

**PENGARUH KETINGGIAN SUDU TERHADAP UNJUK KERJA
TURBIN *VORTEX***

(Skripsi)

**Oleh
TRI TOPAN RAMADANI**



**PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

**PENGARUH KETINGGIAN SUDU TERHADAP UNJUK KERJA
TURBIN *VORTEX***

Oleh:

TRI TOPAN RAMADANI

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lampung



PROGRAM SARJANA TEKNIKI MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERISTAS LAMPUNG

2025

ABSTRAK

PENGARUH KETINGGIAN SUDU TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN *VORTEX*

Oleh:

TRI TOPAN RAMADANI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi ketinggian sudu terhadap unjuk kerja turbin vortex pada sistem pembangkit listrik tenaga air skala laboratorium. Turbin vortex merupakan jenis turbin yang dapat beroperasi pada head rendah dan memanfaatkan aliran pusaran air (*vortex flow*) untuk menghasilkan energi mekanik. Variasi ketinggian sudu yang digunakan pada penelitian ini adalah 208 mm, 248 mm, 288 mm, dan 320 mm dengan bentuk sudu melengkung (*curved blade*). Pengujian dilakukan pada tiga variasi debit aliran, yaitu 8,8 L/s, 10,5 L/s, dan 10,8 L/s. Parameter yang diukur meliputi putaran turbin (rpm), torsi (Nm), daya poros (Watt), dan efisiensi (%).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi ketinggian sudu berpengaruh signifikan terhadap torsi, daya, dan efisiensi turbin. Ketinggian sudu 288 mm menghasilkan performa terbaik dengan daya maksimum sebesar 25,82 Watt dan efisiensi maksimum sebesar 30,46% pada debit aliran 10,8 L/s dan putaran 208,7 rpm. Hal ini disebabkan karena pada ketinggian tersebut aliran pusaran terbentuk lebih stabil sehingga energi kinetik air dapat dikonversi lebih optimal menjadi energi mekanik.

Dapat disimpulkan bahwa peningkatan ketinggian sudu tidak selalu meningkatkan efisiensi turbin; terdapat tinggi sudu optimum yang mampu menghasilkan performa terbaik. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam perancangan turbin *vortex* untuk aplikasi mikrohidro pada daerah dengan potensi head rendah.

Kata kunci: turbin *vortex*, ketinggian sudu, efisiensi, daya poros, energi terbarukan

ABSTRACT

THE EFFECT OF BLADE HEIGHT ON THE EFFICIENCY OF GRAVITATIONAL WATER VORTEX TURBINE

By

TRI TOPAN RAMADANI

This study aims to determine the effect of blade height variation on the performance characteristics of a vortex turbine in a laboratory-scale micro-hydropower system. The vortex turbine is a type of water turbine that can operate under low-head conditions by utilizing vortex flow to generate mechanical energy. The tested blade heights were 208 mm, 248 mm, 288 mm, and 320 mm with curved blade shapes. The experiments were conducted using three discharge variations: 8.8 L/s, 10.5 L/s, and 10.8 L/s. The measured parameters included turbine rotation speed (rpm), torque (Nm), shaft power (Watt), and efficiency (%).

The results showed that blade height variation significantly affected the torque, power, and efficiency of the turbine. The 288 mm blade height achieved the best performance with a maximum output power of 25.82 Watts and a maximum efficiency of 30.46% at a discharge of 10.8 L/s and a rotation speed of 208.7 rpm. This occurs because, at this height, the water vortex forms more stably, allowing the kinetic energy of the water to be converted more effectively into mechanical energy.

It can be concluded that increasing the blade height does not always lead to higher turbine efficiency; there exists an optimal blade height that yields the best performance. The results of this study can serve as a reference for designing vortex turbines for micro-hydropower applications in areas with low-head water flow potential.

Keywords: vortex turbine, blade height, efficiency, shaft power, renewable energy

Judul Skripsi : PENGARUH KETINGGIAN SUDU
TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN
VORTEX

Nama Mahasiswa : Tri Topan Ramadani

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015021085

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Fakultas : Teknik


MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II



Jorff Boike Sinaga, S.T., M.T.
NIP. 197101271998031004



Ir. A. Yudi Eka R., S.T., M.Eng., IPM.
NIP. 197607152008121002

MENGETAHUI

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin


Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP. 197408162000121001


Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc.
NIP. 197011041997032001

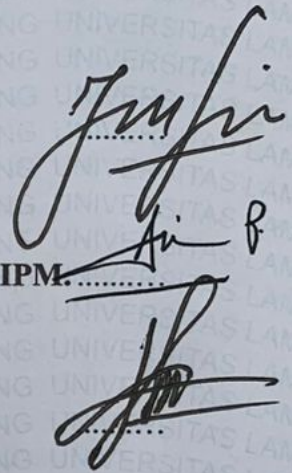
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T.

Anggota Penguji : Ir. A.Yudi Eka Risano, S.T., M.Eng., IPM.

Penguji Utama : Agus Sugiri, S.T., M.Eng.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 31 Juli 2025

LEMBAR PERNYATAAN

TUGAS AKHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 36 PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN PERATURAN REKTOR No. 13 TAHUN 2019.

Bandar Lampung, 31 Juli 2025
Pembuat Pernyataan



Tri Topan Ramadani
NPM. 2015021085

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tanjung Karang pada tanggal 02 Desember 2000 sebagai anak ketiga, dari pasangan Bapak Kasijan dan Ibu Sundari. Penulis menempuh pendidikan dasar di SD NEGERI 1 SAWAH LAMA yang diselesaikan pada tahun 2013 dan SMKN 2 BANDAR LAMPUNG tahun lulus 2018, lalu penulis mendaftar sebagai mahasiswa pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif dalam kegiatan akademik maupun praktikum di laboratorium Teknik Mesin. Penulis juga pernah melaksanakan magang di PT Cheill Jeddang Feed, sebagai staff engineering di mana penulis memperoleh pengalaman dalam bidang manufaktur dan perakitan komponen logam.

Penulis juga mengikuti Pelatihan Mechanical Design di PT Neosia Pratama Indonusa, yang memperdalam kemampuan penulis dalam perancangan dan pemodelan mekanis menggunakan perangkat lunak desain teknik. Pengalaman tersebut memperkaya pemahaman penulis terhadap aplikasi langsung dari teori yang dipelajari selama perkuliahan.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung, dengan judul “Pengaruh Ketinggian Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Vortex.”

Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi energi terbarukan, khususnya dalam pemanfaatan turbin vortex sebagai pembangkit listrik tenaga air skala kecil di Indonesia.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin, dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, rizki dan karunia yang Engkau berikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Teriring doa, rasa syukur dan segala kerendahan hati. Dengan segala cinta dan kasih sayang ku persembahkan karya ini untuk orang-orang yang sangat berharga dalam hidupku:

**Kedua Orang Tua Serta Keluarga Yang Terkasih
Dan
Semua Yang Selama Ini Telah Mendukung, Mendidik Dan Membimbing
Penulis**

“Jazakumullah Khairan”

SANWACANA

Assalamu'alaikum Warahmatullohi Wabarokatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karna atas rahmat, hidayah, dan lindungannya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dan menyelesaikan laporan skripsi dengan lancar dan tetap dalam keadaan sehat. Shalawat serta salam tak lupa penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya menuju kehidupan yang berakhlak dan berilmu yang baik sehingga dapat menjalani kehidupan dengan baik dan benar. Skripsi ini dibuat sebagai sebuah karya tulis yang merupakan hasil dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan. Diharapkan karya tulis ini dapat menjadi salah satu bentuk perkembangan dalam ilmu di bidang energi, terkhusus dalam bidang turbin air. Skripsi ini juga merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Semoga karya tulis ini dapat membawa manfaat bagi pembacanya dan dapat dikembangkan lebih jauh lagi

Selesainya skripsi ini tidak luput dari bantuan, bimbingan dan arahan dari semua pihak, oleh karena itu penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis, Kasijan dan Sundari yang selalu mendampingi dan melimpahkan doa-doanya pada penulis sehingga tetap bersemangat dalam menjalankan studi Teknik Mesin Universitas Lampung ini.
2. Untuk saudara Widodo Alwy Saputro, Rizky Alwy Ismawan, Alwy Gunawan yang selalau memberi semangat dan motivasinya.
3. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung
4. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
5. Ahmad Su'udi, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

6. Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc. selaku ketua program studi Prodi S1 dan Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung
7. Bapak Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia mendidik dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
8. Bapak Ir. A.Yudi Eka Risano, S.T., M.Eng., IPM. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan saran, masukan, dan dorongan berharga demi penyempurnaan penelitian ini.
9. Bapak Agus Sugiri, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji dalam skripsi ini. Terimakasih untuk masukan dan saran-saran pada seminar proposal dan hasil terdahulu.
10. David Sinaga, S.T., Gomes Bahtera Silaban, S.T. selaku mentor dalam penyelesaian skripsi dan seminar saya.
11. Alcas Rintan There Women. terima kasih karena selalu ada di setiap proses, memberi dukungan, mendengarkan keluh kesah saya, dan menjadi alasan saya untuk tetap melangkah.
12. Tim Laboratorium Mekanika Fluida dan kawan-kawan: Muhammad Fadhly Effendi, Al Aziz, Darius lyncono Simamora dan Terimakasih banyak teruntuk Bapak Sugiman selaku teknisi lab yang selalu memberikan semangat dan bantuan pada penulis.
13. Seluruh Dosen di Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah mengajarkan banyak pengetahuan kepada penulis.
14. Seluruh staff dan karyawan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
15. Teman-teman Angkatan 2020 yang selalu mendengarkan keluhan, memberikan motivasi, dan memberi dorongan semangat. Semoga kebersamaan kita tetap terjaga.
16. Semua pihak yang telah membantu penulis namun tidak bisa disebutkan namanya satu persatu, penulis ucapkan terima kasih semoga Allah Yang Maha Pengasih membalas segala kebaikan kalian.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan

demi penyempurnaan karya ini. Besar harapan penulis agar hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya, khususnya dalam pengembangan teknologi energi terbarukan dan penerapan turbin vortex di Indonesia.

Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa memberikan keberkahan, petunjuk, dan kemudahan kepada kita semua dalam setiap langkah menuju masa depan yang lebih baik.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Bandar Lampung, 31 Juli 2025

Penulis,

TRI TOPAN RAMADANI
NPM. 2015021085

MOTTO

**“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”
QS. Al-Insyirah: 6**

**“Ketika lelah mulai datang, aku mengingat doa orang tuaku. Dari sanalah
aku kembali menemukan kekuatan untuk melangkah dan menyelesaikan
apa yang telah aku mulai”**

Anonim

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iii
ABSTRACT.....	iv
MENYETUJUI	v
MENGESAHKAN	vi
LEMBAR PERNYATAAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
SANWACANA.....	x
MOTTO.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 latar belakang.....	1
1.2 tujuan	2
1.3 batasan masalah	3
1.4 sistematika penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Turbin Air.....	4
2.1.1 Berdasarkan tingkatan ketinggian head setiap turbin	5
2.1.2 Berdasarkan cara kerjanya	6
2.2 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	8
2.2.1 Saluran masuk	9
2.2.2 Tangki Sirkulasi.....	10
2.3 Turbin Vortex	11
2.3.1 Aliran Vortex.....	12
2.3.2 Sudu turbin.....	13
2.4 Parameter Turbin.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1 Tempat Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Tahap Pembuatan Turbin <i>Vortex</i>	25
3.4 Tahap Pengujian Dan Pengambilan Data	26
3.5 Pengolahan Data	27

3.6 Diagram Alir.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Komponen alat pengujian.....	30
4.2 Pembuatan turbin vortex	33
4.2.1 Proses pembuatan hub pada turbin vortex	33
4.2.2 Pembuatan sudu turbin vortex	33
4.2.3 Perakitan turbin vortex	35
4.3 Hasil pengujian	37
4.4 Pembahasan	43
BAB V PENUTUP.....	55
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1 Turbin Francis (Hidayat, 2019)	13
Gambar 2 Turbin impuls dan proses penyemprotan (jokosetyo, 2006).....	14
Gambar 3 Turbin crossflow (Gibaran, 2014)	15
Gambar 4. Skema rancang pembangkit listrik turbin vortex (Franz, 2002)	15
Gambar 5. Jenis saluran masuk (Prasetyo D. W, 2018)	16
Gambar 6. Skema tanki sirkulasi (Christina 2022).....	17
Gambar 7. Skema turbin Vortex (Power, 2016).....	19
Gambar 8. Bentuk sudu turbin (Dhakal, 2017).....	20
Gambar 9. Bagian pada turbin (Acharya, 2019).....	21
Gambar 9. Skema pengukuran torsi	23
Gambar 11. Plat Besi	25
Gambar 12. As Poros	26
Gambar 13. Pipa Poros	26
Gambar 14 Bantalan Bearing.....	27
Gambar 15. Mur dan Baut	27
Gambar 16. Mesin Gerinda.....	27
Gambar 17. Mesin Las.....	28
Gambar 18. Besi Roll	28
Gambar 19 Mesin pompa air	28
Gambar 20. Cetakan sudu.....	29
Gambar 21 Tachometer	29
Gambar 22. Gelas ukur	29
Gambar 23. waterpass.....	30
Gambar 24 Meteran	30
Gambar 25. Belt.....	31
Gambar 26 Pulley	31
Gambar 27. Neraca Pegas	31
Gambar 28. Sudu vortex dengan tinggi 208, 248mm, 320mm.....	32

Gambar 29. Diagram alir penelitian	35
Gambar 30. (a.) Tampak luar tangka penampung , (b.) dampak dalam tangki penampung.....	36
Gambar 31. (a.) Tampak luar saluran air , (b.) Tampak atas saluran air	37
Gambar 32. Katup gerbang air air.Gambar	37
Gambar 33. Sudu pengarah.....	38
Gambar 34. Tangki Sirkulasi.....	38
Gambar 35. Mal sudu	40
Gambar 36. Membuat pola pada plat besi	40
Gambar 37. Pemotongan plat besi	41
Gambar 38. Proses pelengkungan plat besi	41
Gambar 39. Sketsa <i>hub</i> dengan <i>fixture</i>	42
Gambar 40. Sudu turbin Vortex tinggi 208mm, 248 mm, 320 mm	42
Gambar 41. Pengaruh putaran turbin terhadap torsi pada tinggi sudu 208 mm	49
Gambar 42. Pengaruh putaran turbin terhadap torsi pada tinggi 248 mm.....	50
Gambar 43. Pengaruh putaran terhadap torsi pada turbin tinggi 288 mm.....	50
Gambar 44. Pengaruh putaran turbin terhadap torsi pada tinggi 320 mm.....	51
Gambar 45. Pengaruh putaran turbin terhadap torsi pada debit 10,8 L/s	51
Gambar 46. Pengaruh putaran turbin terhadap daya poros pada turbin pada tinggi 208 mm.....	53
Gambar 47. Pengaruh putaran turbin terhadap daya poros turbin pada tinggi 248 mm	53
Gambar 48. Pengaruh putaran turbin terhadap daya poros turbin pada tinggi 288 mm	54
Gambar 49. Pengaruh putaran turbin terhadap daya pada poros turbin tinggi 320 mm.....	54
Gambar 50. Pengaruh putara turbin terhadap daya poros turbin dapda debit 10,8 L/s.	55
Gambar 51. Pengaruh putaran turbin terhadap efisiensi turbin pada tinggi 208 mm.	56
Gambar 52. Pengaruh putaran turbin terhadap efisiesnsi turbin pada tinggi 248 mm.	57
Gambar 53. Pengaruh putaran turbin terhadap efisiensi turbin pada tinggi 288 mm.	57

Gambar 54. Pengaruh putaran turbin terhadap efisiensi turbin pada tinggi 320 mm.	58
Gambar 55. Pengaruh putaran turbin terhadap efisiensi turbin pada debit 10,8 L/s	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1 Tabel pengambilan data turbin vortex.....	33
Tabel 2 Tabel pengolahan data turbin vortex.....	34
Tabel 3 Nilai debit aliran.....	43
Tabel 4 Hasil pengujian turbin vortex tinggi sudu 208 mm.....	45
Tabel 5 Hasil pengujian turbin vortex 248 mm.....	46
Tabel 6 Hasil pengujian turbn vortex tinggi 288 mm	47
Tabel 7 Hasil pengujian turbin vortex 320 mm.....	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan komponen penting dalam kehidupan masyarakat modern karena hampir semua aktivitas manusia membutuhkan energi. Di Indonesia, sebagian besar energi yang digunakan masih berasal dari sumber energi fosil seperti minyak bumi dan gas alam. Namun, pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) masih sangat sedikit. Dengan potensi tenaga air yang melimpah di Indonesia, penggunaan turbin air menjadi sangat berguna untuk memaksimalkan potensi tersebut.

Dari isu yang disebutkan di atas, kita harus mulai menjelajahi berbagai opsi lain untuk memanfaatkan energi alternatif yang dapat meminimalkan penggunaan bahan bakar fosil. Hal ini telah mendorong banyak negara untuk secara aktif mencari sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan dalam skala besar. Namun, saat ini, banyak energi alternatif belum sepenuhnya dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan.

