

**KAJIAN EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA TURBIN *VORTEX*
(PUSARAN) BERBENTUK SILINDER DENGAN JARI-JARI
KELENGKUNGAN SUDU 110 MM**

(Skripsi)

Oleh

**NANDO KURNIAWAN
NPM 2115021022**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**KAJIAN EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA TURBIN *VORTEX*
(PUSARAN) BERBENTUK SILINDER DENGAN JARI-JARI
KELENGKUNGAN SUDU 110 MM**

Oleh

NANDO KURNIAWAN

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

KAJIAN EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA TURBIN *VORTEX* (PUSARAN) BERBENTUK SILINDER DENGAN JARI-JARI KELENGKUNGAN SUDU 110 MM

OLEH

NANDO KURNIAWAN

Peningkatan kebutuhan energi dan ketergantungan terhadap energi fosil mendorong pengembangan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, salah satunya melalui pemanfaatan energi air skala kecil. Turbin vortex menjadi alternatif yang potensial karena mampu bekerja pada kondisi head rendah. Namun efisiensi turbin vortex masih relatif rendah sehingga diperlukan pengembangan desain, khususnya pada bentuk dan geometri sudu. Penelitian ini difokuskan pada kajian eksperimental unjuk kerja turbin vortex (pusaran) berbentuk silinder dengan jari-jari kelengkungan sudu 110 mm sebagai upaya peningkatan kinerja turbin mikrohidro. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan pengujian di Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Turbin vortex yang digunakan memiliki enam sudu berbentuk silinder dengan jari-jari kelengkungan 110 mm, diameter 285 mm, dan tinggi turbin 288 mm. Pengujian ini dilakukan pada tangki sirkulasi berbentuk kerucut dengan diameter saluran masuk 600 mm, diameter saluran keluar 100 mm, tinggi 800 mm. Pengujian dilakukan pada variasi debit aliran yaitu 10,61 L/s, 10,62 L/s dan 10,66 L/s, dan dua posisi tinggi turbin dari saluran keluar yaitu 36 cm dan 38 cm. Parameter yang diukur meliputi, kecepatan putaran turbin, torsi, daya poros, dan efisiensi sistem turbin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putaran turbin seiring dengan bertambahnya debit aliran menghasilkan kenaikan torsi dan daya poros hingga mencapai kondisi optimum. Efisiensi tertinggi diperoleh pada posisi tinggi turbin 38 cm dengan daya turbin maksimum sebesar 51,779 watt dan nilai efisiensi tertinggi sebesar 58,216%, sedangkan pada posisi tinggi 36 cm didapat efisiensi sebesar 56,771%, yang menunjukkan bahwa turbin berbentuk silinder dengan jari-jari kelengkungan 110 mm mampu meningkatkan stabilitas aliran vortex dan kinerja turbin secara signifikan.

Kata Kunci : Turbin Vortex, Sudu Lengkung, Berbentuk Silinder

ABSTRAK

EXPERIMENTAL STUDY ON THE PERFORMANCE OF A CYLINDRICAL VORTEX TURBINE (SWIRL) WITH A BLADE CURVATURE RADIUS OF 110 MM

BY

NANDO KURNIAWAN

The increasing demand for energy and dependence on fossil fuels encourage the development of environmentally friendly renewable energy sources, one of which is through the utilization of small-scale hydropower. Vortex turbines are a potential alternative because they are able to operate at low head conditions. However, the efficiency of the vortex turbine is still relatively low so that design development is needed, especially in the shape and geometry of the blades. This research focuses on the experimental study of the performance of a cylindrical vortex turbine with a blade curvature radius of 110 mm as an effort to improve the performance of microhydro turbines. The research method used is an experimental method with testing at the Fluid Mechanics Laboratory of the Department of Mechanical Engineering, University of Lampung. The vortex turbine used has six cylindrical blades with a radius of curvature of 110 mm, a diameter of 285 mm, and a turbine height of 288 mm. This test was carried out in a conical circulation tank with an inlet diameter of 600 mm, an outlet diameter of 100 mm, and a height of 800 mm. The test was conducted on variations in flow rate, namely 10.61 L/s, 10.62 L/s and 10.66 L/s, and two turbine height positions from the outlet, namely 36 cm and 38 cm. The parameters measured include turbine rotation speed, torque, shaft power, and turbine system efficiency. The results showed that increasing turbine rotation speed along with increasing flow rate resulted in an increase in torque and shaft power until it reached optimum conditions. The highest efficiency was obtained at a turbine height position of 38 cm with a maximum turbine power of 51.779 watts and the highest efficiency value of 58.216%, while at a height position of 36 cm an efficiency of 56.771% was obtained, which indicates that a cylindrical turbine with a radius of curvature of 110 mm is able to significantly improve vortex flow stability and turbine performance.

