

SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA TURBIN AIR ARUS ATAS TIGA BELAS SUDU
DENGAN VARIASI DEBIT**

Disusun dan diajukan oleh :

Jay Arley Rapa'

D021201013



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

SULAWESI SELATAN

GOWA

2024



SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA TURBIN AIR ARUS ATAS TIGA BELAS SUDU
DENGAN VARIASI DEBIT**

Disusun dan diajukan oleh :

Jay Arley Rapa'

D021201013



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

SULAWESI SELATAN

GOWA

2024



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS KINERJA TURBIN AIR ARUS ATAS TIGA BELAS SUDU DENGAN VARIASI DEBIT

Disusun dan diajukan oleh

JAY ARLEY RAPA'

D021 20 1013

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

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 20 Agustus 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Luther Sule, ST., MT.
NIP. 195608271 98503 1 001

Pembimbing Pendamping



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

Ketua Program Studi,



Dr. Ir. Muhammad Syahid, S.T., M.T.
NIP. 19770707 200511 1 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jay Arley Rapa'
NIM : D021 20 1013
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

“Analisis Kinerja Turbin Air Arus Atas Tiga Bleas Sudu Dengan Variasi Debit”

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

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi 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, 20 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,

 METERAI TEMPEL
10000
F0ALX326575259
Jay Arley Rapa'



Optimized using
trial version
www.balesio.com

ABSTRAK

JAY ARLEY RAPA', Analisis Kinerja Turbin Air Arus Atas Tiga Belas Sudu Dengan Variasi Debit Air (dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT. & Gerard Antonini Duma, ST., MT.)

Saat ini kehidupan umat manusia didampangi atau tidak terpisahkan oleh energi. Energi sangat dibutuhkan hingga menjadi kebutuhan pokok dalam kehidupan manusia. Akan tetapi, manusia selalu bergantung kepada energi fosil, hal ini mendorong manusia untuk mengembangkan energi alternatif lain yang bersifat terbarukan (Usman & Adiwibowo, 2021). Tenaga air adalah energi yang dimiliki air dan digunakan sebagai dalam bentuk energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran sungai (Sule, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja turbin air arus atas dengan tiga belas sudu melalui variasi debit air. Secara spesifik, penelitian ini mengkaji daya turbin, efisiensi, dan kinerja terbaik dari turbin air tersebut.

Metodologi yang digunakan adalah penelitian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Mesin Fluida, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, pada bulan September 2023. Proses penelitian mencakup identifikasi dan perumusan masalah, studi pustaka, pengambilan data, analisis hasil, dan penarikan kesimpulan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja terbaik turbin air arus atas dengan tiga belas sudu diperoleh pada kondisi pembukaan katup 5 (Q_5) dengan beban 1,1 kg. Kondisi ini menghasilkan daya turbin tertinggi sebesar 4,574 watt dan efisiensi tertinggi mencapai 32,83%. Temuan ini menunjukkan bahwa variasi debit air memiliki pengaruh signifikan terhadap performa turbin air, dengan implikasi penting untuk optimasi dalam aplikasi praktis.



nci: Energi Air, Turbin Air Arus Atas, Debit, Daya, Efisiensi

ABSTRACT

JAY ARLEY RAPA', Performance Analysis of an Overshot Water Turbine with Thirteen Blades Under Variable Water Flow Rates (supervised by Prof. Dr. Ir. Luther Sule, MT. & Gerard Antonini Duma, ST., MT.)

Currently, human life is inseparable from energy. Energy is essential for human existence and has become a basic necessity in life. However, humans have always relied on fossil energy, prompting the development of alternative renewable energy sources (Usman & Adiwibowo, 2021). Hydropower is the energy possessed by water and used in the form of mechanical energy or electrical energy. The utilization of water energy is often carried out using water turbines that harness waterfalls or river flows (Sule, 2015).

This research aims to analyze the performance of an overshot water turbine with thirteen blades by varying the water flow rate. Specifically, this study examines the turbine's power output, efficiency, and optimal performance under different flow rates.

The methodology employed is experimental research conducted at the Fluid Mechanics Laboratory, Faculty of Engineering, Hasanuddin University, in September 2023. The research process includes problem identification and formulation, literature review, data collection, result analysis, and conclusion drawing.

The results show that the best performance of the overshot water turbine with thirteen blades is achieved at valve opening 5 (Q_5) with a load of 1.1 kg. This condition produces the highest turbine power output of 4.574 watts and the highest efficiency of 32.83%. These findings indicate that variations in water flow rate significantly affect the performance of the water turbine, with important implications for optimization in practical applications.