Turbin air adalah jenis mesin konversi energi yang digunakan untuk pembangkit listrik dengan mengubah energi potensial air yang mengalir menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator, sehingga menghasilkan daya listrik. Turbin air ini memanfaatkan aliran sungai dengan ketinggian tertentu, sehingga menghasilkan gerakan turbin mekanik. Namun, aliran sungai dengan ketinggian rendah belum dioptimalkan sepenuhnya saat ini. Turbin vortex gravitasi ini terutama terdiri dari sebuah runner dan sebuah tangki. Umumnya, penggunaan air sebagai sumber energi listrik masih sangat bergantung pada aliran air dengan ketinggian untuk memenuhi persyaratan pembangkitan energi listrik. Namun, banyak daerah

yang kekurangan aliran air dengan ketinggian tinggi. Jenis generator hidro ini sering disebut sebagai mikrohidro, tergantung pada keluaran listrik yang dihasilkannya. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada turbin yang dapat beroperasi pada laju aliran gravitasi kepala rendah, khususnya membahas pengaruh jumlah bilah dalam turbin vortex untuk pembangkitan listrik skala laboratorium.

Studi ini merupakan kelanjutan dari penelitian David (2024), yang merancang model turbin vortex untuk pembangkit listrik skala laboratorium. Pengujian dilakukan dengan Bentuk sudu Curved, flat, dan twisted. Dari pengujian tersebut, nilai efisiensi diperoleh sebagai berikut: 27,52% untuk bentuk sudu curved, 18,09% untuk sudu twisted, dan 19,78% untuk sudu flat.

Berdasarkan hasil pengujian ini, ketinggian sudu optimal untuk operasi turbin belum ditentukan. Oleh karena itu, penelitian ini akan menguji pengaruh jumlah bilah terhadap efisiensi turbin vortex, khususnya dengan pengujian menggunakan ketinggian sudu sebesar 208 mm, 248 mm dan 288 mm, 320 mm seperti yang dilakukan oleh Bajrachaya (2020) dengan tujuan menentukan ketinggian sudu yang optimal untuk bentuk sudu curved yang mempengaruhi efisiensi turbin vortex.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh Ketinggian sudu terhadap unjuk kerja sudu turbin *vortex*. Tujuan tersebut diperoleh dengan mengetahui:

1. Mengetahui pengaruh ketinggian sudu turbin terhadap torsi pada putaran turbin *vortex* (RPM).
2. Mengetahui pengaruh ketinggian sudu turbin terhadap daya poros pada putaran turbin *vortex*.
3. Mengetahui pengaruh ketinggian sudu terhadap nilai efisiensi pada putaran turbin *vortex*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ketinggian sudu yang divariasikan yaitu 208 mm, 248 mm, 288 mm dan 320 mm.
2. Bentuk sudu yang digunakan yaitu bentuk sudu curved.
3. Pengujian dilakukan dengan menggunakan tiga variasi tinggi aliran air yaitu 12 cm, 14 cm, dan 16 cm.

1.4 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada laporan penelitian ini terdiri dari beberapa bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini berisikan latar belakang, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini tentang teori, pengklasifikasian turbin, dan studi literatur tentang penentuan jumlah sudu, dan dimensi sirkulasi serta bentuk dan dimensi sudu turbin.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi mengenai waktu, tempat penelitian, beserta Langkah-langkah dalam melakukan proses penelitian dan pembambilan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan table, grafik, dan pembahasan hasil proses pengujian.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran selama penelitian dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Air

Turbin air adalah sebuah turbin yang menggunakan air sebagai fluida kerjanya. Turbin ini merupakan perangkat mekanis yang mengubah energi fluida menjadi gerakan rotasi. Turbin terdiri dari poros dan bilah. Bilah yang diam, juga dikenal sebagai bilah tetap, berfungsi untuk mengarahkan aliran fluida. Sementara itu, bilah yang berputar, atau bilah bergerak, mengubah arah dan kecepatan aliran fluida, menghasilkan gaya yang memutar poros. Sudut aliran yang tepat dapat meminimalkan kerugian dan mempercepat rotasi turbin. (Ali Akbar, 2018).

Turbin air adalah jenis turbin yang digunakan untuk memutar generator dalam rangka menghasilkan energi listrik. Turbin ini memanfaatkan aliran fluida pada kecepatan tertentu untuk menghasilkan energi mekanik rotasi di dalamnya. Penelitian ini bertujuan untuk memahami karakteristik sistem kerja turbin air yang diterapkan dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Penelitian ini akan mengamati pengaruh variasi laju aliran air (debit) terhadap daya yang dihasilkan oleh generator. (Abdul Muis, 2010).

Turbin air dikembangkan pada abad ke-19 dan secara luas digunakan untuk pembangkit listrik. Merancang pembangkit listrik menggunakan turbin air memerlukan pertimbangan yang spesifik, seperti dimensi bilah, laju aliran, dan tinggi kepala, untuk memaksimalkan efisiensi turbin. Pada turbin air, aliran air diubah menjadi energi kinetik yang memutar

rotor. Dengan menggunakan sabuk, katrol, atau gearbox, rotor terhubung ke generator yang mengubah rotasi yang dihasilkan menjadi energi listrik (Nugroho, 2015).

Fluida memiliki peran krusial dalam kinerja turbin air, khususnya dalam bentuk aliran fluida. Fluida mengalir dari ketinggian tinggi ke ketinggian rendah, menciptakan perbedaan tinggi yang menghasilkan energi potensial. Selanjutnya, turbin mengubah energi potensial ini menjadi energi kinetik. Energi kinetik memengaruhi bilah-bilah turbin, menyebabkannya bergerak dan berputar. Gerakan rotasional ini kemudian ditransmisikan ke poros, yang terhubung ke generator. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk menghasilkan energi listrik dari gerakan turbin.

2.1.1 Berdasarkan tingkatan ketinggian *head* setiap turbin

Terdapat pengklasifikasian turbin berdasarkan *head* nya dibagi menjadi 4 yaitu:

a) Turbin *head* sangat rendah

Turbin yang memiliki *head* sangat rendah memiliki ketinggian berkisar ≤ 4 m, jika ketinggian *head* hanya 4 m biasanya turbin yang digunakan berjenis *Propeller*, *Kaplan*.

b) Turbin *head* rendah

Turbin yang memiliki *head* yang rendah memiliki ketinggian berkisar 5- 10 m, biasanya jenis turbin yang digunakan turbin *Crossflow*.

c) Turbin *head* sedang

Turbin yang memiliki *head* yang sedang memiliki ketinggian kurang lebih 20-100 m, biasanya jenis turbin dengan *head* sedang memakai jenis turbin *Pelton*.

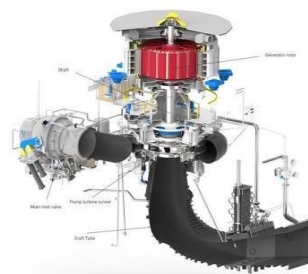
d) Turbin *head* tinggi Turbin yang memiliki *head* yang tinggi memiliki ketinggian 100 m, dan jenis turbin yang digunakan pada *head* ini adalah turbin *Pleton*, dan *Turgo*.

2.1.2 Berdasarkan cara kerjanya

Secara umum, klasifikasi turbin terdiri dari dua jenis: turbin reaksi dan turbin impuls. Turbin reaksi dirancang untuk kepala rendah dan laju aliran tinggi, sementara turbin impuls digunakan dalam situasi dengan kepala tinggi dan laju aliran rendah (Fox, 2004). Berdasarkan aplikasinya, turbin diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, dan berikut adalah beberapa jenis turbin tersebut (Dietzel, 1980).