Keywords: Vortex Turbine, Curved Blades, Cylindrical Shape.

Judul Skripsi : **KAJIAN EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA
TURBIN *VORTEX* (PUSARAN) BERBENTUK
SILINDER DENGAN JARI-JARI
KELENGKUNGAN SUDU 110 MM**

Nama Mahasiswa : Nando Kurniawan

Nomor Pokok Mahasiswa : 2115021022

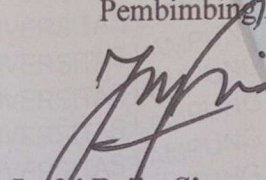
Program Studi : S1 Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

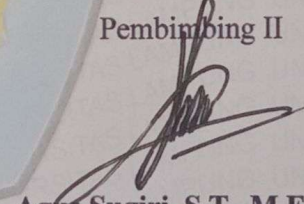
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I


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

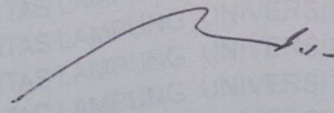
Pembimbing II

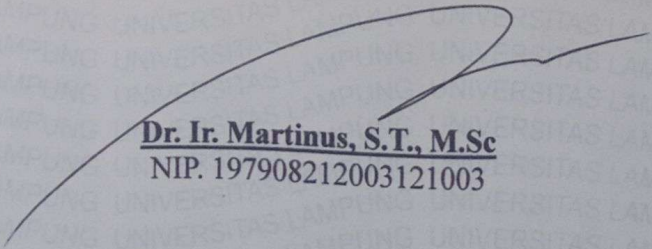

Agus Sugiri, S.T., M.Eng
NIP. 197008041998031003

MENGETAHUI

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin


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

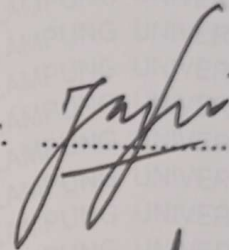

Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc
NIP. 197908212003121003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

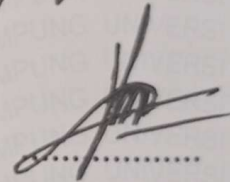
Ketua

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



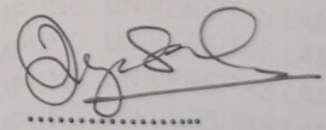
Anggota Penguji

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



Penguji Utama

: M Dyan Susila ES, S.T., M.Eng.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.

NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 20 Januari 2026

SURAT PERNYATAAN

Sebagai civitas akademika Universitas Lampung Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nando Kurniawan
NPM : 2115021022
Judul Skripsi : Kajian Eksperimental Unjuk Kerja Turbin Vortex (Pusaran) Berbentuk Silinder Dengan Jari-jari Kelengkungan Sudu 110 mm.
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis bukan terjemahan, saduran ataupun terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi. Dalam skripsi ini terdapat tulisan ataupun pendapat yang diterbitkan atau dibuat oleh orang lain dan dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan tercantum sebagai acuan dalam naskah yang tercantum di dalam daftar pustaka. Pernyataan ini dibuat dengan jujur, jika dikemudian hari terdapat penyimpangan atau kebohongan, Saya bersedia menerima hukuman ataupun sanksi akademika sesuai dengan peraturan dan norma yang berlaku di Universitas Lampung.

Bandar Lampung, Februari 2026



Nando Kurniawan
NPM.2115021022

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sukadana, Lampung Timur pada tanggal 06 Maret 2003 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Nadir Syah dan Ibu Suri Wati. Pendidikan yang pernah dilalui penulis diawali dengan Taman Kanak-Kanak Satu Atap Sukadana Pasar Lampung Timur pada tahun 2008-2009.