Is: Water Energy, Overshot Water Turbine, Flow Rate, Efficiency

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	4
I.3 Tujuan Penelitian.....	4
I.4 Batasan Masalah.....	4
I.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
II.1 Turbin Air	6
II.2 Prinsip Kerja Turbin Air.....	6
II.3 Komponen Turbin Air	7
II.3.1 Rotor, yaitu bagian yang berputar pada system yang terdiri dari :	7
II.3.2 Stator , yaitu bagian yang diam pada system yang terdiri dari :	7
II.4 Klasifikasi Turbin Air.....	7
II.4.1 Turbin Impuls.....	7
II.4.2 Turbin Reaksi.....	9
II.5 Sudu Turbin	10
II.6 Kincir Air.....	11
II.6.1 Kincir Air <i>Overshot</i>	11
II.6.2 Kincir Air <i>Undershot</i>	12
II.6.3 Kincir Air <i>Breastshot</i>	13
laan Beban Tidak Maksimum dan Pengaturan Turbin Air	13
amaan Rumus yang digunakan	13
METODE PENELITIAN.....	17



III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
III.2 Objek Penelitian.....	17
III.3 Alat dan Bahan.....	18
III.3.1 Alat Penunjang Penelitian.....	18
III.3.2 Bahan yang digunakan.....	22
III.4 Tahapan Penelitian.....	23
III.5 Prosedur Pengambilan Data.....	23
III.6 Spesifikasi Turbin	24
III.7 Rancangan Alat.....	25
1. Instalasi Alat.....	25
2. Skema Dasar Rancangan Alat.....	26
3. Skema Rancangan Tiga Belas Sudu.....	27
4. Skema Dasar Rancangan Katup <i>Ball Valve</i>	27
III.8 Flow Chart Penelitian	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
IV.1 Hasil.....	31
IV.1.1 Contoh Perhitungan Eksperimen.....	31
IV.1.2 Contoh Perhitungan Segitiga Kecepatan.....	35
IV.1.3 Hubungan antara beban (m) dengan putaran turbin (n) pada setiap debit (Q)	37
IV.1.4 Hubungan antara debit (Q) dengan kecepatan sudut turbin (ω) pada setiap beban (m).....	38
IV.1.5 Hubungan antara beban (m) dengan daya turbin (P_{Turbin}) pada setiap debit (Q).....	40
IV.1.6 Hubungan antara beban (m) dengan efisiensi turbin (η_{Turbin}) pada setiap debit (Q).....	41
IV.1.7 Hubungan antara beban (m) dengan efisiensi turbin (η_{Turbin}) pada setiap debit (Q).....	41
1.8 Hubungan antara daya turbin (P_{Turbin}) dengan putaran turbin pada setiap debit (Q).....	41



IV.1.9 Hubungan antara debit (Q) dengan putaran turbin (n) pada setiap beban (m)	41
IV.1.10 Hubungan antara debit (Q) dengan daya turbin (P_{Turbin}) pada setiap beban (m)	41
IV.1.11 Hubungan antara debit (Q) dengan efisiensi turbin (η_{Turbin}) pada setiap beban (m)	41
IV.2 Pembahasan	49
IV.2.1 Hubungan antara debit (Q) dengan putaran turbin (n) pada setiap beban (m)	49
IV.2.2 Hubungan antara debit (Q) dengan kecepatan sudut turbin (ω) pada setiap beban (m)	50
IV.2.3 Hubungan antara debit (Q) dengan daya turbin (P_{Turbin}) pada setiap beban (m)	51
IV.2.4 Hubungan antara debit (Q) dengan efisiensi turbin (η) pada setiap beban (m)	51
IV.2.5 Hubungan antara daya turbin (P_{Turbin}) dengan putaran turbin (n) pada variasi debit (Q) di setiap beban (m)	52
IV.3 Perbandingan hasil penelitian	58
BAB V PENUTUP	59
V.1 Kesimpulan	59
V.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Turbin Pelton	8
Gambar 2. Skema Turbin Aliran <i>Ossberger</i>	8
Gambar 3. <i>Runner</i> Turbin <i>Crossflow</i>	9
Gambar 4. Turbin Francis.....	10
Gambar 5. Turbin Kaplan & <i>Propeller</i>	10
Gambar 6. Kincir Air <i>Overshot</i>	11
Gambar 7. Kincir Air <i>Undershot</i>	12
Gambar 8. Kincir Air <i>Breastshot</i>	13
Gambar 9. Randemen beberapa konstruksi turbin air pada saat pembebanan sebagian	14
Gambar 10. Mesin Las.....	20
Gambar 11. Gergaji Besi	20
Gambar 12. Meteran.....	20
Gambar 13. Bearing.....	21
Gambar 14. Tachometer Digital	21
Gambar 15. Timer.....	21
Gambar 16. Neraca Pegas.....	22
Gambar 17. <i>Pulley</i>	22
Gambar 18. Tali Pramuka.....	22
Gambar 19. Pemberat	23
Gambar 20. Pompa	23
Gambar 21. Katup (<i>Valve</i>).....	23
Gambar 22. Pipa PVC	24
Gambar 23. Talang Air.....	24
Gambar 24. Sambungan Pipa	24
25. Drum air 200 liter	25
26. Gambar 3D Alat.....	27
27. Skema Dasar Alat	28