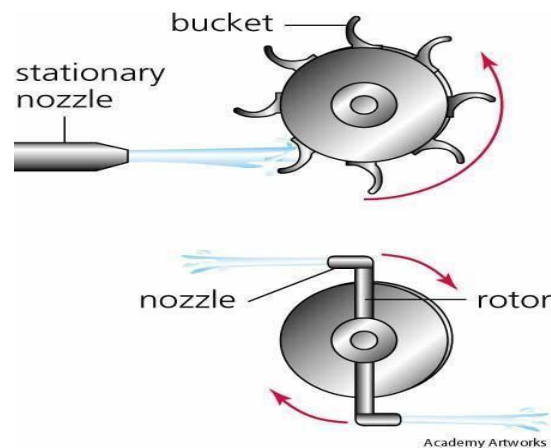
Terdapat prinsip kerja pada turbin yang diklasifikasikan menjadi beberapa jenis turbin, yaitu:

- e) Pada Dalam turbin reaksi ini, air dengan kepala sedang digunakan, dan arah aliran dicampur radial. Turbin reaksi bekerja dengan mengubah seluruh energi air menjadi energi kinetik. Jenis turbin ini banyak digunakan. Bilah-bilah pada turbin reaksi memiliki profil khusus yang menyebabkan perbedaan tekanan air saat melewati bilah-bilah tersebut. Perbedaan tekanan ini menciptakan gaya pada bilah-bilah, menyebabkan bagian berputar dari turbin bergerak. Turbin yang beroperasi berdasarkan prinsip ini diklasifikasikan sebagai turbin reaksi. Runner dari turbin reaksi sepenuhnya terendam dalam air dan berada di dalam dinding pembungkus turbin (Saputra, 2018). Oleh karena itu, rotasi runner menyebabkan perubahan momentum dalam air. Salah satu contoh turbin reaksi adalah turbin Francis dan Kaplan (propeller), Darrieus (Patty, 1995).



Gambar 1 Turbin Francis (Hidayat, 2019)

f) Turbin impuls adalah turbin air dengan tekanan yang sama pada setiap bilahnya (runner). Energi potensial dalam air diubah menjadi energi kinetik pada suatu nosel tempat air dibuang. Air yang keluar dari nosel berkecepatan tinggi mengenai bilah-bilah turbin, menghasilkan tekanan pada bilah-bilah tersebut. Setelah mengenai bilah-bilah, arah kecepatan aliran berubah, menyebabkan perubahan momentum (impuls). Akibatnya, roda turbin dipaksa berputar. Terdapat tiga jenis turbin impuls: turbin Pelton, turbin Turgo, dan turbin Crossflow.



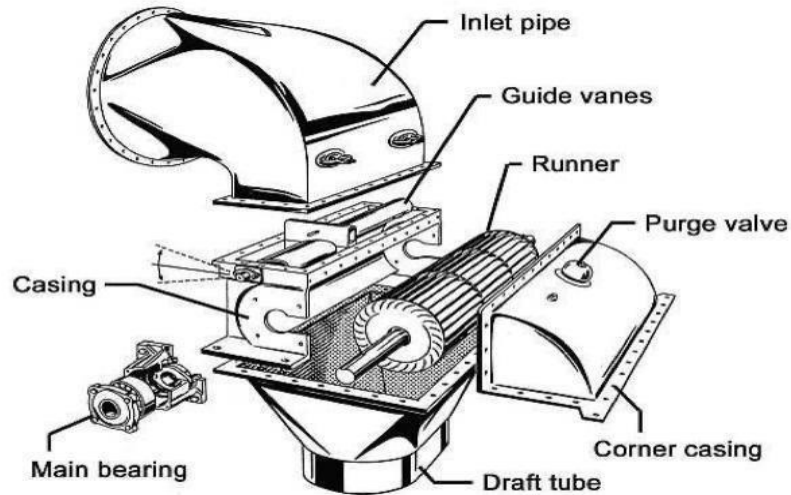
Gambar 2 Turbin impuls dan proses penyemprotan (Djokosetyo, 2006)

c). Turbin *Crossflow*

Turbin ini beroperasi pada kepala relatif yang relatif tinggi, membuatnya kurang efektif untuk situasi kepala rendah. Sebagai alternatif, turbin crossflow dapat beroperasi pada kondisi kepala rendah. Turbin crossflow dapat dioperasikan dengan laju aliran yang berkisar antara 20 liter/detik hingga 10 liter/detik dan kepala antara 1 hingga 200 meter.

Pada turbin ini, air mengalir melalui bilah-bilah saluran yang berbentuk silinder, dan kemudian air keluar melalui bilah-bilah lainnya. Oleh karena itu, konversi energi aliran air menjadi energi

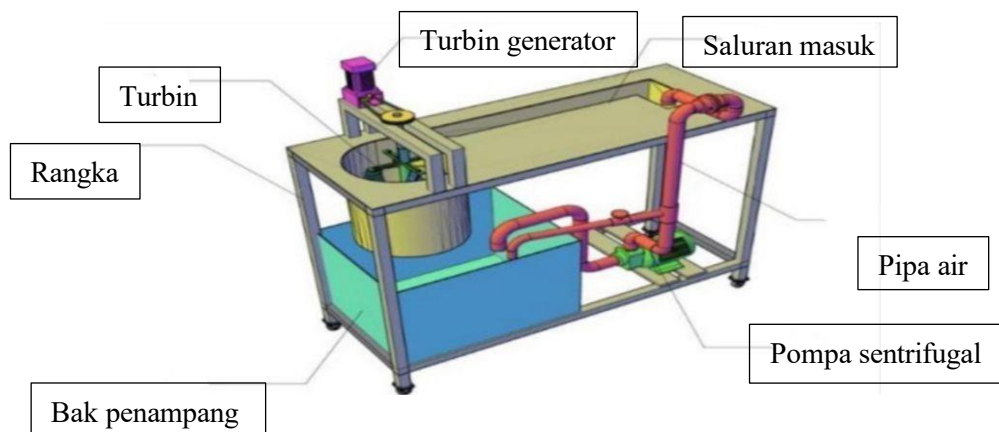
mekanik rotasi terjadi dua kali: sekali ketika air masuk ke dalam silinder dan sekali ketika air keluar dari silinder.



Gambar 3. Turbin *crossflow* (Prasetyo, 2018)

2.2 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air

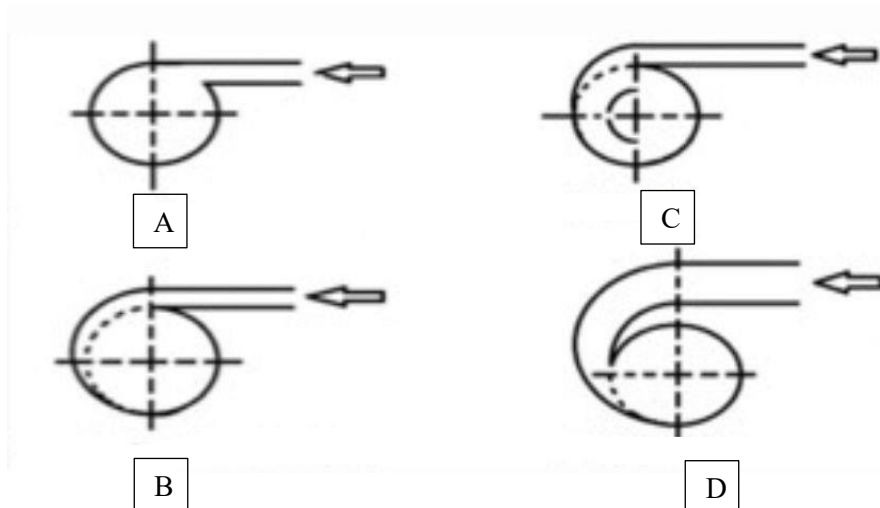
Turbin hidro tenaga air pada dasarnya memanfaatkan energi potensial air yang jatuh (*head*) dan volume aliran air yang disediakan. Air yang mengalir kemudian menggerakkan turbin, yang terhubung ke generator dengan tujuan menghasilkan energi listrik. Selain itu, terdapat komponen sipil yang terlibat. Pada Gambar 4, terdapat desain skematis dari pembangkit listrik tenaga air dengan turbin vortex.



Gambar 4. Skema rancang pembangkit listrik turbin vortex (Franz, 2002)

2.2.1 Saluran masuk

Ada beberapa jenis saluran di area inlet, dengan tujuan meningkatkan kinerja turbin dan efisiensi bilah turbin.



Gambar 5. Jenis saluran masuk (Prasetyo D. W, 2018)

Keterangan gambar:

A : *Outer wall tangential*

C : *Involute*

B : *Ramped entry or scrolled involute*

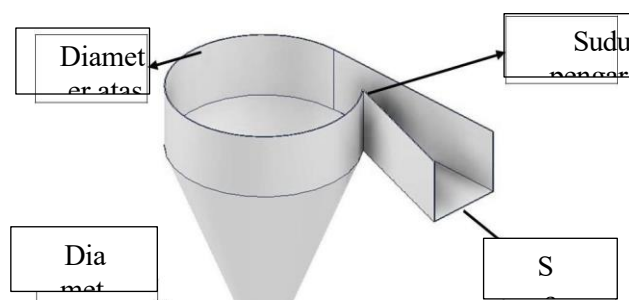
D : *Involute ramp*

Dimensi saluran masuk ditentukan berdasarkan ukuran lokasi pengujian dan laju aliran air yang akan disupply. Dalam penyelesaian saluran masuk dan tangki, terdapat pembimbing aliran (*guide vanes*) yang diameternya sama dengan saluran keluar atau diameter dasar tangki sirkulasi. Menurut sebuah penelitian yang dilakukan oleh Huda dan Prastyo (2017), pembimbing aliran memiliki dampak pada efisiensi bilah turbin. Hal ini karena meningkatkan pembimbing aliran membuat aliran air masuk menjadi lebih kecil, memungkinkan air membentuk pusaran sebelum mencapai bilah turbin. Memiliki diameter yang sama untuk saluran masuk dan keluar memastikan bahwa laju aliran air masuk dan keluar sama.