Kemudian melanjutkan Pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 05 Sukadana Pasar dan lulus pada tahun 2015. Selanjutnya melanjutkan Pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri 01 Sukadana dan lulus pada tahun 2018. Dilanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Atas Negeri 01 Sukadana dan lulus pada tahun 2021.

Pada tahun 2021, penulis melanjutkan Pendidikan di Universitas Lampung sebagai mahasiswa Teknik Mesin, Fakultas Teknik melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM). Penulis melakukan kegiatan Kerja Praktik di PT. Perkebunan Nusantara IV Bekri Lampung Tengah pada tahun 2024. Pada tahun yang sama, penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata Periode I di Desa Kagungan Dalam Kecamatan Tanjung Raya, Kabupaten Mesuji. Penulis melakukan penelitian Skripsi dengan Judul “Kajian Eksperimental Unjuk Kerja Turbin *Vortex* (Pusaran) Berbentuk Silinder Dengan Jari-jari Kelengkungan Sudu 110 mm.”.

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberi kehidupan, waktu dan kekuatan hingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Tanpa ridha dan rahmat-Nya, tak mungkin langkah ini mampu sampai sejauh ini.

Kepada Ayah dan Umah Tercinta

Terima kasih atas segala doa, kasih sayang yang tulus, serta pengorbanan tanpa batas, dan semangat sebagai pendorong untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

Keringat dan keikhlasan kalian adalah alasan terbesarku untuk terus melangkah hingga meraih gelar ini. Gelar Sarjana Teknik ini adalah wujud dari setiap doa yang kalian panjatkan, setiap lelah yang kalian sembunyikan, dan setiap harapan yang kalian titipkan.

Kepada Kakak Tercinta

Terima kasih telah memberikan semangat di setiap langkah perjalanan ini.

Kehadiran kalian selalu menghadirkan keceriaan di tengah lelah dan penatnya perkuliahan. Doa, dukungan, serta semangat menjadi pengingat bahwa keluarga adalah rumah terbaik untuk kembali. Semoga kebahagiaan dan kesuksesan senantiasa menyertai kalian dalam setiap impian yang kamu perjuangkan.

Kepada Bapak dan Ibu Dosen

Ucapan terima kasih juga penulis berikan kepada para Bapak/Ibu dosen yang sudah membimbing penulis selama masa perkuliahan hingga saat proses penelitian skripsi ini dilakukan. Semoga keberkahan, kesehatan, dan kesuksesan senantiasa menyertai Bapak/Ibu dalam setiap langkah pengabdian.

MOTTO

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya” (Q.S Al-Baqarah : 286)

“Mustahil Tuhan membawamu sejauh ini hanya untuk gagal”

“Cepat bukan berarti hebat, lambat bukan berarti tertinggal, tak ada jarak bulan dan matahari, mereka bersinar saat waktunya tiba”

“Hidup itu seperti perputaran di galaksi, kalau kita tidak cepat, bisa jadi kita bertabrakan dengan bintang yang lain.”

SANWACANA

Puji dan Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Kajian Eksperimental Unjuk Kerja Turbin *Vortex* (Pusaran) Berbentuk Silinder Dengan Jari-jari Kelengkungan Sudu 110 mm” Laporan Skripsi ini disusun untuk melengkapi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Skripsi bagi mahasiswa Program Studi S1 Teknik Mesin.

Penyusunan Skripsi ini berhasil berjalan dengan baik berkat peran serta dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang ditunjukkan kepada : .

1. Bapak Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ahmad Su’udi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Ir. Martinus, S.T., M.,Sc. Selaku ketua program studi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Bapak Ir. A. Yudi Eka Risano, S.T., M.Eng., IPM. selaku dosen pembimbing akademik.
5. Bapak Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan banyak arahan dan masukan dalam penyusunan Skripsi.
6. Bapak Agus Sugiri, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan banyak arahan dan masukan dalam penyusunan Skripsi.
7. Bapak M Dyan Susila ES, S.T., M.Eng. yang berkenan menjadi dosen pembahas dan memberikan kritik dan saran pada skripsi ini.

8. Seluruh staf program studi S1 Teknik Mesin yang telah membantu dan memberikan pengarahan dalam proses kepengurusan berkas perkuliahan
9. Kedua orang tua dan kakak-kakak saya yang selalu memberikan semangat dan motivasi dan dukungan penuh
10. Teman-teman Angkatan 2021 Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
11. Semua pihak yang telah memberi dorongan, dukungan dan bimbingan dalam membantu penyelesaian skripsi.