Gambar 28. Proyeksi Turbin	29
Gambar 29. Skema Pembukaan Katup 60%	29
Gambar 30. Skema Pembukaan Katup 70%	30
Gambar 31. Skema Pembukaan Katup 80%	30
Gambar 32. Skema Pembukaan Katup 90%	31
Gambar 33. Skema Pembukaan Katup 100%	31
Gambar 34. Hubungan antara beban terhadap putaran turbin pada setiap debit	40
Gambar 35. Hubungan antara debit dengan kecepatan sudut turbin pada setiap beban	41
Gambar 36. Hubungan antara beban dengan daya turbin pada setiap debit.....	42
Gambar 37. Hubungan antara beban dengan efisiensi turbin pada setiap debit	44
Gambar 38. Hubungan antara daya turbin dengan putaran turbin pada setiap debit.	46
Gambar 39. Hubungan antara debit dengan putaran turbin pada setiap beban	49
Gambar 40. Hubungan antara debit dengan daya turbin pada setiap beban.....	51
Gambar 41. Hubungan antara debit dengan efisiensi turbin pada setiap beban	52



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi turbin.....	28
Tabel 2. Hubungan antara beban dengan putaran turbin pada setiap debit	39
Tabel.3. Hubungan antara debit dengan kecepatan putar turbin pada setiap beban	41
Tabel 4. Hubungan antara beban dengan daya turbin pada setiap debit	42
Tabel 5. Hubungan antara beban dengan efisiensi turbin pada setiap debit.....	43
Tabel 6. Hubungan antara daya turbin dengan putaran turbin pada setiap beban variasi debit.....	45
Tabel 7. Hubungan antara debit dengan putaran turbin pada setiap beban variasi debit.....	49
Tabel 8. Hubungan antara debit dengan daya turbin pada setiap beban variasi debit	50
Tabel 9. Hubungan antara debit dengan efisiensi turbin pada setiap beban variasi debit.....	52



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

No	Simbol	Keterangan	Satuan
1	Q	Debit air	m ³ /s
2	V	Volume air	m ³
3	t	Waktu	s
4	v	Kecepatan aliran air	m/s
5	A	Luas penampang	m ²
6	P _{air}	Daya air	Watt
7	ρ	Massa jenis air	kg/m ³
8	H	Tinggi air di <i>reservoir</i>	m
9	τ	Torsi	Nm
10	F	Gaya	N
11	r	Jari-jari pembebanan	m
12	m	Massa	kg
13	g	Percepatan gravitasi	m/s
14	P _{turbin}	Daya turbin	Watt
15	ω	Kecepatan putar	rad/s
16	n	Jumlah putaran	rpm
17	η	Efisiensi turbin	%



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tabel hasil pengamatan pengujian turbin air arus atas	63
Lampiran 2	Tabel hasil perhitungan pengujian turbin air arus atas.....	64
Lampiran 3	Tabel hasil perhitungan segitiga kecepatan turbin air arus atas.....	66
Lampiran.4	Tabel dnsitas air berdasarkan temperatur (Pell & Dunson, 1997)	68
Lampiran 5	Dokumentasi.....	69



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas ridha-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul “**Analisis Kinerja Turbin Air Arus Atas Tiga belas Sudu Dengan Variasi Debit**”. Penyusunan skripsi ini merupakan syarat kelulusan dalam menyelesaikan studi untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari peran banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dorongan, dan masukan kepada penulis sehingga pada kesempatan ini penulis dengan kerendahan hati dan rasa hormat menghaturkan rasa terima kasih kepada orang tua penulis, Bapak **Herman Rapa'** dan Ibunda **Afrida Tanduk**.

Penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan serta bantuan selama penyusunan skripsi ini. Terima kasih penulis sampaikan kepada:

Bapak **Prof. Dr. Ir. Luther Sule, ST., MT.** selaku pembimbing atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan hingga akhir penyusunan skripsi ini.

Bapak **Gerard Antonini Duma ST., MT.** selaku tim penguji atas waktu dan segala masukan yang bermanfaat dalam penyusunan skripsi ini.

Seluruh Dosen Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin atas segala ilmu dan bantuan selama penulis menjalani perkuliahan.

Seluruh Staf Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin atas segala bantuan yang telah diberikan dalam pengurusan administrasi dan pengurusan lainnya selama penulis menjalani perkuliahan.

Saudara – saudara seperjuangan ZTATOR 2020 yang setia menemani, membantu, dan mendukung penulis dari awal kuliah dan seterusnya.