2.2.2 Tangki Sirkulasi

Dalam pembangkit listrik yang menggunakan turbin vortex, laju aliran adalah air yang diarahkan ke saluran yang terhubung ke tangki sirkulasi. Saluran ini berfungsi untuk membimbing aliran air ke dalam tangki secara tangensial, baik secara horizontal atau miring pada sudut yang diinginkan. Bentuk saluran masuk dan keluar juga mempengaruhi kecepatan aliran pusaran, sehingga parameter-parameter ini harus dipertimbangkan dengan hati-hati untuk menghasilkan pusaran air yang lebih efektif. Desain tangki sirkulasi dapat memengaruhi bentuk aliran pusaran gravitasi, yang dapat dimanfaatkan untuk sumber energi alternatif atau terbarukan. Air yang masuk ke dalam tangki sirkulasi berputar secara tangensial, menciptakan pusaran bebas, dan energi diekstraksi dari pusaran bebas ini menggunakan turbin. Desain tangki sirkulasi yang umum digunakan adalah berbentuk kerucut dan silinder.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wanchat dan Sutivarakorn (2013), bentuk tangki sirkulasi mempengaruhi aliran pusaran dalam turbin. Studi ini juga menyatakan bahwa parameter tangki sirkulasi, seperti bentuk tangki, diameter aliran air masuk dan keluar, dan tinggi tangki sirkulasi, dapat menentukan jumlah energi kinetik yang dapat dihasilkan. Skema tangki sirkulasi dan saluran masuk dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tangki Sirkulasi (Christina, 2022)

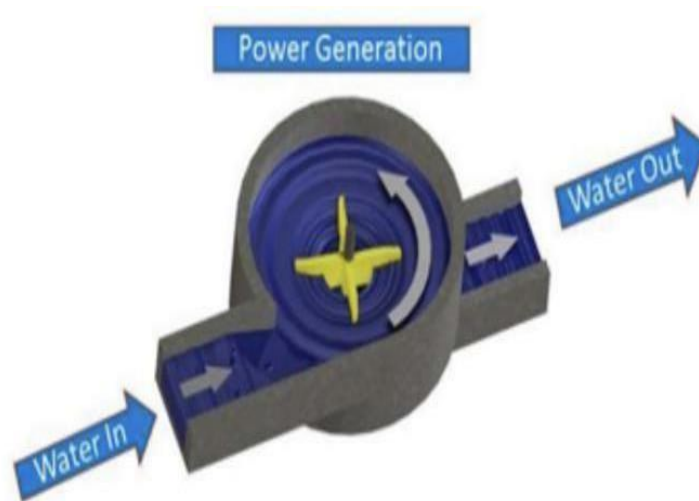
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wanchat dkk. (2013), dengan menggunakan diameter tabung sirkulasi berkisar antara 0,10 m hingga 0,40 m, ditemukan bahwa penggunaan diameter 0,2 m akan menghasilkan daya keluaran sebesar 60 W, tinggi aliran pusaran sebesar 0,40 m, dan efisiensi sebesar 30%. Menurut penelitian oleh Sagar dkk. (2014), disebutkan bahwa turbin vortex dengan tangki sirkulasi berbentuk kerucut dapat meningkatkan kecepatan air yang keluar dari turbin.

Kecepatan tertinggi diperoleh dengan rasio diameter tangki sirkulasi bagian atas (D) terhadap diameter bawah (d) antara 14% - 18%, dengan sudut kemiringan pada tangki sirkulasi berbentuk kerucut sebesar 23° dan diameter sebesar 80 cm, menghasilkan efisiensi sebesar 36,84%.

2.3 Turbin Vortex

Turbin vortex, umumnya dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air Putaran Gravitasi (GWVPP), ditemukan oleh Frans Zotleterer dari Australia. GWVPP adalah teknologi mikro pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan energi dari pusaran yang terbentuk dalam wadah silinder. Ini dianggap sebagai salah satu alternatif terbaik untuk mengurangi dampak negatif pengembangan tenaga air.

GWVPP dirancang untuk memanfaatkan energi pusaran air yang terbentuk dalam wadah silinder. Ini berfungsi sebagai pembangkit listrik tenaga air mikro yang menggunakan energi air yang berputar. *Frans Zotleterer* memperkenalkan kembali GWVPP pada tahun 2006 ketika dia mencari cara untuk mengoksidasi sungai yang tidak aktif. Ini terdiri dari pipa yang terhubung ke wadah silinder tangensial, dan di bagian bawah, terdapat saluran keluar untuk menciptakan pusaran yang memutar turbin.



Gambar 7. Skema turbin Vortex
(Power, 2016)

Prinsip kerja turbin vortex melibatkan air yang memasuki saluran masuk berukuran besar dan mengalir melalui saluran menuju tangki sirkulasi berbentuk lingkaran. Selanjutnya, air bergerak secara tangensial di dalam tangki berbentuk lingkaran tersebut. Di bawah tangki sirkulasi berbentuk lingkaran ini, terdapat saluran keluar untuk air keluar, dengan diameter saluran keluar lebih kecil dibandingkan dengan diameter saluran masuk. Sebuah pusaran air terbentuk di dalam tangki sirkulasi berbentuk lingkaran saat air mengalir menuju saluran keluar karena gaya gravitasi. Turbin vortex tidak bergerak karena perbedaan tekanan, tetapi bergerak karena gaya dinamis yang dihasilkan oleh pusaran, seperti yang dijelaskan oleh Dhakal dkk. (2015).

2.3.1 Aliran Vortex

Vortex adalah aliran fluida di mana partikel berputar dengan pola lingkaran konsentris, menciptakan gerakan berputar. Gerakan pusaran yang berputar ini disebabkan oleh perbedaan kecepatan antara partikel- fluida yang berdekatan.

Vortex juga dapat diartikan sebagai gerakan alami fluida yang *disebabkan* oleh parameter kecepatan dan tekanan. Pusaran, sebagai efek pusaran, merupakan hasil dari gerakan rotasional

yang dipengaruhi oleh

viskositas dalam *fluida*. Aliran *vortex* dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Aliran *vortex* bebas

Aliran *vortex* bebas yaitu aliran yang terjadi bahkan tanpa adanya gaya yang diterapkan pada fluida. Karakteristik dari *vortex* bebas adalah kecepatan tangensial partikel-fluida yang berputar pada jarak tertentu dari pusat *vortex*.

2. Aliran *vortex* paksa

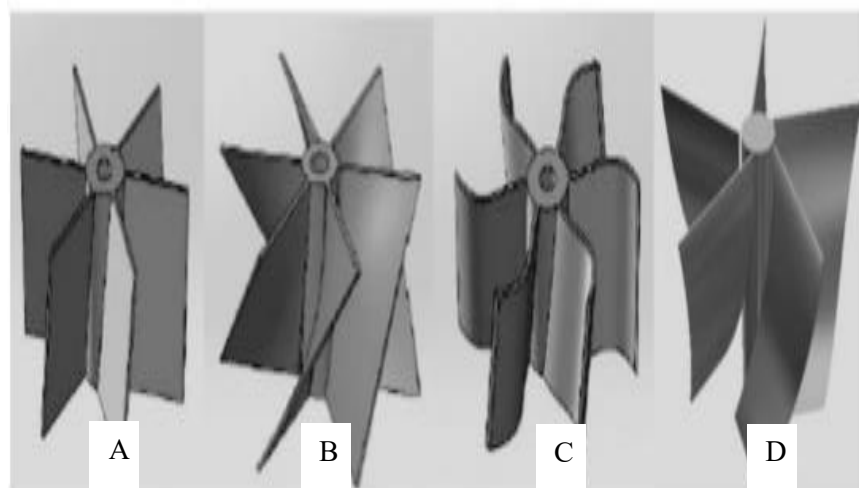
Jika gaya diterapkan pada fluida dengan tujuan menginduksi aliran rotasional.

