

**ANALISIS TEORI DAN EKSPERIMEN TURBIN AIR ARUS ATAS PADA
TUJUH SUDU DENGAN VARIASI HEAD TURBIN**



**Kaleb Adriel Tioho
D021 20 1060**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS TEORI DAN EKSPERIMEN TURBIN AIR ARUS ATAS PADA
TUJUH SUDU DENGAN VARIASI HEAD TURBIN**

**Kaleb Adriel Tioho
D021 20 1060**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS TEORI DAN EKSPERIMEN TURBIN AIR ARUS ATAS PADA
TUJUH SUDU DENGAN VARIASI HEAD TURBIN**

KALEB ADRIEL TIOHO
D021 20 1060

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Mesin

pada

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI**ANALISIS TEORI DAN EKSPERIMEN TURBIN AIR ARUS ATAS PADA TUJUH SUDU
DENGAN VARIASI HEAD TURBIN****KALEB ADRIEL TIOHO****D021 20 1060**

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian pada 22 Oktober 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Program Studi Teknik Mesin
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing Utama,



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

Pembimbing Pendamping,



Gerard Antonini Duma, ST., MT.
NIP.199202262019031009

Mengetahui:

Ketua Program Studi,



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

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul “Analisis Teori Dan Eksperimen Turbin Air Arus Atas Pada Tujuh Sudu Dengan Variasi *Head* Turbin” adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT sebagai Pembimbing Utama dan (Gerard Antonini Duma, ST., MT. sebagai pembimbing pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 22 Oktober 2024



Kaleb Adriel Tioho
D021201060

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, atas berkat dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini dengan judul “ **ANALISIS TEORI DAN EKSPERIMEN TURBIN AIR ARUS ATAS PADA TUJUH SUDU DENGAN VARIASI HEAD TURBIN**”. Penyusunan skripsi ini merupakan syarat kelulusan dalam menyelesaikan studi untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu selama proses penelitian dilaksanakan hingga penyusunan skripsi ini selesai. Ucapan terima kasih terkhusus yang sedalam-dalamnya penulis persembahkan kepada Ibunda **Nelce** dan Ayahanda **Oni Stepanus** serta kakak **Debby Robert**. yang senantiasa mendoakan, menyayangi, menyemangati dan menasehati penulis sampai bisa berada di tahap ini. Dengan segala keikhlasan dan kerendahan hati penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT** dan Bapak **Gerard Antonini Duma, ST., MT** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam mengarahkan dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Nasaruddin Salam, M.T.** dan Bapak **Prof. Dr. Rustan Tarakka, ST., MT.** selaku dosen penguji atas segala saran dan masukan untuk perbaikan serta pengembangan skripsi ini.
3. Seluruh Dosen Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin atas segala ilmu dan bantuan selama penulis menjalani perkuliahan.
4. Seluruh Staf Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin atas segala bantuan yang telah diberikan dalam pengurusan administrasi dan pengurusan lainnya selama penulis menjalani perkuliahan.
5. Elihu Kezia Kirana Pelumbu yang telah menemani, membantu dan mendukung penulis dalam proses perkuliahan hingga terselesainya skripsi ini.
6. Saudara – saudara seperjuangan ZTATOR 2020 yang setia menemani, membantu, dan mendukung penulis dari awal kuliah dan seterusnya.
7. Teman – teman, kakak senior serta junior seperjuangan Laboratorium *Fluids Machines* yang telah bersedia menemani dan membantu selama masa penelitian dan penyusunan skripsi.
8. Teman-teman Gereja yang selalu *men-support*, mendoakan, dan membantu penulis.
9. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah memberi dukungan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

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.

Penulis,

Kaleb Adriel Tioho.

ABSTRAK

KALEB ADRIEL TIOHO **Analisis Teori Dan Eksperimen Turbin Air Arus Atas Pada Tujuh Sudu Dengan Variasi Head Turbin** (dibimbing oleh Luther Sule dan Gerard Antonini Duma).

Latar Belakang. Listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sangat penting dan merupakan sumber daya ekonomi yang paling utama. Menggunakan sumber energi terbarukan untuk pembangkitan listrik dalam skala besar telah menjadi cara penting untuk mencapai target energi terbarukan dan mengurangi emisi gas rumah kaca. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan menganalisa kinerja turbin air arus atas menggunakan variasi *Head* turbin dengan variasi pembebanan, serta menganalisa kinerja turbin secara teori. **Metode.** Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dimulai pada bulan Desember 2023 di Laboratorium *Fluid Machines* Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin. Variasi *Head* turbin yang digunakan adalah 1,65 m; 1,55 m; 1,45 m; 1,35 m; dan 1,25 m. Penelitian ini dilakukan dengan tahapan mengidentifikasi dan perumusan masalah, melakukan studi pustaka, pengambilan data, melakukan analisa hasil dan pembahasan, serta penarikan kesimpulan dan saran. **Hasil.** kinerja Turbin air arus atas pada tujuh sudu dengan variasi *head* turbin dalam penelitian ini nilai terbaik pada Head 1,25 m dengan debit air sebesar 0,00074 m³/s, beban 1 kg, daya turbin 2,911 watt, dan efisiensi turbin mencapai 32,15%. **Kesimpulan.** Penggunaan Head turbin yang tepat dengan mempertimbangkan berat serta material turbin dapat memberikan efisiensi maksimal pada kinerja turbin.

Kata kunci: Turbin air, Kincir Air, Head Turbin

ABSTRACT

KALEB ADRIEL TIOHO conducted an analysis of the theory and experiment on an upstream current water turbine with seven blades, focusing on variations in turbine head, (under the supervision of Luther Sule and Gerard Antonini Duma).