Teman – teman, kakak senior serta junior seperjuangan Laboratorium mesin Fluida yang telah bersedia menemani dan membantu selama masa penelitian dan penyusunan skripsi.



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 jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritikan dan saran yang membangun dari pembaca agar penyusunan selanjutnya lebih baik. Penulis juga berharap agar skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca serta pengetahuan tentang dasar – dasar teori dan perhitungan pada proses kinerja turbin air skala kecil.

Gowa, 20 Agustus 2024

Penulis,
Jay Arley Rapa'



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Saat ini kehidupan umat manusia didampingi atau tidak terpisahkan oleh energi. Energi sangat dibutuhkan oleh umat manusia dan energi juga sudah menjadi kebutuhan pokok dalam kehidupan. Seiring perkembangan manusia yang maju, kemampuan manusia untuk mengendalikan energi juga semakin berkembang. Akan tetapi, manusia selalu bergantung kepada energi fosil, dimana energi fosil tersebut merupakan energi yang sifatnya tak terbarukan. Karena sifatnya yang terbatas dan dapat menyebabkan bahan pencemaran, maka dalam hal ini mendorong manusia untuk mengembangkan energi alternatif lain yang lebih ramah lingkungan dan bersifat terbarukan agar kebutuhan manusia tetap dapat tercukupi (Usman & Adiwibowo, 2021).

Indonesia termasuk Negara kepulauan terbesar didunia dengan luas perairan yang dimiliki sekitar 2/3 dari total keseluruhan yang dimiliki. Hal ini sangat memenuhi indonesia untuk menghasilkan energi terbarukan yaitu energi air. Secara nasional, ketersediaan air di indonesia mencapai 694 milyar meter kubik pertahun yang dapat dimanfaatkan, namun faktanya saat ini baru sekitar 23% yang telah termanfaatkan, Dari 23% tersebut hanya sekitar 20% yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan kota dan industri, selebihnya 80% dimanfaatkan untuk kebutuhan irigasi (Tahir dkk, 2018).

Air merupakan salah satu elemen terpenting bagi kehidupan makhluk hidup yang ada di permukaan bumi dengan begitu banyak hal yang dapat diberikan terutama bagi manusia untuk bisa memenuhi kebutuhannya sehari-hari. Secara nasional, ketersediaan air di Indonesia mencapai 694 milyar meter kubik per tahun. Jumlah ini pada dasarnya adalah potensi yang dapat dimanfaatkan, namun faktanya saat ini sekitar 23 % yang sudah termanfaatkan, dimana hanya sekitar 20 % yang memanfaatkan tersebut digunakan untuk memenuhi dua kebutuhan air baku rumah



tangga, kota dan industri, 80 % lainnya dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi (Boli et al., 2018).

Tenaga air adalah tenaga yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan sebagai dalam bentuk energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air (turbin) yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran sungai (Sule, 2015).

Salah satu sumber energi penghasil energi listrik yang masih banyak tersedia di Indonesia dan ramah lingkungan adalah sumber energi air. Negara Indonesia sangat berpotensi untuk membangun pembangkit listrik yang menggunakan energi energi air dikarenakan di wilayah Negara Indonesia masih banyak mempunyai sumber daya alam air yang sangat melimpah. Instalasi yang dapat digunakan untuk memanfaatkan sumber daya air adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). PLTMH merupakan pembangkit listrik skala kecil yang memanfaatkan energi air sebagai tenaga penggerak. Energi air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi berasal dari sungai, air terjun, atau saluran irigasi (Kusnadi et al., 2018).

Menurut Penelitian sebelumnya mengenai studi “Analisis Kinerja Turbin Air Tipe Arus Atas Dengan Variasi 8 (Delapan) Sudu Lengkung”, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja turbin air arus atas menggunakan 8 sudu lengkung dengan variasi pembebanan dan debit. Hasil dan kesimpulan yang diperoleh menunjukkan karakteristik kinerja turbin air arus atas 8 (delapan) sudu lengkung pada variasi pembebanan dan debit menghasilkan nilai yang tertinggi pada pembukaan katup 100% di pembebanan 2 kg. Daya turbin air maksimum dihasilkan pada pembukaan katup 100% dengan beban 2 kg yang dihasilkan sebesar 8,1937 watt (G. A. Duma, dkk., 2023).