3. Aliran *vortex* kombinasi

Aliran *vortex* gabungan merujuk pada kombinasi dari *vortex* terpaksa di intinya dan distribusi kecepatan yang konsisten dengan suatu *vortex*.

2.3.2 Sudu turbin

Sudu turbin adalah bagian dari turbin di mana konversi energi terjadi. Sudu terdiri dari akar bilah, badan bilah, dan ujung bilah. Bilah-bilah tersebut kemudian disusun untuk membentuk lingkaran lengkap dengan jarak yang sama.



Gambar 8. Bentuk sudu turbin (Dhakal, 2017)

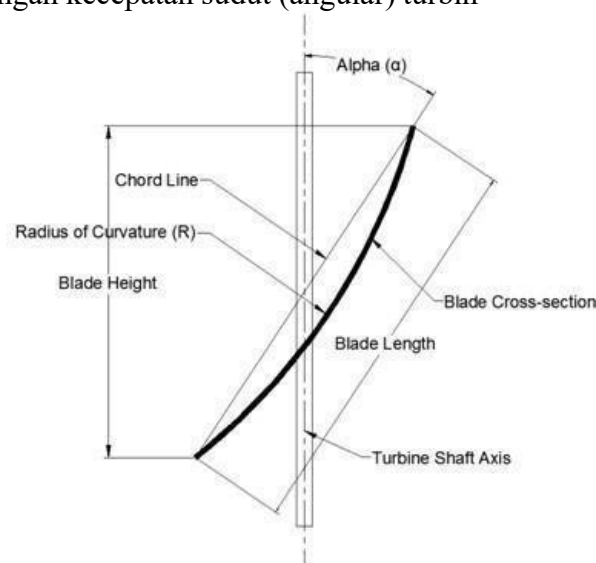
Dalam deskripsi gambar, gambar A menggambarkan jenis bilah turbin *vortex* dengan konfigurasi lurus (sudut 00 derajat), gambar B menunjukkan jenis bilah turbin *vortex* dengan konfigurasi melengkung pada sudut 45 derajat, gambar C mengilustrasikan jenis bilah turbin *vortex* dengan bilah melengkung, dan gambar D menampilkan jenis bilah turbin *vortex* dengan bilah ber sudut.

Untuk turbin *vortex*, parameter dari bilah turbin meliputi panjang bilah, diameter bilah, bentuk bilah, dan jumlah bilah. Menurut Dhakal dkk. (2017), bilah turbin dengan bentuk melengkung (bilah ber sudut) lebih cocok untuk aliran *vortex* dibandingkan dengan bentuk bilah lainnya.

Kemiringan bilah bertujuan untuk menghasilkan daya dan efisiensi optimal dari dorongan air. Banyak penelitian telah dilakukan mengenai kemiringan bilah turbin *vortex* untuk mencapai gaya dan efisiensi optimal. Fitroh, H. K (2018) melakukan penelitian tentang pengujian kinerja turbin reaksi dengan aliran *vortex* menggunakan bilah melengkung dengan variasi konfigurasi bilah.

2.4 Parameter Turbin

1. Perhitungan kecepatan sudut (angular) turbin



Gambar 9. Bagian pada turbin (Acharya, 2019)

Perhitungan kecepatan sudut (angular) turbin dilakukan untuk menentukan laju putaran turbin yang berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan. Kecepatan sudut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \quad (1)$$

Dimana:

ω : Kecepatan sudut (rad/s)

N : Kecepatan putaran turbin (rpm)

π : 3,14 (konstanta)

2. Perhitungan debit air

Dalam metode perhitungan debit air menggunakan volume bak penampung, debit air dihitung dengan membagi volume air yang tertampung dengan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi bak penampung tersebut. Debit air dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q = \frac{v}{t} \quad (2)$$

Dimana:

Q : Debit air (m^3/s)

v : Volume air dalam

bak penampung (m^3) t : Waktu

penampungan (s)

3. Daya *Hydro*

Kapasitas dan tinggi jatuh air menentukan daya hidro yang dapat dihasilkan oleh turbin. Persamaan berikut digunakan untuk menghitung daya hidro :

$$P_h = \gamma \cdot Q \cdot H \quad (3)$$

Dimana:

P_h : Daya *hydro* (Watt)

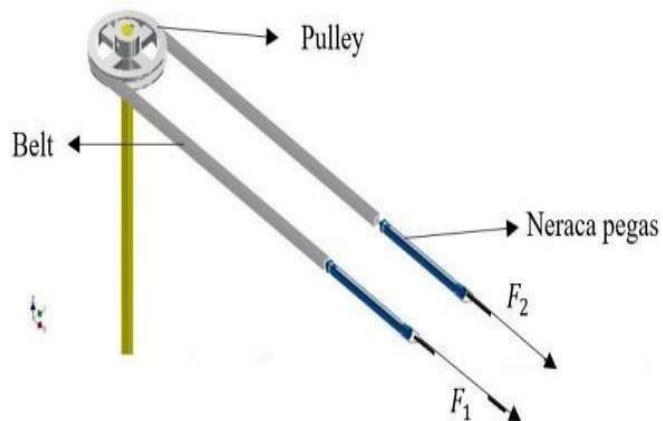
- γ : Berat jenis air
 Q : Debit air (m^3/s)
 H : *Head vortex* (m)

4. Pengukuran Putaran Turbin

Putaran turbin diukur untuk menentukan kecepatan putaran poros yang kemudian digunakan dalam menghitung daya poros turbin. Pengukuran ini dilakukan menggunakan *tachometer*.

5. Pengukuran Torsi

Pengukuran torsi turbin dapat dilakukan dengan cara mengerem turbin saat berputar menggunakan sistem pengereman sabuk. Sistem ini memanfaatkan neraca pegas untuk mengukur tegangan tali yang terjadi selama proses pengereman.



Gambar 10. Skema pengukuran torsi

Torsi dapat dihitung dengan memperhitungkan selisih tegangan pada sabuk antara sisi yang tertarik (F_2) dan sisi yang kendur (F_1). Besar torsi dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$T = \sum F \times R = (F_2 - F_1) \times R \quad (4)$$

Sehingga daya poros turbin (P_t) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_t = T \times \omega \quad (5)$$

Dimana:

F_1 : Gaya sisi kendur (N)

F_2 : Gaya sisi tegang (N)

r : Jari- jari *pulley* pengereman (m)

P_t : Daya poros turbin (watt)

T : Torsi turbin (Nm)

ω : Kecepatan sudut (angular) turbin (rad/s)

6. Perhitungan Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin dapat dihitung dengan persamaan (Bruce,2006):

$$\eta = \frac{P_h}{P_t} \times 100\%. \quad (6)$$

Dimana:

η : Efisiensi turbin (%)

P_t : Daya turbin (Watt)

P_h : Daya *hydro* (Watt)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Teknik Mesin Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, berbagai alat dan bahan digunakan dalam pembuatan dan pengujian turbin *vortex*. Berikut adalah daftar alat dan bahan yang digunakan:

1. Alat dan bahan pembuatan turbin vortex

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan turbin vortex meliputi:

- a. Plat Besi

Pelat besi digunakan sebagai bahan utama untuk membangun saluran sudu dalam turbin.



Gambar 11. Plat Besi

b. As Poros

As poros berfungsi sebagai sumbu penghubung yang menghubungkan poros sudu turbin ke *pulley*.



Gambar 12.As Poros

c. Pipa Poros

Poros pipa besi digunakan sebagai badan untuk penempatan bilah-bilah turbin vortex.



Gambar 13.Pipa Poros

d. Bantalan *Bearing*

Bantalan *bearing* adalah bagian perumahan turbin yang berfungsi sebagai penopang untuk poros beban, memungkinkan gerakan rotasi atau bolak-balik terjadi.



Gambar 14 Bantalan Bearing

e. Mur Dan Baut

Mur dan baut digunakan sebagai pengunci antara pelat besi pada saluran dan dudukan turbin pada poros besi.



Gambar 15. Mur dan Baut

f. Mesin Gerinda

Mesin gerinda digunakan untuk memotong spesimen.



Gambar 16. Mesin Gerinda

g. Mesin Las

Las digunakan untuk menyambungkan antara satu spesimen dengan spesimen lainnya.



Gambar 17. Mesin Las

h. Besi Rol

Besi rol digunakan untuk melengkungkan plat besi yang nantinya akan digunakan sebagai sudu turbin.



Gambar 18. Besi Roll

i. Pompa air

Pompa berfungsi sebagai pengalir air menuju tangki penampungan (*Reservoir*).



Gambar 19. Mesin pompa air

j. Cetakan Sudu

Digunakan sebagai replikasi detail dalam membentuk sudu.