Background. *Electricity is one of the most essential needs of society and serves as the primary economic resource. Utilizing renewable energy sources for large-scale electricity generation has become a significant approach to achieving renewable energy targets and reducing greenhouse gas emissions. **Objective.** This study aims to calculate and analyze the performance of an upstream current water turbine using variations in turbine head and load, as well as to analyze the turbine's performance from a theoretical perspective. **Method.** This research was conducted experimentally starting in December 2023 at the Fluid Machines Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Hasanuddin University. The turbine head variations used were 1.65 m, 1.55 m, 1.45 m, 1.35 m, and 1.25 m. The research followed several stages, including problem identification and formulation, literature review, data collection, result analysis and discussion, as well as drawing conclusions and providing recommendations. **Results.** The performance of the upstream current water turbine with seven blades and varying turbine heads in this study showed the best results at a head of 1.25 m, with a water flow rate of 0.00074 m³/s, a load of 1 kg, turbine power of 2.911 watts, and turbine efficiency reaching 32.15%. **Conclusion.** The use of the appropriate turbine head, considering the weight and material of the turbine, can provide maximum efficiency in turbine performance.*

Keywords: Water turbine, Waterwheel, Turbine head

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I	18
PENDAHULUAN	18
1.1 Latar Belakang	18
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.3.1 Tujuan	3
1.3.2 Manfaat.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	0
2.1 Turbin Air.....	0
2.2 Prinsip Kerja Turbin Air	0
2.3 Klasifikasi Turbin Air	1
3. Pelton.....	3
2.4 Pemilihan Jenis Turbin Air	5
2.5 Komponen Turbin Air	6
2.6 Sudu Turbin.....	7
2.7 Kincir Air	7
2.8 Persamaan Bernouli	11
2.9 Persamaan yang Digunakan	12

BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2 Objek Penelitian	15
3.3 Alat dan Bahan.....	15
3.4 Tahap Penelitian.....	20
3.5 Prosedur Pengambilan Data.....	21
3.6 Spesifikasi Alat	21
3.7 Rancangan Alat.....	22
3.8 Flow Chart Penelitian	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	15
4.1 Hasil	15
4.1.1 Contoh Perhitungan Eksperimen.....	15
4.1.2 Contoh perhitungan secara teori	18
4.1.3 Contoh Perhitungan Segitiga Kecepatan.....	22
4.1.4 Hubungan antara Beban (Kg) dengan putaran turbin (RPM)	24
4.1.5 Hubungan antara Beban (Kg) dengan kecepatan sudut turbin (ω)	25
4.1.6 Hubungan antara Beban (Kg) dengan daya turbin (P_{turbin})	27
4.1.7 Hubungan antara Beban (Kg) dengan efisiensi turbin ($\text{Eff}_{\text{turbin}}$) ..	29
4.1.8 Hubungan antara Debit (m^3/s) dengan putaran turbin (RPM)	31
4.1.9 Hubungan antara Debit (m^3/s) dengan kecepatan sudut turbin (ω)	32
4.1.10 Hubungan antara Debit (m^3/s) dengan daya turbin (P_{turbin}).....	33
4.1.11 Hubungan antara Debit (m^3/s) dengan efisiensi turbin ($\text{Eff}_{\text{turbin}}$)..	34
4.1.12 Hubungan antara Beban (Kg) dengan daya turbin (P_{turbin}) secara teori	36
4.1.13 Hubungan antara Beban (Kg) dengan efisiensi turbin ($\text{Eff}_{\text{turbin}}$) secara teori.....	38
4.2 Pembahasan	40
4.2.1 Hubungan antara beban (kg) dengan putaran turbin (RPM)	40
4.2.2. Hubungan antara beban (Kg) dengan kecepatan putar turbin (ω)	40
4.2.3 Hubungan antara beban (kg) dengan daya turbin (watt).....	41

4.2.4	Hubungan antara beban (kg) dengan efisiensi (%).....	42
4.2.5.	Hubungan antara debit (m^3/s) dengan putaran (RPM).....	43
4.2.6.	Hubungan antara debit (m^3/s) dengan kecepatan putar turbin (ω) 44	
4.2.7.	Hubungan antara debit (m^3/s) dengan daya turbin (watt).....	45
4.2.8.	Hubungan antara debit (m^3/s) dengan efisiensi (%).....	46
4.2.9.	Hubungan antara beban (kg) dengan daya turbin (watt) secara teori	47
4.2.10.	Hubungan antara beban (kg) dengan efisiensi (η) secara teori..	48
BAB V KESIMPULAN		50
5.1.	Kesimpulan	50
5.2.	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....		52
LAMPIRAN		55

DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
1. Tabel 3. 1: Spesifikasi Alat	21
2. Tabel 4. 1: Hubungan antara head dengan putaran turbin untuk variasi beban.	24
3. Tabel 4. 2: Hubungan head terhadap kecepatan sudut turbin pada setiap beban.	25
4. Tabel 4. 3: Hubungan head terhadap daya turbin pada setiap beban. .	27
5. Tabel 4. 4: Hubungan beban terhadap efisiensi turbin.	29
6. Tabel 4. 5: Hubungan antara Debit dengan putaran turbin untuk variasi beban.	31
7. Tabel 4. 6 : Hubungan antara Debit dengan kecepatan sudut turbin.	32
8. Tabel 4. 7: Hubungan antara debit dengan Daya turbin (P_{turbin}).....	33
9. Tabel 4. 8: Hubungan antara Debit dengan efisiensi turbin ($\text{Eff}_{\text{turbin}}$).....	35
10. Tabel 4. 9: Hubungan head terhadap daya turbin pada setiap beban secara teori	36
11. Tabel 4. 10: Hubungan beban terhadap efisiensi turbin secara teori.	38

DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
1. Gambar 2. 1: Turbin Francis.....	2
2. Gambar 2. 2: Turbin Kaplan	3
3. Gambar 2. 3: Turbin Pelton.....	4
4. Gambar 2. 4: Turbin Crossflow	5
5. Gambar 2. 5: Gambar Grafik Pemilihan Jenis Turbin Air.....	6
6. Gambar 2. 6: Tipe Kincir Undeshot	9
7. Gambar 2. 7: Tipe Kincir Overshot.....	10
8. Gambar 2. 8: Tipe Kincir Breast Shot	11
9. Gambar 2. 9: Aliran Melalui Filamen Arus.....	11
10. Gambar 3. 1: Mesin Las.....	16
11. Gambar 3. 2: Gergaji Besi	16
12. Gambar 3. 3: Meteran	16
13. Gambar 3. 4: Bearing	17
14. Gambar 3. 5: Tachometer Digital.....	17
15. Gambar 3. 6: Timer.....	17
16. Gambar 3. 7: Neraca Pegas.....	18
17. Gambar 3. 8: Pulley	18
18. Gambar 3. 9: Pipa PVC.....	19
19. Gambar 3. 10: Drum air 200 liter	19
20. Gambar 3. 11: Sambungan pipa.....	19
21. Gambar 3. 12: Pipa PVC 4 inchi.....	20
22. Gambar 3. 13: Pemberat.....	20
23. Gambar 3. 14: Gambar 3D Alat	22
24. Gambar 3. 15: Instalasi Alat	22
25. Gambar 3. 16: Desain 7 Sudu.....	23
26. Gambar 3. 17: Skema head turbin	23
27. Gambar 3. 18: Skema Dasar Alat.....	24
28. Gambar 4. 1: Vektor segitiga kecepatan turbin air arus atas	22
29. Grafik 4. 1: Hubungan head terhadap putaran turbin dengan variasi beban	25
30. Grafik 4. 2: Hubungan antara head dengan kecepatan sudut turbin pada setiap beban.	26
31. Grafik 4. 3: Hubungan antara beban dengan daya turbin pada setiap beban.	28
32. Grafik 4. 4: Hubungan antara beban dengan efisiensi turbin.	30

33. Grafik 4. 5: Hubungan Debit terhadap putaran turbin dengan variasi beban	31
34. Grafik 4. 6: Hubungan debit terhadap kecepatan sudut turbin	33
35. Grafik 4. 7: Hubungan Debit terhadap Daya turbin (P_{turbin}).....	34
36. Grafik 4. 8: Hubungan debit terhadap efisiensi turbin ($\text{Eff}_{\text{turbin}}$).....	35
37. Grafik 4. 9: Hubungan antara beban dengan daya turbin pada setiap beban secara teori	37
38. Grafik 4. 10: Hubungan antara beban dengan efisiensi turbin secara teori.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut		Halaman
1.	Lampiran 1 Tabel hasil pengamatan pengujian turbin air arus atas	55
2.	Lampiran 2 Tabel hasil perhitungan pengujian turbin air arus atas	57
3.	Lampiran 3 Tabel hasil perhitungan pengujian turbin air arus atas secara teori	59
4.	Lampiran 4 Tabel hasil perhitungan segitiga kecepatan.....	61
5.	Lampiran 5 Tabel Densitas Air Berdasarkan Temperatur (Pell & Dunson, 1997)	63
6.	Lampiran 6 Dokumentasi.....	65

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik mempunyai peran yang sangat penting dan strategis dalam mewujudkan tujuan pembangunan nasional. Untuk itu, usaha penyediaan tenaga listrik dikuasai oleh negara dan penyediaannya perlu terus ditingkatkan sejalan dengan perkembangan pembangunan. Hal itu dilakukan agar tersedia tenaga listrik dalam jumlah yang cukup, merata, dan berkualitas.

Listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sangat penting dan merupakan sumber daya ekonomi yang paling utama yang dibutuhkan dalam suatu kegiatan usaha, baik di rumah, kantor, maupun tempat lainnya (Achmad Sani Alhusain, 2019).

Sektor kelistrikan memegang peran penting dalam pembangunan suatu negara. Perannya tidak hanya sebatas sebagai sarana produksi untuk memfasilitasi pembangunan sektor-sektor ekonomi lainnya (seperti industri pengolahan, pertanian, pertambangan, pendidikan, dan kesehatan), tetapi juga sebagai faktor yang bisa memenuhi kebutuhan sosial masyarakat sehari-hari. Kelistrikan sebagai sektor basis yang menjadi fondasi untuk mencapai tujuan pembangunan, seperti menciptakan kesempatan kerja, meningkatkan pendapatan nasional, mengubah struktur ekonomi, dan meningkatkan kesejahteraan rakyat (Latif Adam, 2016).

Ketersediaan energi listrik yang memadai dan tepat sasaran akan memacu perkembangan pembangunan daerah seperti sektor industri, bisnis, pelayanan publik dan bahkan kualitas hidup masyarakat dengan semakin banyaknya warga yang menikmati energi listrik. Kemudian secara langsung maupun tidak langsung, hal itu akan mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan Masyarakat (Agus Sofyan F. Rajagukguk et al., 2015)

Kebutuhan energi dari waktu ke waktu semakin meningkat karena perkembangan teknologi dan pertumbuhan penduduk. Salah satu bentuk energi yang paling besar digunakan oleh masyarakat yaitu listrik. Listrik yang dikonsumsi oleh masyarakat sebagian besar diproduksi dari PLTU berbahan bakar batubara dan minyak bumi yang tergolong tidak terbarukan dan menghasilkan emisi yang cukup tinggi. Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) memprioritaskan penggunaan energi terbarukan dengan target paling sedikit 23% pada tahun 2025 dan paling sedikit 31% pada tahun 2050 (Widyaningsih 2017) (Asa Taufiqurrahman dan Jaka Windarta, 2020).

Menggunakan sumber energi terbarukan untuk pembangkitan listrik dalam skala besar telah menjadi cara penting untuk mencapai target energi terbarukan dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Memang, diperkirakan bahwa hanya 8% dari konsumsi energi dunia dihasilkan dari sumber-sumber terbarukan, sementara 92% berasal dari sumber-sumber yang tidak terbarukan (Emanuelle dan Roberto, 2018).

Berdasarkan masalah krisis listrik dan peningkatan kebutuhan energi, potensi energi aliran sungai ini harus dimanfaatkan sebaik mungkin. Salah satunya adalah dengan merancang pembangkit listrik tenaga air untuk memenuhi kebutuhan listrik dengan memanfaatkan sumber air kecil (Setyawan et. Al., 2019).

Kondisi topografi yang bergunung dan berbukit serta adanya danau/waduk yang menjadi hulu aliran sungai membuat Indonesia memiliki potensi energi air sebagai energi primer yang besar. Indonesia memiliki potensi energi air hingga 75.091 MW yang tersebar di seluruh Indonesia namun pemanfaatannya baru sekitar 7,2%. Sebagian besar pemanfaatan energi air yaitu sebagai pembangkit listrik (Asa Taufiqurrahman dan Jaka Windarta, 2020).