Dari penelitian sebelumnya mengenai studi “Analisis Karakteristik Kinerja n Air Arus Atas Dengan 8 (Delapan) Sudu Bengkok Pada Variasi Pembebanan Debit”, dalam studi ini bertujuan untuk mengetahui kinerja terbaik turbin air overshoot dengan sudu bengkok 45° dan variasi debit dan pembebanan yang



digunakan pada eksperimen ini adalah $0,000437 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,000469 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $0,00048 \text{ m}^3/\text{s}$ serta pembebanan 0,5 kg, 1 kg, 1,5 kg, 2 kg, dan 2,5 kg. Hasil dan kesimpulan yang diperoleh menunjukkan bahwa kinerja turbin air arus atas 8 (delapan) sudu bengkok pada variasi pembebanan dan debit menghasilkan nilai yang tertinggi pada debit $0,00048 \text{ m}^3/\text{s}$ di pembebanan 1,5 kg dengan nilai daya turbin maksimum dihasilkan sebesar 5,4515 watt dan efisiensi turbin yang dihasilkan sebesar 60,7538% (Zulfahri, 2023).

Menurut penelitian sebelumnya mengenai studi “Pengaruh Debit Air Terhadap Putaran Runner Turbin Crossflow Pada PLTMH”, dalam studi ini dilakukan menggunakan instalasi penelitian yang tersusun atas beberapa peralatan utama. Diantaranya runner (piringan dan sudu), nozel, tachometer, multimeter, flowmeter dan neraca pegas. penelitian ini menggunakan debit $0,0041454 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,0040326 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $0,0030174 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan variasi volume air $0,06 \text{ m}^3$, $0,08 \text{ m}^3$, dan $0,1 \text{ m}^3$, menggunakan sudu berjumlah 22 sudu. Unjuk kerja turbin crossflow ditunjukkan berdasarkan tekanan, torsi, dan daya turbin serta efisiensi turbin yang diperhitungkan dari hasil pengujian. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa debit air $0,0041454 \text{ m}^3/\text{s}$ yang lebih baik dibandingkan dari debit air $0,0030174 \text{ m}^3/\text{s}$ yaitu pada putaran (165,9 rpm) torsi (0,207Nm) daya turbin (1,09 watt), daya air (16,266 watt) dan efisiensi turbin (22,08%) terjadi pada debit air $0,0041454 \text{ m}^3/\text{s}$ (Basya M.F, Dkk, 2020).

Selama ini masyarakat banyak menggunakan kincir air tipe *breastshot* dalam kehidupannya sehari-hari, namun pengaplikasiannya yang dilakukan itu tidak diterapkan secara maksimal. Hal ini disebabkan karena kurangnya publikasi mengenai cara penggunaan dan perkembangan *prototype* kincir membuat sulitnya masyarakat mendapatkan referensi. Kincir air yang sering dipakai terbagi menjadi 3 tipe yaitu : kincir air tipe *overshot*, kincir air tipe *undershot*, dan kincir *breastshot*.

Maka dari latar belakang inilah yang mendasari penulis melakukan penelitian in judul “**Analisis Kinerja Turbin Air Arus Atas Tiga Belas Sudu Dengan Variasi Debit**”.



I.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana menganalisis daya turbin air menggunakan tiga belas sudu dengan variasi debit aliran?
2. Bagaimana menganalisis efisiensi turbin air menggunakan tiga belas sudu dengan variasi debit aliran?
3. Bagaimana menentukan kinerja terbaik turbin air menggunakan tiga belas sudu dengan variasi debit aliran?

I.3 Tujuan Penelitian

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

1. Menganalisis daya turbin air menggunakan tiga belas sudu dengan variasi debit air.
2. Menganalisis efisiensi turbin air menggunakan tiga belas sudu dengan variasi debit air.
3. Menentukan kinerja terbaik turbin air menggunakan tiga belas sudu dengan variasi debit aliran.

I.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Poros yang digunakan yaitu poros horizontal.
2. Material sudu yang digunakan yakni Talang Air Setengah Bulat PVC.
3. Jumlah sudu turbin yakni sebanyak tiga belas sudu.
4. Menggunakan pembebanan sebesar 0,1 kg; 0,2 kg; 0,3 kg; 0,4 kg; 0,5 kg; 0,6 kg; 0,7 kg; 0,8 kg; 0,9 kg; dan 1 kg, 1,1 kg; 1,2 kg menggunakan head yang konstan.
5. Tidak memperhitungkan kerugian aliran pada instalasi pengujian alat.



I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain:

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 khususnya turbin air arus atas di lingkup Departemen Teknik Mesin.
 - b. Merupakan pustaka tambahan untuk menunjang proses perkuliahan.



BAB II

LANDASAN TEORI

II.1 Turbin Air

Air merupakan sumber energi yang murah dan relative mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial dan energi kinetik. Tenaga air (*hydropower*) adalah energi yang diperoleh air yang mengalir. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air disungai (Sahbana dan Anam, 2019).

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).

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 19 dan turbin Kaplan yang ditemukan oleh Viktor Kaplan pada abad 20 (Sahbana & Anam, 2018).