Gambar 20. Cetakan sudu

2. Alat ukur dan perlengkapan untuk pengujian unjuk kerja turbin *vortex*.

Alat yang digunakan dalam pengujian model unjuk kerja turbin *vortex* adalah sebagai berikut:

a. *Tachometer*

Tachometer berguna untuk menghitung putaran pada turbin.



Gambar 21 Tachometer

b. Gelas Ukur

Gelas ukur sebagai pengukur debit air dalam pengambilan data



Gambar 22. Gelas ukur

c. *Waterpass*

Waterpass digunakan untuk mengetahui posisi dari suatu benda tersebut baik dalam keadaan vertikal dan horizontal.



Gambar 23. *waterpass*

d. Meteran

Meteran berguna sebagai alat pengukur panjang sebuah benda kerja



Gambar 24 Meteran

3. Alat Pada Sistem Pengereman

Torque meter digunakan untuk mengukur torsi pada poros turbin menggunakan sistem pengereman. Komponen-komponen untuk pengukuran torsi ini melibatkan puli sabuk, keseimbangan pegas dengan skema F1-F2.

a. *Belt*

Belt adalah bahan fleksibel yang membentuk lingkaran tak berujung dan digunakan untuk menghubungkan mekanis dua poros yang berputar.



Gambar 25. *Belt*

b. *Pulley*

Pulley berguna sebagai komponen atau penghubung putaran yang kemudian diteruskan dengan menggunakan sabuk atau *belt* ke beban.



Gambar 26 *Pulley*

c. Neraca Pegas

Neraca pegas untuk melakukan pengukuran massa dan daya suatu benda.



Gambar 27. Neraca Pegas

3.3 Tahap Pembuatan Turbin *Vortex*

Dalam melakukan pembuatan turbin *vortex* ini dilakukan dengan beberapa tahap sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

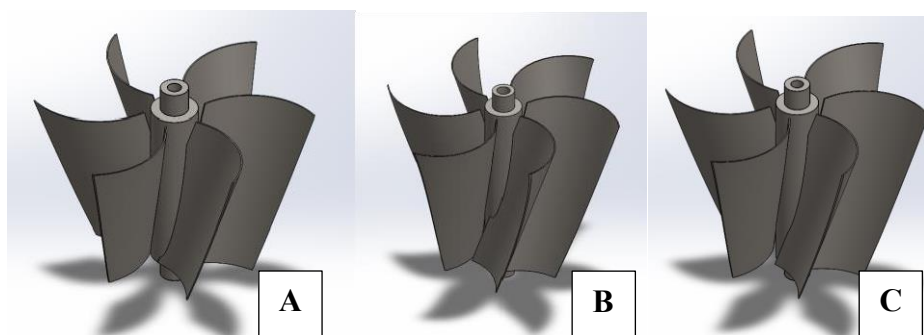
Pada tahap ini, dilakukan tinjauan literatur, dan bahan serta alat yang diperlukan dikumpulkan untuk perancangan dan pembuatan komponen turbin.

2. Tahap Perancangan

Pada fase perancangan ini, pembuatan model turbin *vortex* dilakukan dengan variasi Ketinggian sudu pada turbin.

Adapun tahapan yang dilakukan dalam proses perancangan komponen- komponen model turbin *vortex* adalah sebagai berikut:

1. Penentuan dimensi bilah, jumlah bilah, dan bentuk bilah untuk model turbin *vortex*. Dalam pembangunan model turbin *vortex* ini, digunakan tiga variasi, di mana pada deskripsi pada poin A, Ketinggian sudunya adalah 208 mm, pada poin B, jumlah bilangannya adalah 248 mm, dan pada poin C ketinggian sudunya adalah 288 mm.



Gambar 28. Sudu *vortex* dengan tinggi 208, 248mm, 320mm

3.4 Tahap Pengujian Dan Pengambilan Data

Pengujian model turbin vortex dilakukan untuk mendapatkan data uji, sehingga dapat menentukan kinerja turbin. Data yang akan dikumpulkan selama pengujian turbin vortex di laboratorium meliputi kecepatan aliran air, rotasi turbin (rpm), torsi turbin (Nm), dan tinggi vortex (cm).

Langkah-langkah yang digunakan dalam pengujian model turbin *vortex* di laboratorium mekanika fluida adalah sebagai berikut:

1. Mengisi air kedalam *reservoir*
2. Membuka katup saluran air pada reservoir dengan 3 variasi debit aliran air yaitu 12,14, dan 16.
3. Mengukur debit pada setiap level ketinggian air dengan menggunakan ember yang sudah diukur volumenya dengan gelas ukur
4. Memasang sudu turbin
5. Mengukur torsi turbin dengan menggunakan sistem pengereman neraca pegas.
6. Mengukur tinggi aliran vortex dengan menggunakan meteran.
7. Setelah turbin beroperasi dilakukan pengukuran putaran pada turbin menggunakan tachometer.
8. Mencatat data hasil pengujian.

Pengambilan data hasil pengujian torsi turbin *vortex* kemudian akan disajikan dala tabel. Contoh pengambilan data pada turbin *vortex* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Tabel pengambilan data turbin *vortex*

Ketinggian Aliran (cm)	Beban Pengereman (Kg)	Head Vortex	F1-F2 (N)	Putaran Turbin (rpm)
12				
14				
16				

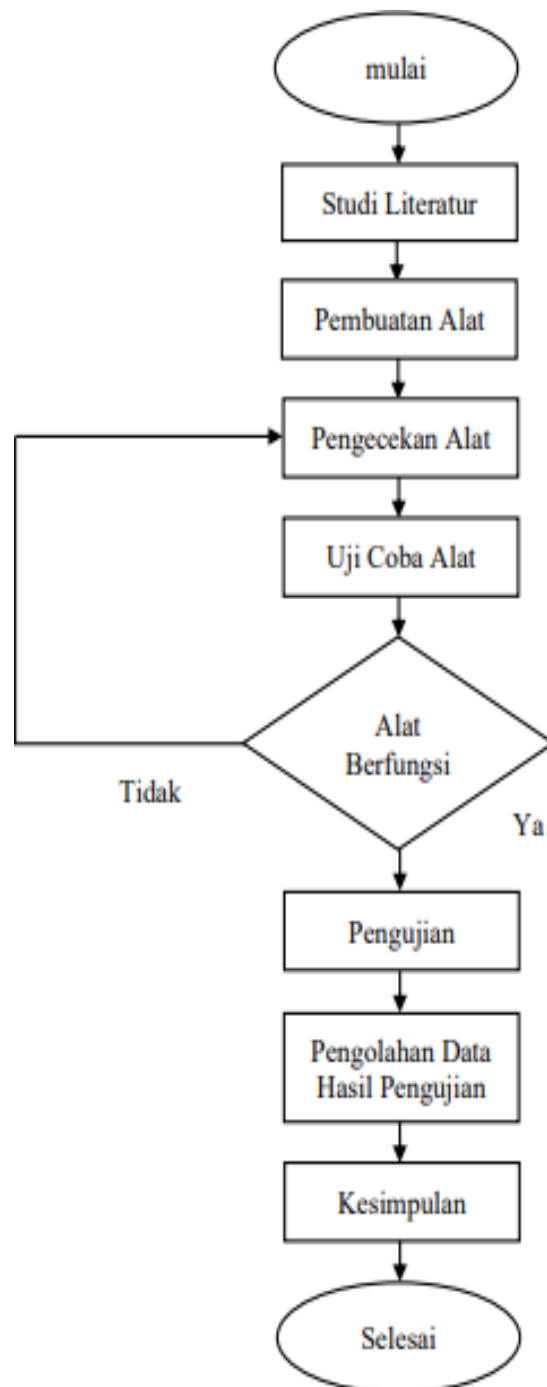
3.5 Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari pengujian kemudian dihitung untuk menentukan daya hidro (P_h), daya turbin (P_t), dan efisiensi turbin (η_t). Daya hidro diperoleh dari data aliran air di saluran, yang kemudian dihitung menggunakan persamaan 3.2. Daya turbin diperoleh dari data torsi dan kecepatan sudut, yang kemudian dihitung menggunakan persamaan 3.5. Efisiensi turbin ditentukan oleh rasio daya turbin terhadap daya hidro, dan dihitung menggunakan persamaan 3.5.