Semoga laporan skripsi ini bisa menjadi sumber referensi yang bermanfaat untuk menambah pengetahuan bagi para pembaca. Penulis memohon maaf jika terdapat kesalahan atau kekurangan dalam pelaksanaan maupun penulisan laporan ini. Demikian yang dapat penulis sampaikan, atas perhatian dan kontribusi dari semua pihak, penulis ucapkan terima kasih.

Bandar lampung, Februari 2026

Penulis

Nando Kurniawan
NPM. 2115021022

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
 I. PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Sistematika Penulisan.....	4
 II. TINJAUAN PUSTAKA	 6
2.1 Turbin Air.....	6
2.2 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air	10
2.2.2 Tangki Sirkulasi (<i>Conical Basin</i>)	11
2.3 Turbin <i>Vortex</i> (Pusaran)	12
2.4 Turbin Air Berbentuk Silinder.....	15
2.5 Persamaan Dasar Aliran.....	16
 III. METODE PENELITIAN	 19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Diagram Alir Penelitian	28
3.4 Tahapan Pembuatan Turbin	29
3.5 Pembuatan Sistem Alat Pengujian	30
3.6 Pengujian dan Pengambilan Data	31
3.7 Pengolahan Data	32
 IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	 33
4.1 Komponen Pendukung Sistem Alat Pegujian	33
4.2. Proses pembuatan turbin <i>vortex</i>	36
4.2.1 Pembuatan Hub atau Poros pada Turbin Vortex	36
4.2.2. Pembuatan sudu turbin <i>vortex</i>	37
4.3 Hasil pengujian.....	39
4.4. Pembahasan	44
 BAB V PENUTUP.....	 49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	50
 DAFTAR PUSTAKA	 51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Turbin pelton	7
Gambar 2. 2 Turbin francis	8
Gambar 2. 3 Turbin crossflow	9
Gambar 2. 4 Sistem pembangkit listrik turbin vortex	10
Gambar 2. 5 Tipe saluran masuk turbin vortex	11
Gambar 2. 6 Skema tangki sirkulasi pada turbin vortex	12
Gambar 2. 7 Turbin vortex	13
Gambar 2. 8 Bentuk bentuk sudu	14
Gambar 2. 9 Skema alat ukur torsi pada turbin.....	17
Gambar 3. 1 Plat besi	19
Gambar 3. 2 Poros besi	20
Gambar 3. 3 Pipa besi	20
Gambar 3. 4 Bantalan.....	21
Gambar 3. 5 Pulley.....	21
Gambar 3. 6 Mesin gerinda.....	22
Gambar 3. 7 Mesin las	22
Gambar 3. 8 Mesin rol	23
Gambar 3. 9 Cetakan sudu	23
Gambar 3. 10 Pompa air.....	24
Gambar 3. 11 Tachometer	24
Gambar 3. 12 Gelas ukur	25
Gambar 3. 13 Waterpass.....	25
Gambar 3. 14 Meteran.....	26
Gambar 3. 15 Sabuk.....	26
Gambar 3. 16 Siku ukur	27