II.2 Prinsip Kerja Turbin Air

Turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik.

an air yang mempunyai energi potensial akan disemprotkan ke sudu-sudu turbin oleh *nozzle*. Putaran dari sudu-sudu tersebut akan mengakibatkan poros



turbin ikut bergerak dan kemudian putaran poros turbin akan diteruskan ke generator listrik untuk mengubahnya menjadi energi listrik (Saputra, A. 2018).

II.3 Komponen Turbin Air

Komponen-komponen dari turbin air antara lain :

II.3.1 Rotor, yaitu bagian yang berputar pada system 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 dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran pada sistem.

II.3.2 Stator , yaitu bagian yang diam pada system yang terdiri dari :

1. Pipa pengarah / *nozzle* yang berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan fluida yang digunakan di dalam sistem besar.
2. Rumah Turbin, berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen komponen turbin (Hariyanto, 2016).

II.4 Klasifikasi Turbin Air

Turbin air dibedakan dua kelompok, yaitu berdasarkan kapasitas aliran dan tinggi air jatuh. Berdasarkan klasifikasi turbin air dibagi menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

II.4.1 Turbin Impuls

Turbin impuls disebut dengan turbin air tekanan sama karena tekanan air yang keluar dari *nozzel* tekanannya sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Sehingga energi tempat dan tekanan yang dimiliki oleh air dirubah semuanya menjadi energi kecepatan. Ada beberapa jenis turbin air yang termasuk turbin impuls, antara lain : Turbin pelton dan Turbin *Cross Flow* (Aryono, T. 2019).



a. Turbin Pelton

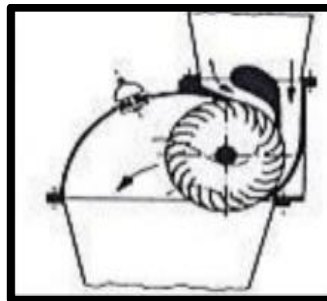
Turbin ini ditemukan sekitar 1880 oleh pelton dari negara Amerika. Turbin Pelton merupakan turbin impuls. Turbin pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut *nozzle*. Turbin pelton adalah salah satu dari jenis turbin yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang tepat di gunakan untuk head tinggi.



Gambar 1. Turbin Pelton (Aryono, T. 2019)

b. Turbin Aliran Ossberger (*Crossflow*)

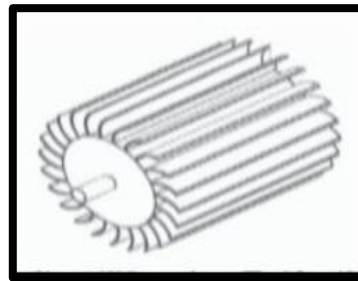
Turbin jenis impuls ini juga dikenal dengan nama Turbin Michell-Banki. Turbin ini mengalami modifikasi oleh Michell berasal dari Australia dan Banki berasal dari Honggaria. Selain itu juga disebut Turbin *Ossberger* yang merupakan perusahaan yang memproduksi turbin *crossflow*. Turbin *crossflow* dapat digunakan pada debit 20 ltr/sec hingga 10 m³ /sec dan head antara 1 s/d 200 m.



Gambar 2. Skema Turbin Aliran *Ossberger* (Aryono, T. 2019)



Turbin *crossflow* menggunakan *nozzle* persegi panjang dengan lebar sesuai dengan lebar runner. Pancaran air masuk pada turbin mengenai sudu sehingga terjadi konversi energy kinetik menjadi energi mekanis. Air mengalir keluar membentur sudu dan memberikan tekanan (lebih rendah dibanding saat masuk) kemudian meninggalkan turbin. *Runner* pada turbin dibuat dari beberapa sudu yang dipasang dengan sepanjang paralel.



Gambar 3. *Runner Turbin Crossflow* (Aryono, T. 2019)

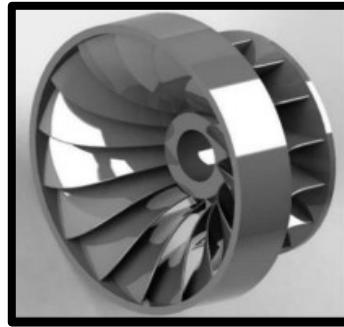
II.4.2 Turbin Reaksi

Turbin reaksi disebut juga dengan turbin tekanan lebih karena air sebelum masuk roda turbin lebih besar dari pada tekanan air saat keluar roda turbin. Secara umum dapat dikatakan bahwa aliran air yang masuk keroda turbin mempunyai energi penuh, kemudian energi ini dipakai sebagian untuk menggerakkan roda turbin dan sebagian lagi dipergunakan untuk mengeluarkan air kesaluran pembuangan. Jenis turbin reaksi yang sering digunakan antara lain, turbin francis, turbin propeller atau kaplan.

a. Turbin Francis

Turbin francis merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi dibagian masuk dan air bertekanan rendah dibagian keluar. Turbin francis menggunakan sudu pengarah. Sudu pengarah mengarahkan air masuk secara linear. Sudu pengarah pada turbin francis dapat merupakan suatu sudu pengarah yang tetap ataupun sudu pengarah yang dapat diatur sudunya.

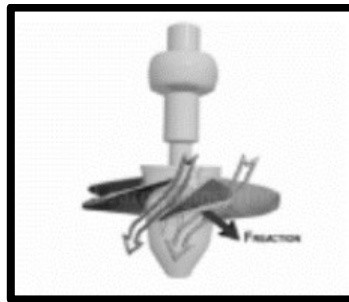




Gambar 4. Turbin Francis

b. Turbin Kaplan/*Propeller*

Turbin kaplan merupakan salah satu jenis dari turbin reaksi. Turbin Kaplan tersusun dari propeller/sudu-sudu turbin seperti baling-baling kapal. Sudu turbin Kaplan berfungsi untuk mendapatkan gaya putar/tangensial pada poros turbin yang dapat menghasilkan torsi (Kusnadi et al., 2018).



Gambar 5. Turbin Kaplan & *Propeller* (Saputra, A. 2018)

II.5 Sudu Turbin

Sudu adalah bagian dari turbin dan fluida kerja (air, angin, uap, dll.) mengubah gerakan semburan air yang masuk ke turbin dan menumbuk sudu turbin menjadi gerakan rotasi atau konversi energi, yaitu mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik untuk bergerak atau energi posisi menjadi energi kinetik untuk Fungsi. Bentuk sudu turbin sesuai dengan fluida kerja yang menggerakannya dengan dimensi sesuai dengan kebutuhan untuk menggerakkan roda turbin (Muhammad Agus Sahbana dan Syahrul Khoirilum, 2019).



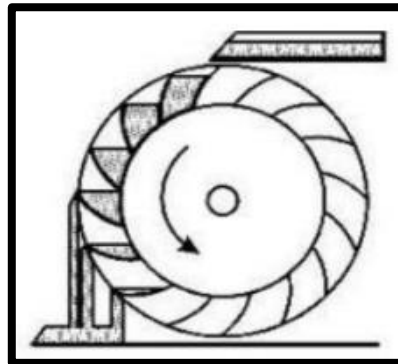
Bentuk sudu turbin menentukan putaran turbin sehingga output turbin dapat ditingkatkan. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan bentuk sudu yang sesuai untuk memaksimalkan output daya turbin. (Ahmad Yani,2017).

II.6 Kincir Air

Kincir air merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengubah energi air menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Kincir air adalah sebuah mesin yang digerakkan oleh tenaga air, yang bisa dipergunakan untuk berbagai keperluan memompa air untuk mengalir sawah dan kincir air dapat digunakan sebagai pembangkit listrik. Ada beberapa jenis tipe kincir air, diantaranya sebagai berikut :

II.6.1 Kincir Air *Overshot*

Kincir air *overshot* bekerja jika air yang mengalir jatuh ke arah sudu-sudu sisi bagian atas, karena gaya berat air roda kincir akan berputar. Kincir air tipe *overshot* adalah kincir yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain (Sihaloho, 2017).



Gambar 6. Kincir Air *Overshot* (Mulianto, 2020)

Beberapa keunggulan dari kincir air *overshot* yaitu:

- a. Konstruksi yang sederhana.
- b. Tingkat efisiensi yang tinggi dan mencapai 85%.
- c. Tidak membutuhkan aliran yang deras.
- d. Mudah dalam perawatan.



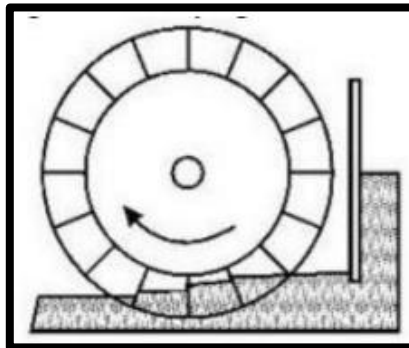
- e. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah terpencil.

Beberapa kerugian dari kincir air *overshot* yaitu:

- Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya menggunakan reservoir air atau bendungan air, sehingga memerlukan investasi yang lebih banyak.
- Tidak dapat diaplikasikan untuk mesin dengan putaran tinggi.
- Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- Daya yang dihasilkan relative kecil.

II.6.2 Kincir Air *Undershot*

Kincir air *undershot* bekerja bila air yang mengalir kemudian menghantam dinding sudu pada bagian bawah dari kincir air. Kincir air tipe *undershot* tidak mempunyai tambahan keuntungan dari head. Tipe ini cocok diletakkan pada perairan dangkal atau daerah yang datar.