Untuk memproduksi listrik, air harus mengalir sehingga kondisi ini disebut sebagai energi kinetik (bergerak). Air yang menggerakkan sudu – sudu turbin dapat disebut sebagai energi kinetik selanjutnya diubah menjadi energi mekanik. Turbin akan memutar rotor generator sehingga energi mekanik akan diubah menjadi energi listrik (Muhammad Luthfi dan Djafar Sodiq, 2022).

Energi air pada dasarnya memanfaatkan energi kinetik aliran air yang berasal dari energi potensial air dari hulu atau penampungan berupa danau dan bendungan yang memiliki ketinggian tertentu. Indonesia yang memiliki topografi bergunung dan berbukit memiliki peluang potensi energi air yang besar. Potensi energi air di Indonesia diperkirakan mencapai 94.449 MW. Potensi yang dapat dimanfaatkan sebagai PLTA 75.091 MW sementara yang dapat dimanfaatkan sebagai PLTM dan PLTMH mencapai 19.358 MW (Asa Taufiqurrahman dan Jaka Windarta, 2020).

Salah satu contoh penerapan energi air adalah Turbin air overshoot yang dapat di klasifikasikan juga pada kincir air overshoot. Kincir air overshoot bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudu-sudu sisi bagian atas, dan karena gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air overshoot adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain (Budi Hartadi dan Yassyir Maulana, 2017). Riset terdahulu mengenai penelitian sejenis yaitu mengenai "Analisis Tinggi Jatuh Air (Head) Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Skala Mikro" dari Luthfi Auzan, dkk. yang memvariasikan tinggi jatuh air turbin kemudian memperoleh efisiensi terbesar yakni 95,716% pada head 8,178 m serta daya sebesar 29,19 Watt. kemudian pada penelitian Suriyanto Buyung yang berjudul "Analisis Pengaruh Tinggi Jatuhnya Air (Head) Terhadap Daya Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro Tipe Turbin Pelton", yang memvariasikan head turbin dan memperoleh daya terbesar yaitu 27,499 watt pada head efektif sebesar 4,4 m. lalu penelitian dari Pengki Pratama yang berjudul "Pengaruh Tinggi Elevasi Jatuh Air Dengan Variasi Sudut Pada Turbin Air Pelton " yang memvariasikan tinggi jatuh elevasi air dan sudut elevasi turbin yang memperoleh daya terbesar pada sudut elevasi 30° dan tinggi elevasi air yaitu 5 cm.

Pemanfaatan energi air sebagai sumber listrik dapat memberikan banyak pengaruh positif yang sangat berdampak lebih pada daerah-daerah pelosok yang memiliki kondisi topografi yang bergunung serta memiliki banyak air terjun. Maka, untuk meningkatkan pemanfaatan energi air pada area air terjun dengan menganalisis aspek dari tinggi head dari turbin dalam menemukan efisiensi terbaik penulis melakukan penelitian yang berjudul "Pengujian Kinerja Turbin Air Overshot Tujuh Sudu Untuk Variabel Head Turbin"

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menganalisis daya turbin air overshoot tujuh sudu dengan variasi head turbin
2. Bagaimana menganalisis efisiensi turbin air overshoot tujuh sudu dengan variasi head turbin
3. Bagaimana menganalisis kinerja terbaik turbin air overshoot tujuh sudu pada variasi head turbin.

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis daya turbin air overshoot tujuh sudu dengan variasi head turbin
2. Menganalisis efisiensi turbin air overshoot tujuh sudu dengan variasi head turbin
3. Menganalisis kinerja terbaik turbin air overshoot tujuh sudu pada variasi head turbin.

1.3.2 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana di Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. Sebagai bahan referensi untuk mengenal potensi energi air.
3. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya dilingkup Departemen Teknik Mesin

1.4 Batasan Masalah

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

1. Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Mesin Fluida.
2. Pengambilan data menggunakan tujuh jumlah sudu.
3. Poros yang digunakan horizontal.
4. Menggunakan pipa PVC sebagai material sudu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Air

Turbin air merupakan salah satu jenis mesin fluida dari kelompok mesin-mesin tenaga yang dapat merubah energi fluida menjadi energi mekanis berupa putaran poros turbin, kemudian energi mekanis pada putaran poros turbin tersebut digunakan untuk memutar generator dengan menggunakan air sebagai fluida kerja (Rosmiati dan Ahmad Yani, 2017) . Turbin air merupakan suatu peralatan yang utama. Turbin air adalah alat yang digunakan untuk mengubah energi air menjadi energi mekanik (Miroslav, 2002)(Heri Irawan dan Mujiburrahman, 2019).

Turbin air juga memiliki keuntungan sebagai sumber energi yang ramah lingkungan karena tidak memerlukan tambahan seperti bahan bakar. Selain itu, dibandingkan dengan pembangkit listrik lainnya, turbin air relatif mudah untuk dibangun. Pembangkit listrik tenaga air menggunakan sebuah pabrik sebagai pendorong dan sebuah generator sebagai cara untuk mengubah gerakan (mekanis) menjadi energi listrik . Jenis turbin air ini bergerak saat didorong oleh aliran air; hasil terbaik dicapai dengan aliran yang cukup besar (Mugisidi, 2023).

2.2 Prinsip Kerja Turbin Air

Secara umum prinsip kerja dari turbin air adalah aliran air di dalam pipa pesat yang mempunyai energi potensial dan energi kinetik diarahkan ke roda turbin melalui sudu pengarah, kemudian energi yang terdapat di dalam air ini pada roda turbin diubah bentuknya menjadi energi mekanik berupa putaran poros roda turbin. Putaran poros roda turbin inilah yang dimanfaatkan untuk menggerakkan generator/alternator pembangkit listrik (Kusnadi et al., 2018).

Efisiensi turbin air dinilai oleh para pembuatnya bervariasi sedikit dengan ukuran roda, serta dengan head, dalam banyak kasus. Karena berat air yang berbeda yang diasumsikan, dll., efisiensi turbin yang dimaksudkan untuk dinilai pada 80 persen berbeda sedikit dari jumlah itu saat dihitung (Charles D., 1906).