Gambar 3. 17 Neraca pegas	27
Gambar 3. 18 Diagram alir penelitian.....	28
Gambar 3. 19 Sketsa hub turbin.....	29
Gambar 3. 20 Sketsa drawing 2D turbin.....	30
Gambar 3. 21 Desain skema model alat uji pembangkit listrik turbin vortex.....	30
Gambar 3. 22 Skema posisi tinggi turbin.....	31
Gambar 4. 1 Tangki reservoir. A) Tampak luar tangki reservoir, B) Tampak dalam tangki reservoir.....	33
Gambar 4. 2 Talang saluran air. A) Tampak dalam, B) Tampak luar	34
Gambar 4. 3 Katup bukaan air	34
Gambar 4. 4 Sudu pengarah	35
Gambar 4. 5 Tangki sirkulasi	35
Gambar 4. 6 Hub atau poros turbin vortex.....	37
Gambar 4. 7 Mal atau cetakan sudu	37
Gambar 4. 8 Penandaan jarak sudu turbin	38
Gambar 4. 9 Turbin vortex berbentuk silinder	38
Gambar 4. 10 Hubungan putaran turbin terhadap torsi turbin pada posisi tinggi turbin dari saluran keluar tangki sirkulasi (conical basin) 36 cm	44
Gambar 4. 11 Hubungan putaran turbin terhadap torsi turbin pada posisi tinggi turbin dari saluran keluar tangki sirkulasi (conical basin) 38 cm	44
Gambar 4. 12 Hubungan putaran turbin terhadap daya poros pada posisi tinggi turbin saluran keluar tangki sirkulasi (conical basin) 36 cm.....	45
Gambar 4. 13 Hubungan putaran turbin terhadap daya poros pada posisi tinggi turbin dari saluran keluar tangki sirkulasi (conical basin) 38 cm	46
Gambar 4. 14 Hubungan putaran turbin terhadap efisiensi pada posisi tinggi turbin dari saluran keluar tangki sirkulasi (conical basin) 36 cm.....	47
Gambar 4. 15 Hubungan putaran turbin terhadap efisiensi pada posisi tinggi turbin dari saluran keluar tangki sirkulasi (conical basin) 38 cm.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 4. 1 Nilai debit dan kecepatan aliran posisi tinggi 36 cm dan 38 cm.....	39
Tabel 4. 2 Hasil pengujian posisi tinggi turbin dari outlet tangki sirkulasi 36 cm.	40
Tabel 4. 3 Hasil pengujian posisi tinggi turbin dari outlet tangki sirkulasi 38 cm.	41

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi di Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan setiap tahunnya seiring dengan pertumbuhan penduduk, pembangunan infrastruktur, serta peningkatan aktivitas industri dan ekonomi. Di Indonesia sebagian besar kebutuhan energi nasional masih bergantung pada energi fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Berdasarkan data dari Direktorat Jendral Energi Baru dan Terbarukan dan Konversi Energi Kementerian ESDM (2015) dalam beberapa tahun terakhir pertumbuhan konsumsi energi di Indonesia mencapai 7% per tahun. Angka tersebut berada diatas pertumbuhan konsumsi energi dunia yaitu sebesar 2.6% per tahun. Sektor rumah tangga sendiri merupakan salah satu penyumbang terbesar dalam total konsumsi energi. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), konsumsi energi untuk sektor rumah tangga sebesar 30% dari total penggunaan energi (Jamilatun dkk., 2025).

Selama ini, ketergantungan pemakaian energi fosil bukan hanya mengancam ketahanan energi nasional dalam jangka panjang, tetapi juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, khususnya emisi karbon yang tinggi dan kontribusi terhadap perubahan iklim global. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia mendorong pengembangan sumber energi terbarukan, salah satunya adalah energi air dalam skala kecil, atau yang dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik skala kecil yang memanfaatkan aliran air dari sungai, saluran irigasi, atau

air terjun. Prinsip kerjanya yaitu menggunakan perbedaan ketinggian (*head*) dan debit air untuk memutar turbin (Saputra dkk., 2017). Turbin air berfungsi sebagai mesin konversi energi yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Generator ini dikenal sebagai mikrohidro yang dibedakan berdasarkan kapasitas listrik yang dihasilkan. Salah satu turbin yang digunakan dalam mikrohidro yaitu turbin *vortex*. Pengembangan turbin *vortex* menjadi salah satu solusi inovatif dalam pemanfaatan potensi aliran air ber-head rendah, yang umumnya tidak dapat dimanfaatkan oleh turbin konvensional.