Gambar 7. Kincir Air *Undershot* (Mulianto, 2020)

Beberapa keunggulan kincir air *undershot* yaitu :

- Konstruksi lebih sederhana.
- Lebih ekonomis.
- Mudah dipindahkan.

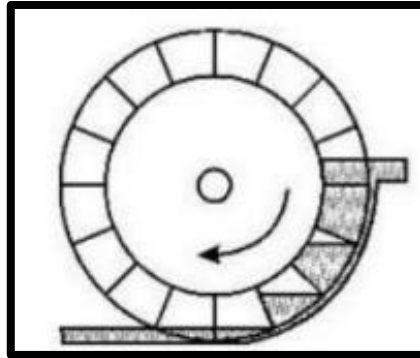
Beberapa kerugian kincir air *undershot* yaitu :

- Efisiensi kecil.
- Daya yang dihasilkan relatif kecil.



II.6.3 Kincir Air *Breastshot*

Kincir air *breastshot* merupakan perpaduan antara tipe *overshot* dan *undershot* dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi diameter kincir, arah aliran air yang menggerakkan kincir air disekitar sumbu poros dari kincir air. Kincir jenis ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe *undershot*.



Gambar 8. Kincir Air *Breastshot* (Mulianto, 2020)

II.8 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:

a. Debit air (Q)

Debit air merupakan volume air yang dapat dialirkan per satuan waktu. Debit air dapat dipergunakan untuk menghitung kecepatan aliran pada masing-masing pipa eksperimen, dimana debit air dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

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

Dimana :

Q= Debit air (m³/s)

V= Volume (m³)

t = Waktu (s)



b. Kecepatan aliran air (v)

Kecepatan aliran air adalah banyaknya air yang mengalir dengan kecepatan tertentu per satuan waktu. Kecepatan aliran dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2.2)$$

Dimana :

v = Kecepatan aliran air (m/s)

Q = Debit air (m³/s)

A = Luas penampang (m²)

c. Daya air (P_{air})

Daya air merupakan daya yang masuk ke dalam *nozzle*, yang besarnya dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut.

$$P_{\text{air}} = Q \times \rho \times g \times H \quad (2.3)$$

Dimana :

P_{air} = Daya air (Watt)

Q = Debit air (m³/s)

ρ = Massa jenis air (kg/m³)

H = *Head* aliran (m)

d. Torsi (τ)

Torsi adalah gaya putar yang dihasilkan oleh poros turbin atau kemampuan turbin untuk melakukan kerja. Torsi biasanya diberi simbol τ . Untuk mencari nilai torsi dapat digunakan persamaan berikut.

$$\tau = F \times r = m \times g \times r \quad (2.4)$$

Dimana :

τ = Torsi (Nm)

F = Gaya (N)

r = Jari-jari *pulley* (m)

m = Massa (kg)



g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

e. Daya turbin (P_{turbin})

Daya yang dihasilkan oleh turbin diperoleh dengan persamaan sebagai berikut.

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

Dimana :

P_{turbin} = Daya turbin (Watt)

τ = Torsi (Nm)

ω = Kecepatan putar (rad/s)

Untuk menentukan nilai kecepatan putar dapat digunakan persamaan berikut.

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \quad (2.6)$$

Dimana :

ω = Kecepatan putar (rad/s)

π = Phi (3,14)

n = Jumlah putaran

f. Efisiensi turbin (η_{turbin})

Efisiensi turbin adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan pada poros turbin dengan daya yang diberikan oleh fluida (air). Efisiensi turbin menyatakan kemampuan turbin untuk mengubah energi fluida menjadi energi yang berguna pada poros turbin. Untuk mengetahui efisiensi turbin dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\eta_{\text{turbin}} = \frac{P_{\text{turbin}}}{P_{\text{air}}} \times 100\% \quad (2.7)$$

Dimana :

η_{turbin} = Efisiensi turbin (%)

P_{turbin} = Daya turbin (Watt)

P_{air} = Daya air (Watt)



g. Segitiga kecepatan turbin air

Segitiga kecepatan ini digunakan untuk mengetahui aliran kecepatan masuk air, kecepatan putar turbin, dan kecepatan keluar air.

- Kecepatan aliran masuk (v_{in})

Dari perhitungan debit air, nilai kecepatan aliran masuk dapat diperoleh sebagai berikut.

$$v_{in} = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

Q = Debit air (m^3/s)

A = Luas penampang (m)

- Kecepatan aliran keluar (v_{out})

Nilai kecepatan aliran keluar merupakan selisih kecepatan aliran masuk dengan kecepatan putar turbin, sehingga dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

Maka :

$$v_{out} = v_{in} - \omega$$

Dimana :

v_{out} = Kecepatan aliran keluar

v_{in} = Kecepatan aliran masuk (v_{in})

ω = Kecepatan berguna ($v_{berguna}$)

Maka :

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n \times r}{60}$$