Tabel 2 Tabel pengolahan data turbin vortex

Kecepatan Aliran	Daya Hidro (Ph)	Daya Turbin (Pt)	Efisiensi Turbin (η)
12			
14			
16			

3.6 Diagram Alir



Gambar 29. Diagram alir penelitian

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Torsi maksimum sebesar 1,94 Nm diperoleh pada penggunaan sudu *curved* tinggi susu 288 mm dengan debit aliran 0,0108 m³/s pada putaran turbin 0 rpm. Pada konfigurasi dengan tinggi *curved* 288 mm, pusaran air memiliki bentuk yang lebih stabil dan kuat dibandingkan dengan tinggi lainnya. Aliran spiral air pada tinggi ini memberikan gaya dorong yang lebih besar terhadap sudu turbin karena momentum alirannya terarah dengan baik dan tidak mengalami banyak gangguan turbulensi. Ketika gaya dari air mengenai sudu dengan arah yang tepat dan konsisten, momen puntir (torsi) yang ditimbulkan terhadap poros turbin menjadi lebih besar. Selain itu, tinggi 288 mm memberikan ruang optimal bagi distribusi tekanan dan volume air untuk bekerja secara maksimal di sepanjang permukaan sudu, sehingga menghasilkan gaya tangensial yang lebih besar. Hal inilah yang menyebabkan torsi meningkat. Sebaliknya, pada tinggi yang terlalu rendah, aliran air belum sempat membentuk pusaran sempurna sehingga gaya terhadap sudu lebih kecil, sementara pada tinggi yang terlalu besar, aliran kehilangan energi akibat turbulensi dan gesekan. Dengan demikian, tinggi 288 mm menciptakan kondisi hidrodinamis paling ideal yang tidak hanya meningkatkan daya dan efisiensi, tetapi juga menghasilkan torsi yang lebih besar untuk menggerakkan generator dengan lebih kuat dan stabil.
2. Daya poros maksimum terdapat pada turbin dengan sudu *curved* tinggi 288 mm dimana hasil pengujian pada debit aliran 0,0108 m³/s diperoleh

nilai daya poros sebesar 25,82 watt pada putaran turbin 208,7 rpm. Berdasarkan hasil pengujian, tinggi curved 288 mm menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan tinggi lainnya seperti 208 mm, 248 mm, dan 320 mm. Hal ini disebabkan karena pada tinggi 288 mm, aliran air memiliki ruang yang cukup untuk membentuk pusaran secara stabil dan kuat. Pusaran yang terbentuk dengan baik memungkinkan aliran air mempertahankan energi kinetik dan momentum secara efisien menuju sudu turbin. Sebaliknya, pada tinggi yang lebih pendek seperti 208 mm dan 248 mm, ruang yang tersedia tidak cukup untuk membentuk pusaran yang optimal sehingga aliran air menjadi kurang efektif dalam menggerakkan turbin. Sementara itu, pada tinggi yang lebih besar seperti 320 mm, meskipun ruang pusaran lebih panjang, justru dapat menimbulkan turbulensi berlebih dan kehilangan tekanan di bagian bawah, sehingga efisiensi konversi energi menurun. Oleh karena itu, tinggi curved 288 mm dianggap sebagai konfigurasi paling optimal karena memberikan keseimbangan antara kestabilan pusaran, efisiensi aliran, dan daya hasil yang maksimal.

3. Efisiensi turbin meningkat seiring putaran bertambah hingga mencapai 30,46% pada sudu *curved* 288 mm dengan debit 0,0108 m³/s. Efisiensi yang lebih besar pada turbin vortex dengan tinggi curved 288 mm disebabkan oleh kemampuan geometri tersebut dalam menciptakan pusaran air (vortex) yang stabil dan terarah secara optimal. Pada konfigurasi ini, aliran air memiliki cukup ruang untuk membentuk pola spiral yang kuat, tanpa menyebabkan turbulensi berlebihan atau kehilangan energi. Pusaran yang stabil memungkinkan energi potensial dan kinetik air dapat dikonversi secara lebih efektif menjadi energi mekanik pada poros turbin. Selain itu, pada tinggi 288 mm, kecepatan putar dan distribusi tekanan pada sudu turbin berada pada titik optimal, sehingga hambatan aliran dapat diminimalkan. Dibandingkan dengan tinggi yang terlalu pendek atau terlalu tinggi, konfigurasi ini mengurangi kehilangan energi akibat aliran yang tidak stabil atau pembentukan pusaran yang tidak sempurna. Dengan demikian, proporsi energi air yang

berhasil diubah menjadi energi listrik menjadi lebih besar, yang secara langsung meningkatkan efisiensi sistem turbin vortex tersebut.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian selanjutnya adalah:

1. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat mengembangkan variasi gap sudu turbin untuk menentukan gap atau celah sudu terhadap conical basin yang paling optimal.
2. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat mengembangkan variasi diameter sudu turbin untuk menentukan diameter sudu yang paling optimal.
3. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat mengkaji variasi sudu pengarah aliran masuk ke tangki sirkulasi, antara lain *outer wall tangential*, *ramped entry*, *scrolled evolute*, *involute*, serta *involute ramp*.
4. Diharapkan pada penelitian berikutnya dilengkapi generator sebagai alat uji untuk memperoleh data daya listrik yang dihasilkan langsung oleh turbin *vortex*.

DAFTAR PUSTAKA

- A, Muis. (2010). *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*. Jurusan Teknik mesin, Fakultas Teknik Universitas Tadulako
- Acharya, R., Ghimire, S. K., & Dura, H. B. (2019). *Design study of runner for gravitational water vortex power plant with conical basin*. Proceedings of IOE Graduate Conference, 2019-Summer.
- Akbar Ali, L., Satria Candra, L., & Fahrudin A'rasy. (2018). *Pengaruh sudut pengarah aliran pada turbin air crossflow tingkat dua terhadap putaran dan daya*. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal, 3(1).
- Bajracharya, T. R., et al. (2020). *Effects of geometrical parameters in gravitational water vortex turbines with conical basin*. Journal of Renewable Energy, 2020(1), 5373784.
- Dhakal, R., Nepal, A., Acharya, A., Kumal, B., Aryal, T., Williamson, S., & Devkota, L. (2017). *Technical and economic prospects for the site implementation of a gravitational water vortex power plant in Nepal*. In 2016 IEEE International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA 2016): Proceedings of a meeting held 20-23 November 2016, Birmingham, United Kingdom (pp. 1001-1006). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <https://doi.org/10.1109/ICRERA.2016.7884485>

- Dhakal, S., Timilsina, A. B., Dhakal, R., Fuyal, D., Bajracharya, T. R., Pandit, H. P., Amatya, N., & Nakarmi, A. M. (2015). *Comparision of conical basin and cylindrical basin with optimum position of runner: Gravitational water vortex power plant*. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Dietzel, F. (1980). *Turbin, pompa, dan kompressor*. Erlangga.
- Djokosetyardjo, I. R. M. J. (2006). *Ketel uap* (Cetakan Keenam). PT Pradnya Paramita.
- Fox, R. W., McDonald, A. T., & Pritchard, P. J. (2004). *Introduction to fluid mechanics*. John Wiley & Sons, Inc.
- Hidayat, W. (2019). *Prinsip kerja dan komponen-komponen pembangkit listrik tenaga air (PLTA)*. Universitas Jenderal Achmad Yani. Jurnal Unjani, 3(1).
- Hudan, & Priyo. (2017). *Pengaruh sudut inlet notch pada turbin reaksi aliran vortex terhadap daya dan efisiensi*. Universitas Negeri Surabaya. Indonesia Investments. (2024, Mei 24).
- Nugroho, Y. S. H. (2015). *PLTMH (Pembangkit listrik tenaga mikro hidro): Panduan lengkap membuat sumber energi terbarukan secara swadaya*. Penerbit Andi.
- Patty, D., Darrieus, & Thandaveswara, B. S. (1995). *Turbine Francis and Kaplan (propeller)*. Indian Institute of Technology Madras.
- Power, C., McNabola, A., & Coughlan, P. (2016). *A parametric experimental investigation of the operating conditions of gravitational vortex hydropower*. Journal of Clean Energy Technologies.

- Prasetyo, W. D. (2018). *Rancang bangun turbin vortex skala kecil dan pengujian pengaruh bentuk penampang sudu terhadap daya*. Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
- Saputra, O. A. (2018). *Analisa pengaruh diameter sudu dan debit aliran terhadap performa turbin Kaplan*. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin, 1(1).
- Sinaga, J. B., Irsyad, M., Yonanda, A., Ibrahim, G. A., Sinaga, D., & Topan, T. (2024). *The effects of blade height on the efficiency of gravitational water vortex turbine*. Engineering and Technology Journal, 9(4), 3717–3721.
- Sinaga, JB, Tanti, N., Martinus, Admiral, R., & Christina, Y. (September 2024). Pengembangan peralatan uji turbin pusaran air gravitasi. Dalam *Prosiding Konferensi AIP* (Vol. 2970, No. 1, hlm. 020021).