Meskipun demikian, tantangan utama dari turbin ini adalah efisiensinya yang masih relatif rendah dibandingkan turbin konvensional, sehingga perlu dilakukan inovasi desain untuk meningkatkan kinerjanya. Komponen sudu atau blade merupakan elemen utama yang mempengaruhi efisiensi konversi energi dalam turbin *vortex*. Beberapa penelitian telah mengkaji pengaruh variasi bentuk, jumlah sudu dan posisi tinggi terhadap unjuk kerja turbin. Pada penelitian sebelumnya David Sinaga (2024), mengkaji bentuk model turbin yaitu dengan bentuk sudu *flat*, *twisted*, dan *curved* (lengkung) dimana dari penelitian tersebut mendapatkan hasil efisiensi maksimum sebesar 30,46% pada debit aliran 0,0108 m³/s pada turbin bentuk sudu *curved* (lengkung), sedangkan pada sudu turbin *flat* dan *twisted* mencapai efisiensi yang maksimum sebesar 18,36% dan 19,80% pada debit aliran yang sama. Selanjutnya pada penelitian Fadhly (2025) yang mengkaji variasi jari-jari kelengkungan sudu 85 mm, 110 mm, dan 145 mm dimana dari penelitian tersebut mendapatkan hasil efisiensi maksimum pada jari-jari kelengkungan sudu 110 mm sebesar 33,12% pada debit aliran 0,0108 m³/s, sedangkan pada jari-jari kelengkungan sudu 85 mm dan 145 mm mencapai efisiensi yang maksimum sebesar 23,84% dan 30,70% pada debit aliran yang sama. Penelitian selanjutnya juga dilakukan oleh Darius (2025) yang mengkaji pengaruh variasi tinggi aliran 18 cm, 20 cm, 22 cm, 24 cm, dan 26 cm dimana dari penelitian tersebut mendapatkan hasil efisiensi maksimum pada tinggi aliran 24 cm sebesar 49,53% pada debit aliran 0,01481 m³/s dengan putaran turbin sebesar 84 rpm. Penelitian selanjutnya juga dilakukan oleh Glen

(2025) yang mengkaji pengaruh posisi tinggi turbin dalam *conical basin* terhadap unjuk kerja turbin *vortex* dimana dari penelitian tersebut mendapatkan hasil efisiensi maksimum sebesar 50,012% pada debit aliran 0,01481 m³/s dari posisi tinggi turbin 24 cm dari *conical basin*nya. Namun demikian, studi-studi tersebut sebagian besar masih terbatas pada bentuk sudu lurus atau lengkung, sementara bentuk sudu lengkung berbentuk silinder masih belum banyak diteliti, terutama dalam konteks eksperimen langsung.

Secara teori sudu berbentuk *curved* (lengkung) dengan turbin berbentuk silinder dapat membantu membentuk aliran pusaran yang lebih stabil sehingga energi aliran air dapat dimanfaatkan secara lebih optimal oleh turbin *vortex*. Penggunaan enam sudu turbin berbentuk *curved* (lengkung) dengan turbin berbentuk silinder menghasilkan distribusi gaya yang lebih merata, sehingga putaran turbin lebih stabil dan torsi yang dihasilkan meningkat. Selain itu, tangki sirkulasi (*conical basin*) berbentuk kerucut memiliki keunggulan dalam mengarahkan aliran air secara bertahap menuju pusat pusaran, sehingga pusaran yang terbentuk menjadi lebih kuat dan kehilangan energi dapat dikurangi.

Adanya celah antara sudu turbin dan dinding tangki sirkulasi (*conical basin*) juga berpengaruh terhadap kinerja turbin. Celah yang sesuai memungkinkan aliran air bergerak lancar di sekitar sudu tanpa menimbulkan gesekan berlebih, sehingga energi aliran dapat dimanfaatkan secara efektif untuk menghasilkan putaran. Namun, jika celah terlalu besar, sebagian aliran air dapat menerobos tanpa melakukan kerja pada sudu sehingga efisiensi turbin menurun. Sebaliknya, jika celah terlalu kecil, gesekan antara aliran air dan dinding tangki sirkulasi (*conical basin*) akan meningkat, yang dapat menyebabkan kehilangan energi akibat turbulensi dan hambatan aliran. Oleh karena itu, diperlukan pengujian eksperimen untuk menentukan ukuran celah yang optimal serta mengevaluasi pengaruh turbin *vortex* berbentuk *curved* (lengkung) dengan turbin berbentuk silinder dan tangki sirkulasi (*conical basin*) terhadap efisiensi hidrolik, torsi, dan karakteristik aliran turbin *vortex*. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Fluida, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung. Penelitian ini

diharapkan dapat menjadi kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi turbin *vortex* yang lebih efisien dan aplikatif, serta mendukung pemanfaatan sumber energi air secara optimal di Indonesia sebagai bagian dari transisi menuju energi terbarukan yang berkelanjutan.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik unjuk kerja turbin *vortex* berbentuk silinder. