpang



tindih adalah karena getarannya yang rendah dibandingkan dengan turbin Francis. Selain itu, turbin Pelton memiliki kemudahan dalam penggunaan deflektor untuk mencegah terjadinya water hammer saat aliran air terputus secara tiba-tiba, dan juga memudahkan inspeksi pemeliharaan karena tidak memerlukan pengurasan ruang turbin, (Abregu, 2023).



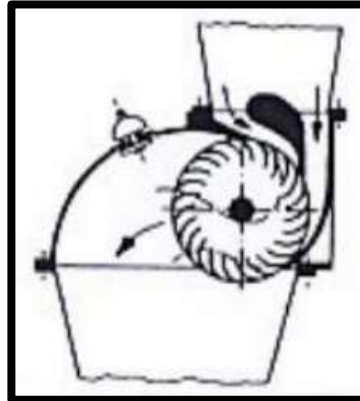
**Gambar 2. 1** Turbin Pelton

Sumber: H Haloho, 2002.

c. Turbin 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.





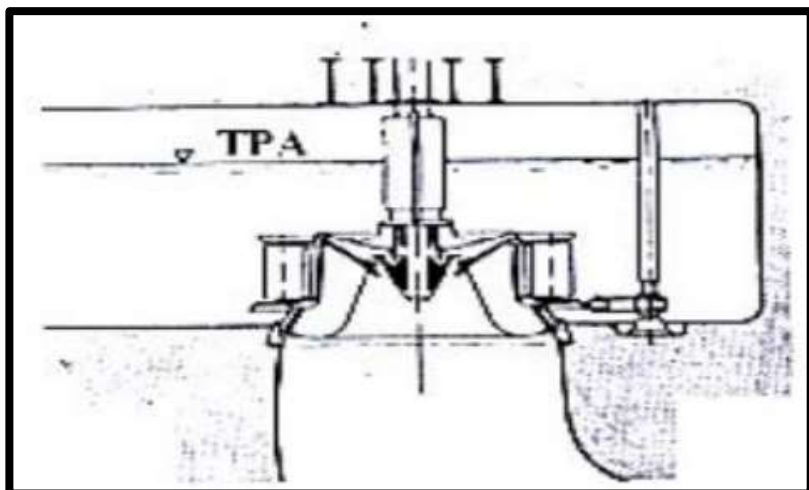
**Gambar 2. 2** Skema Turbin Aliran Ossberger  
*Sumber : Jaya, 2008*

### II.3 .2 Turbin Reaksi

Turbin reaksi bekerja dengan memanfaatkan perbedaan tekanan masuk dan keluar turbin. Pada sisi masuknya energi tekanan sebanding dengan energi kinetik. Pada saat Fluida melewati sudu turbin, energi tekanan dan energi kinetiknya dirubah menjadi energi mekanis dan secara bertahap tekanan yang keluar dari turbin berkurang. Jenis-jenis turbin reaksi diantaranya adalah Turbin Francis dan Propeller.

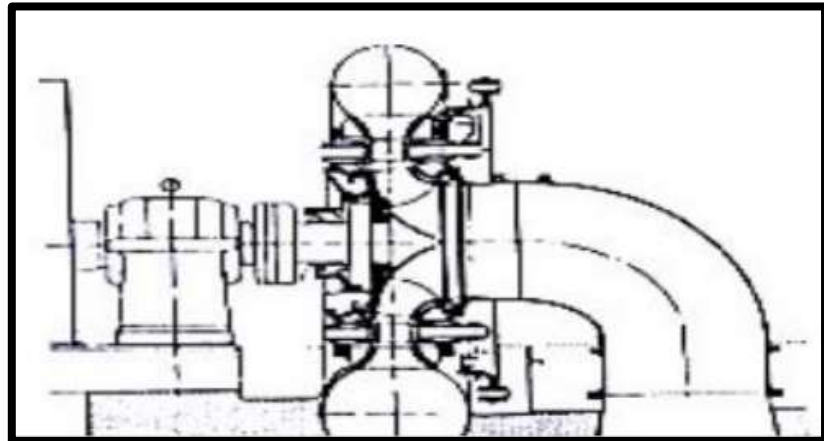
#### a. Turbin Francis

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

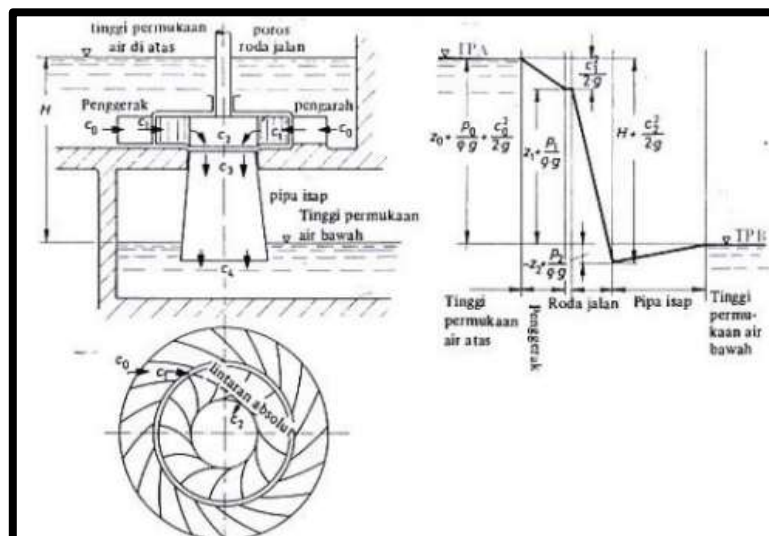


**Gambar 2.3:** Gambar 2. 3 Turbin Francis tipe horizontal  
*Sumber : Jaya, 2008.*





**Gambar 2. 4** Turbin Francis tipe vertical  
*Sumber : Jaya, 2008.*



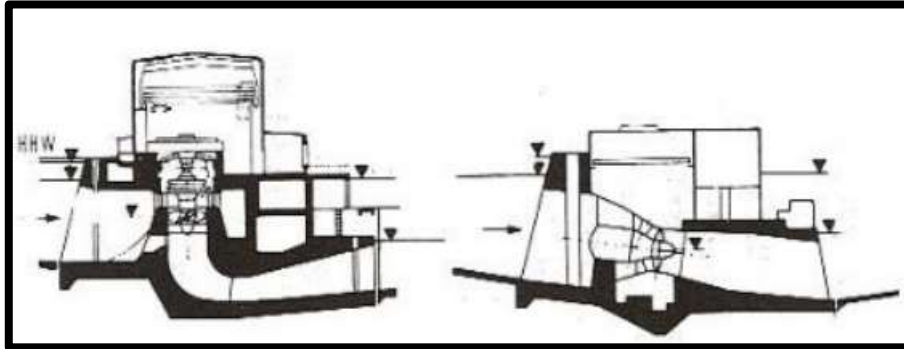
**Gambar 2. 5** Skema Turbin Francis dan Headnya  
*Sumber : Jaya, 2008.*

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. 6** Skema dua jenis Turbin Propeller, poros vertikal (kiri) dan poros horizontal (kanan)  
*Sumber : Jaya, 2008.*

Pada umumnya turbin air dapat diklasifikasi menjadi 2 jenis dilihat dari susunan poros turbin yaitu

- a. Turbin poros horisontal, yang termasuk turbin jenis ini adalah turbin propeller dan turbin pelton
- b. Turbin poros vertikal, yang termasuk turbin jenis ini adalah turbin *Crossflow*, francis dan kaplan (Irawan, H., & Syamsuri, S. 2018).

#### II.4 Sudu Turbin

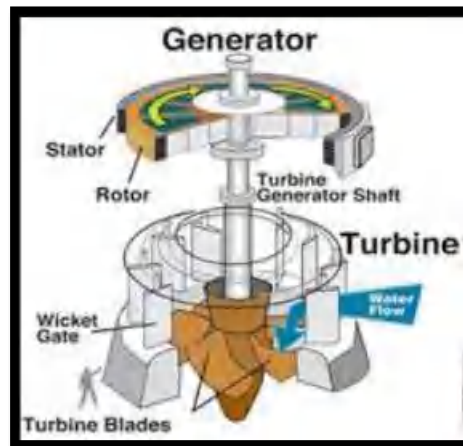
Sudu (blade) merupakan bagian turbin yang berfungsi untuk merubah gerak pancar air menjadi gerak rotasi/sudutan atau pancaran air yang masuk turbin dan mengenai sudu roda turbin akibat adanya fluida kerja ( air, angin, uap, dll) yang dimana akan terjadi konversi energi yaitu energi kinetik menjadi energi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

#### II.5 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. 7** Komponen Turbin  
 Sumber : Fahdita, Ali Akbar Muthahhari, 2020.

### II.5.1 Rotor

Rotor adalah bagian yang bersudut pada sistem yang terdiri dari:

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

### II.5.2 Stator

Stator adalah bagian yang diam pada sistem yang terdiri dari :

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

## II.6 Kincir air



Kincir air adalah benda berbentuk lingkaran seperti roda sepeda yang berfungsi mengubah aliran air menjadi tenaga gerak sudut. Dimana pada aliran dapat dua energi yaitu energi potensial (air dari ketinggian) dan energi kinetik. Energi dari aliran air ini akan mendorong sudu-sudu kincir sehingga alat

ini bersudut pada porosnya. Dimana pada porosnya akan dipasang pulli yang akan mentransmisikan sudutan ke generator menggunakan sabuk. Selain kincir sebagai pembangkit listrik, alat ini dapat dimodifikasi lagi untuk mengangkat air kedaerah yang lebih tinggi dan menumpahkan ketalang penampung. Selanjutnya air dari talang dialirkan kedaerah-daerah yang membutuhkan.

Kincir air digerakkan oleh tenaga aliran air yang beraliran deras yang menyebabkan terdorongnya sudu-sudu kincir sehingga kincir bersudut pada porosnya, yang kemudian pada poros kincir dipasang pulli. Dimana sudutan dari pulli akan diteruskan ke generator menggunakan sabuk. Sudutan 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

kincir. Alasannya, daya yang dihasilkan lebih besar dan kincirnya dapat 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)

Kincir air merupakan suatu alat sederhana yang fungsinya adalah untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Dalam perancangan kincir air, jenis dan dimensi kincir air sangat bergantung pada letak kincir, tinggi jatuhnya air dan kapasitas air yang tersedia. Sehingga untuk memperoleh efisiensi yang optimal, perancangan kincir air yang beroperasi pada suatu lokasi tertentu akan memiliki karakteristik tersendiri, baik bentuk yang berbeda jenisnya maupun dimensinya dari lokasi yang lain. (Sule, L dkk, 2020)

Kincir air juga memiliki keunggulan sebagai pembangkit listrik yang ramah lingkungan karena tidak memerlukan tambahan bahan bakar. Kincir air juga mudah dibuat dibandingkan dengan pembangkit listrik lainnya. Pembangkit listrik tenaga air menggunakan kincir sebagai penggerak dan generator sebagai alat pengubah gerak (mekanik) menjadi energi listrik. (Pohan, A dkk, 2023)

Kincir air merupakan suatu alat sederhana yang fungsinya adalah untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Dalam perancangan kincir air, jenis dan dimensi kincir air sangat bergantung pada letak kincir, tinggi jatuhnya air dan kapasitas air yang tersedia. Sehingga untuk memperoleh efisiensi yang optimal, perancangan kincir air yang beroperasi pada suatu lokasi tertentu akan memiliki karakteristik tersendiri, baik bentuk yang berbeda jenisnya maupun dimensinya dari lokasi yang lain. (Sule, L dkk, 2024)

Sampai saat sekarang, penggunaan kincir air masih banyak ditemui karena sifat-sifatnya yang murah, sederhana, serta mudah dan murah dalam pembuatan dan perawatannya. Walaupun mempunyai banyak kekurangan dibandingkan dengan turbin air, teknologinya yang sangat sederhana ini cocok digunakan di daerah pedesaan yang terpencil, asalkan daerah tersebut memiliki potensi sumber tenaga air yang cukup terjamin. (Yohanes Morong, 2016).



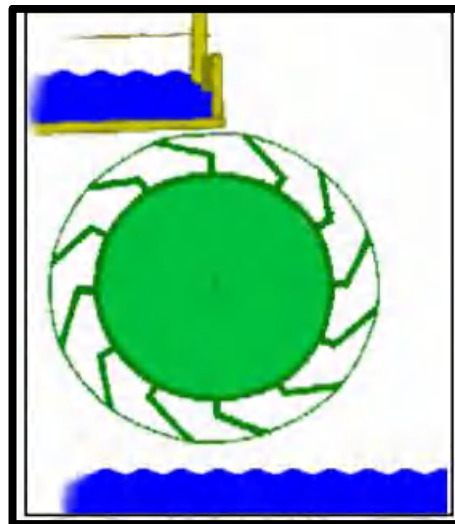
## II.7 Jenis jenis kincir air

Kincir air secara umum dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok tergantung pada cara air menggerakkan kincir air. Ketiga kelompok tersebut adalah sebagai berikut: (a) murni berdasarkan gravitasi air; (b) sebagian berdasarkan gravitasi air dan sebagian lagi berdasarkan aliran air; dan (c) murni berdasarkan impuls air. Selain itu, ada tiga jenis kincir air berdasarkan cara air digunakan: kincir overshoot, kincir breastshot, dan kincir undershot (Sule, 2020).

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

### II.7.1 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 bersudut 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. 8** Kincir Air *Overshot*

*Sumber : 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 bersudut.



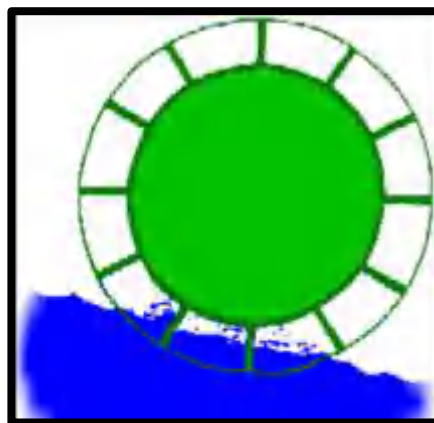
- b) Kontruksi yang sederhana.
- c) Mudah dalam perawatan.
- d) Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.
- e) Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%.

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 sudutan tinggi.
- c) Membutuhkan ruang yang lebihluas untuk penempatan.
- d) Daya yang dihasilkan relatif kecil.

### II.7.1 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 bersudut 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. 9** Kincir Air Undershot

Sumber : Sule, 2018.

Keuntungan dari kincir air undershot adalah:

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

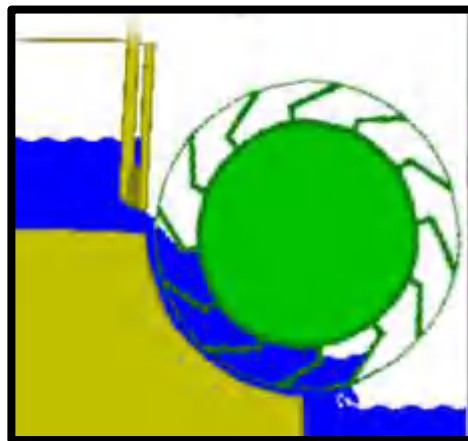


Kerugian dari kincir air undershot adalah:

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

### II.7.2 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 sudutan kincir. Kincir air jenis ini akan memperbaiki kinerja dari kincir air undershot.



**Gambar 2. 10** Kincir Air Breastshot  
Sumber : Sule, 2018.

Keuntungan dari kincir air tipe breastshot adalah :

1. Tipe ini lebih efisien dari tipe undershot.
2. Dibandingkan tipe *overshot* tinggi jatuhnya air lebih pendek.
3. 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*.

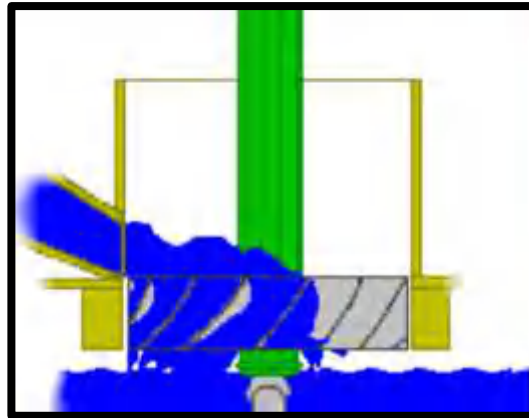
### II.7.3 Kincir Air Tub

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. 11** Kincir Air Tub

Sumber : Sule, 2018.

Keuntungan dari kincir air tub adalah :

- a. Memiliki konstruksi yang dapat dibuat lebih kecil
- b. Kecepatan sudutnya 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)

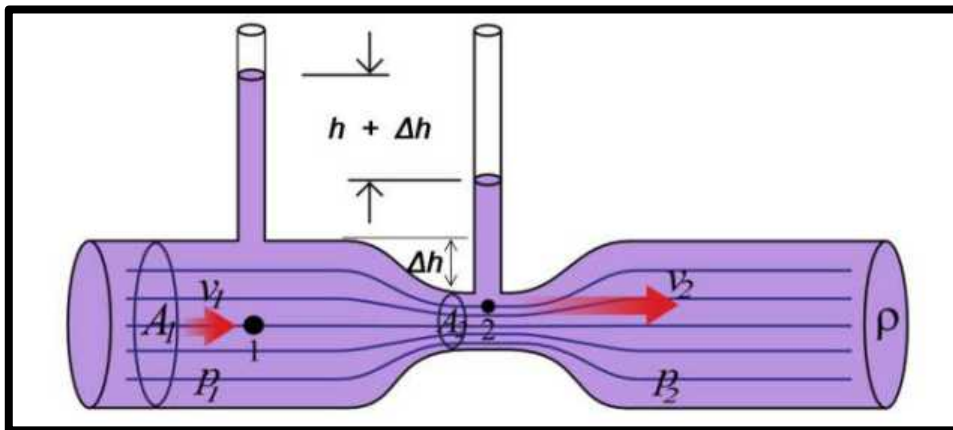
## II.8 Hukum Bernoulli

Daniel Bernoulli (1700 - 1782) adalah seorang ilmuwan kelahiran Belanda yang menuntut ilmu di Italia dan akhirnya menetap di Swiss. Lahir dari keluarga ahli matematika terkenal, ayahnya, Johann Bernoulli, adalah salah satu pengembang awal ilmu kalkulus dan pamannya Jacob Bernoulli, adalah yang pertama kali menemukan teori probabilitas.

Pada tahun 1724, dia menerbitkan buku latihan Matematika, dan pada 1725 merancang jam pasir yang membuatnya memenangkan hadiah Akademi



"*Hydrodynamica*", menjelaskan mengenai dinamika fluida, atau studi tentang bagaimana cairan berperilaku saat mereka sedang bergerak. Udara, seperti air, adalah fluida; Namun, tidak seperti air, yang merupakan cairan, udara adalah gas. Udara dianggap fluida karena mengalir dan dapat mengambil bentuk yang berbeda. Bernoulli menegaskan dalam buku "*Hydrodynamica*" bahwa fluida yang bergerak lebih cepat akan menghasilkan lebih sedikit tekanan, dan sebaliknya, fluida bergerak lebih lambat akan menghasilkan tekanan yang lebih besar (Fitriyah, 2020)



**Gambar 2. 12** Eksperimen Fluida Bernoulli

Sumber : Fitriyah, 2020

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Keterangan:

$P_1$ :tekanan pada ujung 1 (Pa)

$P_2$ :tekanan pada ujung 2 (Pa)

$v_1$ :kecepatan fluida pada ujung 1 (m/s)

$v_2$ :kecepatan fluida pada ujung 2 (m/s)

$h_1$ :tinggi ujung 1 (m)

$h_2$ :tinggi ujung 1 (m)



samaan Bernoulli menyatakan bahwa sejumlah tekanan,energy kinetic dan volum selalu bernilai sama dengan setiap titik sepanjang garis tirkum bernaoulli untuk fluida yang mengalir pada suatu tempat maka

jumlah usaha,energy kinetic,energy potensial fluida persatuan volume fluida tersebut mempunyai nilai yang tetap pada setiap titik.Jadi jumlah dari tekanan,energy kinetic persatuan volume,dan energy potensial persatuan volume mempunyai nilai yang sama pada setiap titik sepanjang suatu garis arus

Persamaan Bernoulli adalah :

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{tetap}$$

Selama fluida mengalir melalui saluran pipa, total energy akan berkurang searah dengan arah aliran. Hilangnya energy secara umum ada dua tipe yang bisa disebut friction losses dan minor losses. Friction losses dan minor losses dapat direpresentasikan dalam bentuk “heads” dalam satuan meter atau feet. Sesuai dengan penjelasan diatas maka pengaruh head loss terhadap hukum kesetimbangan energy dapat di modifikasi menurut persamaan berikut ini.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + HL$$

Dimana:

HL : Head loss (m)

## II.9 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:

### 1. Debit Air

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

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

Dimana :



$Q =$  Debit air ( $m^3/s$ )

$V =$  Volume ( $m^3$ )

$t =$  Waktu (s)

## 2. Debit Air Thompson ( Q )

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

$$Q = \frac{0,0186 \times H^{\frac{5}{2}}}{1000} \quad (2.2)$$

## 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.

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

Dimana :

$v =$  Kecepatan aliran air ( $m/s$ )

$Q =$  Debit air ( $m^3/s$ )

$A =$  Luas penampang ( $m^2$ )

## 4. Daya Air (P<sub>air</sub>)

Daya air (P<sub>air</sub>) yang diterima oleh roda air adalah daya aliran horizontal sehingga roda air menghasilkan momen sudut 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 :

$$P_{air} = \rho \times g \times Q \times h \quad (2.4)$$

Dimana:

$P_{air} =$  Daya air (Watt)



$Q$  = Debit air ( $m^3/s$ )

$\rho$  = Massa jenis air ( $kg/m^3$ )

$g$  = Percepatan gravitasi bumi ( $m/s^2$ )

$h$  = beda ketinggian permukaan air (m).

## 5. Daya Turbin

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

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

$$\tau = F \times r = m \times g \times r \quad (2.6)$$

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

Dimana:

$P_{\text{turbin}}$  = Daya turbin (Watt)

$\omega$  = kecepatan sudut

## 6. Efisiensi Turbin Air

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

$$\eta_{\text{turbin}} = \frac{P_{\text{turbin}}}{P_{\text{air}}} \times 100\% \quad (2.8)$$

$\eta_{\text{turbin}}$  = Efisiensi turbin (%)

$P_{\text{turbin}}$  = Daya turbin (Watt)

$P_{\text{air}}$  = Daya air (Watt)