Turbin Air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, dengan memanfaatkan perbedaan antara permukaan udara yang disebut dengan head. Untuk menggunakan energi tersebut diperlukan bangunan air khusus (Gerard & Luther, 2020).

2.3 Klasifikasi Turbin Air

2.3.1 Berdasarkan perubahan energi turbin air

dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi :

1 Turbin impuls

Turbin impuls disebut juga dengan turbin air tekanan sama karena tekanan air yang keluar dari nosel tekanannya sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Sehingga energi tempat dan energi tekanan yang dimiliki oleh aliran air dirubah semuanya menjadi energi kecepatan. 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* (Juncidy, 2016).

2 Turbin Reaksi

Turbin Reaksi adalah turbin yang memanfaatkan seluruh energi (energi Potensial, kinetik dan tekanan) untuk menghasikan energi kinetik di sudu. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga runner (bagian turbin yang berputar) dapat berputar (Rosmiati dan Ahmad Yani, 2017). Turbin reaksi adalah turbin yang memanfaatkan energi potensial untuk menghasilkan energi gerak. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga runner dapat berputar. Ciri utama turbin reaksi pada semua jenis turbin, baik turbin uap, turbin gas maupun turbin air adalah sebagian tekanan jatuh terjadi pada sudu tetap dan sebagian lagi pada sudu berputar. Persamaan kontinuitas dapat digunakan pada perhitungan aliran melalui sudu berputar, karena seluruh fluida kerja memenuhi semua saluran sudu. Karena fluida masuk sudu berputar melalui seluruh tepi seksi masuk, maka untuk daya dan putaran yang sama, diameter nominalnya relatif lebih kecil dibandingkan dengan turbin impuls (Yeni Yusuf Tonglolangi, 2016).

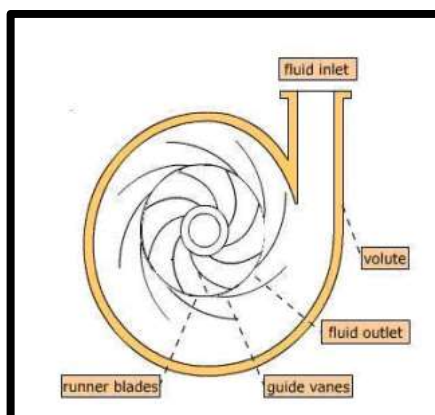
Adapun contoh – contoh turbin reaksi dan turbin impuls yaitu (Irvan Kurniady et al., 2019):

1 Turbin Reaksi

Pada turbin reaksi, fluida mengisi seluruh lintasan runner di mana impeller berada, dan setiap perubahan head atau penurunan tekanan akan terjadi di dalam impeller (Daugherty, 1954).

- Francis

Turbin Francis merupakan turbin jenis reaksi yang bekerja karena tekanan pada roda turbin yang mengakibatkan roda turbin berputar dimana aliran air melalui rumah keong yang diarahkan dengan sudu pengarah menuju sudu jalan dari roda turbin. Daya yang dihasilkan oleh turbin dapat diatur dengan cara mengatur posisi sudu diam, sehingga aliran air yang menumbuk roda turbin dapat diatur. Turbin francis bekerja dengan memakai proses tekanan lebih. Pada saat air masuk ke roda jalan, sebagian dari energi tinggi jatuh telah bekerja di dalam sudu pengarah diubah sebagai kecepatan arus masuk (Enni, 2020).



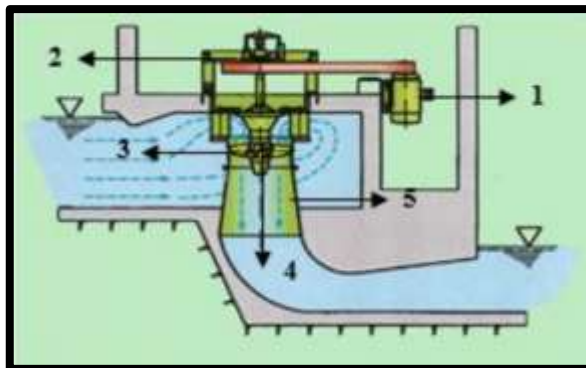
Gambar 2. 1: Turbin Francis

Sumber: (Gibran et al., 2017).

- Kaplan

Dietzel, (1996) menjelaskan bahwa turbin Kaplan sesuai dengan persamaan Euler yaitu makin kecil tinggi air jatuh yang tersedia, makin sedikit pula belokan aliran air didalam sudu jalan. Dengan bertambahnya kapasitas air yang masuk ke dalam turbin, maka akan bertambah besar pula luas penampang saluran yang dilalui air, dan dengan demikian

kecepatan putar turbin bisa dipilih atau ditentukan lebih tinggi (Susanto, 2013). Turbin kaplan ini air masuk dan air keluar dari runner pada arah yang sejajar dengan sumbu poros aksial. Sudu berbentuk baling-baling/propeler, banyak dipakai untuk kapasitas besar dengan *head* yang lebih rendah, baling-baling sudu terdiri dari 4 sampai 8 buah. Sebelum masuk runner air diarahkan oleh sudu pengarah (Dedi et al., 2021).



Gambar 2. 2: Turbin Kaplan

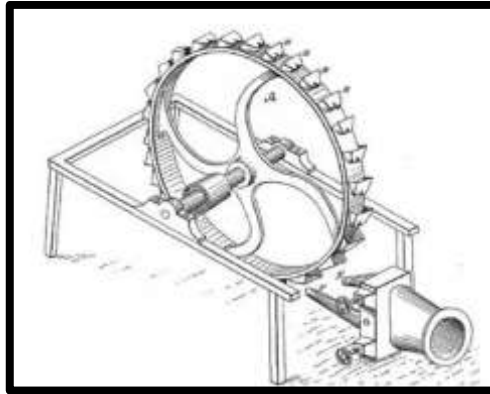
Sumber: Dedi et al., 2021.

2 Turbin Impuls

Sebuah turbin impuls terdiri dari rotor yang dipasang pada poros yang bebas berputar di atas sekumpulan bantalan. Bagian luar rim rotor membawa sekelompok bilah kurva, jet fluida yang keluar dari nozzle menabrak pada bilah rotor. Perubahan momentum fluida saat fluida mengenai bilah menyebabkan roda berputar didefinisikan sebagai gaya impuls (Daugherty, 1954).

3. Pelton

Turbin pelton merupakan turbin impuls. Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nosel. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk *head* tinggi. Berikut dibawah ini contoh gambar sudu turbin pelton (Gibran et al., 2017).



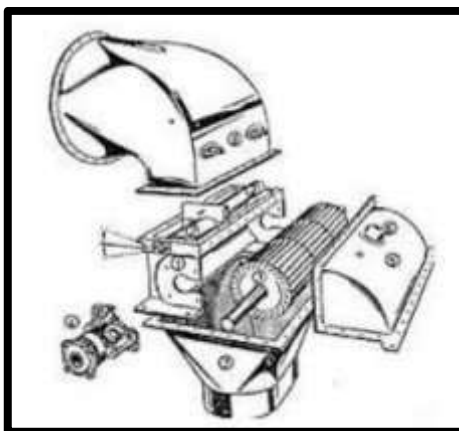
Gambar 2. 3: Turbin Pelton

Sumber: Dedi et al., 2021.

Turbin pelton disebut juga turbin impuls atau turbin tekanan rata atau turbin pancaran bebas karena tekanan air keluar nosel sama dengan tekanan atmosfer. Dalam instalasi turbin ini semua energi diubah menjadi pancaran air yang keluar dari nosel. Lalu pancaran air tersebut diterima oleh sudu-sudu roda turbin sehingga roda turbin berputar. Turbin Pelton terdiri dari dua komponen utama yaitu nosel dan raner. Nosel mempunyai beberapa fungsi diantaranya (Yusrizal, Amanah, & Prasetyo, 2023) :

1. Mengarahkan pancaran ke sudu turbin.
 2. Mengubah tekanan menjadi energi kinetik.
 3. Mengatur kapasitas air yang masuk turbin.
- *Crossflow* atau ossberger

Pada turbin impuls pelton beroperasi pada *head* relatif tinggi, sehingga pada *head* yang rendah operasinya kurang efektif atau efisiensinya rendah. Karena alasan tersebut, turbin pelton jarang dipakai secara luas untuk pembangkit listrik skala kecil. Sebagai alternatif turbin jenis impuls yang dapat beroperasi pada *head* rendah adalah turbin *crossflow* atau turbin impuls aliran ossberger (Gibran et al., 2017).



Gambar 2. 4: Turbin Crossflow

Sumber: Dedi et al., 2021.

2.4 Pemilihan Jenis Turbin Air

Pada dasarnya pemilihan jenis turbin untuk PLTMH terlebih dahulu harus diketahui besarnya *head* dan besarnya debit. Setelah mengetahui berapa besarnya *head* dan debit air yang tersedia, maka pemilihan jenis turbin air yang akan digunakan dapat ditentukan. Pemilihan jenis turbin dapat pula ditentukan dengan menggunakan tabel kriteria pemilihan jenis turbin air berdasarkan *head* yang tersedia (Tabel 2.1) dan grafik *Turbine Application Chart* (Gambar 2.5).

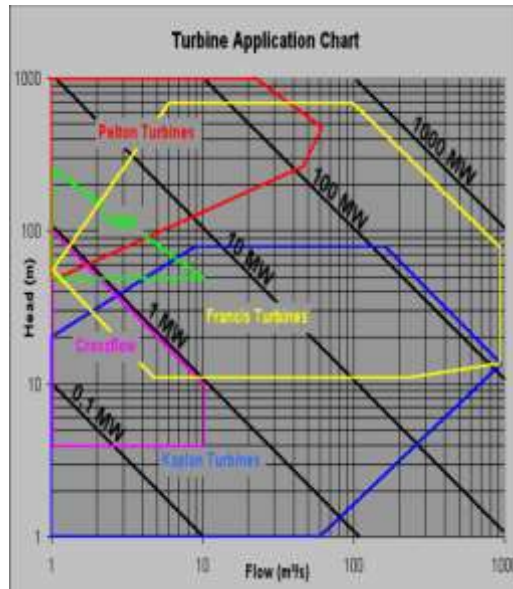
Jenis Turbin	Variasi Head (m)
Kaplan atau Propeller	$1 < H < 20$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1000$
Crossflow	$6 < H < 100$
Turgo	$50 < H < 250$

Tabel 2. 1: Kriteria Pemilihan Jenis Turbin Air Berdasarkan Head

Sumber: (Kusnadi et al., 2018).

Pada grafik *Turbine Application Chart* digambarkan secara jelas kriteria berbagai macam jenis turbin air dengan *head* dan debit air tertentu. Turbin air dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa cara, namun yang paling utama adalah klasifikasi turbin air berdasarkan prinsip kerjanya. Berdasarkan prinsip kerjanya

turbin air dibagi menjadi dua bagian yaitu Turbin Impuls dan Turbin Reaksi (Kusnadi et al., 2018).



Gambar 2. 5: Gambar Grafik Pemilihan Jenis Turbin Air

Sumber: (Kusnadi et al., 2018).

2.5 Komponen Turbin Air

Komponen turbin air terbagi dua macam yaitu (Rafandi, 2022) :

2.5.1 Rotor

Yaitu bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari:

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

2.5.2 Stator

Stator yaitu 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, yang berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen turbin

2.6 Sudu Turbin

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.

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

Bentuk sudu turbin sangat menentukan putaran turbin sehingga dapat meningkatkan daya turbin. Untuk itu maka penelitian ini diarahkan untuk menentukan bentuk sudu yang tepat untuk menghasilkan daya turbin yang maksimal (Ahmad Yani, 2017).

2.7 Kincir Air

Roda air diperkenalkan lebih dari 2000 tahun yang lalu, untuk memompa air dan menggiling biji-bijian. Roda air paling kuno dibangun dengan sumbu vertikal untuk mentransmisikan daya ke batu giling; meskipun teknologi sumbu vertikal adalah yang paling sederhana, efisiensinya cukup rendah. Jenis pertama dengan sumbu horizontal adalah roda air undershot, yang sudah dijelaskan oleh Vitruvius pada tahun 27 SM (Emanuelle dan Roberto, 2018).

Penggunaan roda air telah dilakukan selama waktu yang cukup lama dengan memanfaatkan energi air yang mengalir. Energi yang dimiliki oleh air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam bentuk energi mekanis untuk menghasilkan listrik. Rata-rata roda air digunakan dalam skala kecil sehingga perhitungan yang tepat diperlukan agar mendapatkan hasil maksimal. Diharapkan roda air akan

berevolusi menjadi alat yang efisien dengan menggunakan desain dan analisis menggunakan beberapa parameter penting (Setyawan. Et al., 2019).

Waterwheel dapat didefinisikan sebagai perangkat mekanis berbentuk roda (wheel), dengan pisau (bucket atau vane) di sekitar tepinya yang ditempatkan pada sumbu horizontal. Waterwheel berarti roda dengan medium kerja air. Waterwheel adalah konstruksi yang paling banyak ditiru, yang bekerja dengan memanfaatkan kapasitas air V . Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam waterwheel selain energi ruang adalah efek dari berat aliran air yang masuk ke dalam sel. Air yang mengalir masuk dan keluar dari roda tidak memiliki tekanan berlebih, hanya tekanan atmosfer. Kecepatan aliran air yang masuk ke roda harus kecil, karena jika kecepatannya besar saat melewati sel, air akan meluap ke luar atau energi yang hilang tidak akan digunakan untuk mengalirkan air (Luther Sule dkk., 2022).

Kincir air adalah salah satu mesin hidrolis tertua yang kita ketahui dan telah lama dipakai sejak jaman dahulu, dimana menggunakan bahan kayu. Sejalan dengan perkembangan ilmu teknik hidrolis dan teknologi material maka efisiensi kincir air dapat ditingkatkan dengan lebih baik. Kincir air merupakan sarana untuk mengubah energi air menjadi energi mekanik berupa torsi pada poros kincir. Air akan mendorong sudu-sudu kincir air dan mengakibatkan sudu –sudu kincir air berputar menghasilkan daya dan putaran. Data diambil berdasarkan kecepatan air pada saluran, kedalaman pencelupan, putaran kincir, dan beban pada puli. Kincir air diklasifikasikan menjadi beberapa tipe antara lain kincir air *undershot*, kincir air *overshot* dan *breas shot*.

Berbagai tipe kincir air (Ignatius Gunawan Widodo et al., 2018):

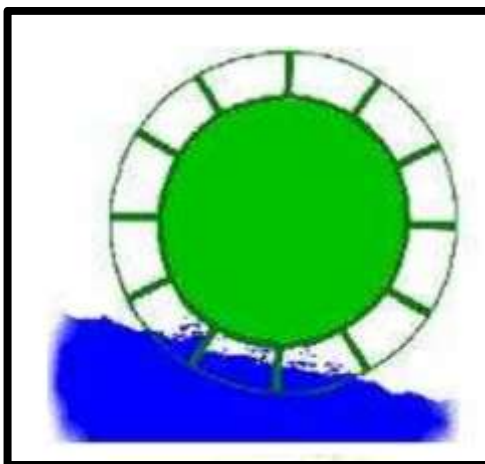
2.7.1 Kincir air *undershot*

Tipe kincir *undershot* bekerja bila air yang mengalir menghantam dinding sudu yang terletak pada bawah kincir tersebut. Tipe ini cocok dipasang pada perairan yang dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini sering juga disebut “Vitruvian” dimana aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir. Keuntungan tipe ini antara lain konstruksinya sederhana, lebih ekonomis, dan mudah dipindahkan, sedangkan kerugiannya antara lain efisiensinya kecil antara 25%-70%, dan daya yang dihasilkan relative kecil.

Pada mesin *undershot*, air mengalir di bawah roda dan mengenai bilah atau pengaduk yang tersebar merata di sekitar tepi roda. Mereka digerakkan oleh impuls dari partikel-partikel air. Pada mesin *overshot*, air dipimpin di atas roda.

Alih-alih bilah, seringkali terdapat ember-ember yang diisi dengan air dan menggerakkan roda dengan bantuan gravitasi air itu sendiri.

Kincir *undershot* biasanya membutuhkan head antara 0,3m hingga 2,0m, dan aliran antara 0,45 hingga 1 m³ per lebar m [2]. Beberapa model menggunakan penurunan head yang sangat kecil dan bilah melengkung untuk mengambil energi potensial dari sungai. Efisiensi dari jenis turbin ini relatif masuk akal dan berada di antara 60-77% (.



Gambar 2. 6: Tipe Kincir Undeshot

Sumber: (Ignatius Gunawan Widodo et al., 2018).

2.7.2 Kincir air *overshot*

Kincir air *overshot* bekerja bila air yang mengalir ke dalam bagian sudu sudu sisi bagian atas dan karena gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air *overshot* adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain. Keuntungan antara lain tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 80 %, tidak membutuhkan aliran yang deras, konstruksi yang sederhana, mudah dalam perawatan, teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir. Sedangkan kerugian kincir air tipe *overshot* antara lain karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air memerlukan investasi lebih banyak, tidak dapat untuk mesin putaran tinggi, membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.

Roda air *overshot* memanfaatkan berat air, dengan menurunkan air di dalam sel-sel dari saluran hulu ke jalur ekor. Profil bilah harus dibentuk sesuai

dengan lengkungan jet bebas selama proses aliran masuk, dan untuk menahan air di dalam sel-sel hingga posisi terendah, di mana mereka segera kosong. Sel harus diisi dengan air sebesar 30–50% dari volume mereka, yang berarti rasio pengisian (rasio pengisian adalah volume air di dalam ember terhadap volume ember) adalah 0,3–0,5. Pembukaan setiap sel sedikit lebih lebar dari jet, agar udara bisa keluar (Emanuelle dan Roberto, 2018).



Gambar 2. 7: Tipe Kincir Overshot

Sumber: (Ignatius Gunawan Widodo et al., 2018).

2.7.3 Kincir air breast shot

Kincir air breast shot merupakan perpaduan antara tipe *overshot* dan *undershot* dilihat dari energi yang diterimanya. Keuntungan kincir tipe breast ini adalah lebih efisien dari tipe *undershot*, dibandingkan tipe *overshot* tinggi jatuhnya lebih pendek, dapat diaplikasikan pada sumber air aliran rata, sedangkan kerugiannya adalah sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe *undershot* (lebih rumit), diperlukan pada arus aliran rata, efisiensi lebih kecil daripada tipe *overshot* (20%-75%).

Salah satu kelemahan dari roda air breastshot adalah kecepatan rotasi (n) yang sangat lambat. n optimal berada antara 7,5 hingga 20 rpm. Kecepatan rendah ini membuat roda air ini membutuhkan rasio transmisi yang tinggi untuk dihubungkan dengan generator guna mengubah energi mekaniknya menjadi energi listrik. Rasio transmisi yang tinggi membuat aplikasi roda air breastshot menjadi lebih rumit, dengan kerugian tambahan yang memengaruhi kinerjanya. Kecepatan n yang lebih tinggi dapat dicapai dengan meningkatkan kecepatan tangensial masukan dan mengurangi diameter (D) (Dewi Puspita, 2023).

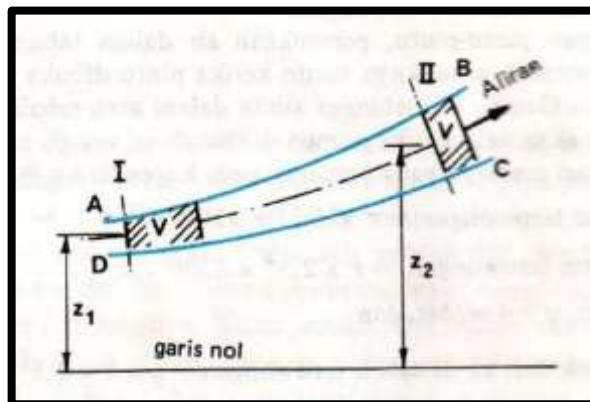


Gambar 2. 8: Tipe Kincir Breast Shot

Sumber: (Ignatius Gunawan Widodo et al., 2018).

2.8 Persamaan Bernoulli

Suatu filamen arus adalah elemen dari fluida yang dibatasi oleh garis-garis arus. ABCD adalah potongan melalui filamen arus, AB dan CD adalah garis arus. Karena aliran selalu tangensial terhadap garis arus, tidak ada cairan dapat memasuki atau meninggalkan filamen arus, kecuali dengan melintasi potongan I atau II.



Gambar 2. 9: Aliran Melalui Filamen Arus

Sebagai hasil permulaan, diisyaratkan untuk memahami bahwa kalau suatu piston dari luas penampang a bergerak sejauh s terhadap air di dalam pipa (dari luas penampang a) pada tekanan p ,

Dan karena itu energi air bertambah dengan sejumlah yang sama dengan tekanan x volume dipindahkan. Kalau suatu volume kecil (V), dari cairan memasuki filamen arus pada potongan I, volume V yang sama harus meninggalkan potongan II.

Persamaan Bernoulli adalah pernyataan yang lebih umum dari prinsip kekekalan energi, dan dipakai, khusus hanya pada “*stream line*”. Dalam praktek, sebagai energi biasanya berubah kedalam energi panas, baik karena gesekan maupun karena pembentukan ulakan dalam aliran terbuka, energi dari air yang hilang dengan jalan ini dinyatakan dengan h_L .

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2g} + z_2 + h_L \quad (2.1)$$

2.9 Persamaan 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 (Q)

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

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.2)$$

Dimana :

Q = debit air (m^3/s)

t = waktu (s)

V = Volume (m^3)

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:

$$Q = \frac{0,0186 \times H^{\frac{5}{2}}}{1000} \quad (2.3)$$

3. Kecepatan Aliran Air (v)

Kecepatan aliran air adalah banyaknya air yang mengalir dengan kecepatan tertentu persatuan waktu.

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2.4)$$

Dimana :

A = Luas Penampang Nozzle (m^2/s)

4. Daya Air (P_{air})

Daya air adalah daya yang diberikan air terhadap sudu turbin atau daya yang tersedia pada air yang mengalir. Daya input yang dihasilkan oleh turbin tergantung pada kecepatan air dan debit air yang mengalir. Pada pengujian aliran air lah yang dimanfaatkan untuk menggerakkan turbindengan kata lain energi ikinetik air yang digunakan untuk menggerakkan sudu. Sehingga persamaan yang digunakan yaitu .:

$$P_{air} = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad (2.5)$$

Dimana :

P_{air} = daya air (W)

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

5. Torsi (T)

Torsi adalah gaya putar yang diterapkan pada suatu objek sehingga objek itu berputar sekitar sumbu tertentu.

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

Dimana :

m = massa beban (kg)

r = jari-jari pulley (m)

6. Kecepatan sudut (T)

Torsi adalah gaya putar yang diterapkan pada suatu objek sehingga objek itu berputar sekitar sumbu tertentu.

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \quad (2.7)$$

Dimana :

n = RPM

7. Daya Turbin (P_{turbin})

Daya turbin adalah daya yang berguna dari turbin. Daya output yang dihasilkan oleh turbin arus bawah tergantung pada kecepatan air, luas penampang dan putaran turbin itu sendiri. Dari perhitungan torsi turbindan kecepatan sudut maka diperoleh persamaan daya output turbin, yang dapat dituliskan sebagai berikut.

$$P_{\text{Roda Air}} = T \cdot \omega \quad (2.8)$$

Dimana :

$P_{\text{Roda Air}}$ = Daya turbin (W)

T = Torsi (N.m)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

8. Efisiensi Turbin

Daya turbin adalah daya yang berguna dari turbin. Daya output yang dihasilkan oleh turbin arus bawah tergantung pada kecepatan air, luas penampang dan putaran turbin itu sendiri. Dari perhitungan torsi turbindan kecepatan sudut maka diperoleh persamaan daya output turbin, yang dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\eta_t = \frac{P_{\text{Roda Air}}}{P_{\text{air}}} \times 100\% \quad (2.9)$$

Dimana :

η_t = Efisiensi turbin

$P_{\text{Roda Air}}$ = Daya turbin (W)

P_{air} = Daya Air (W)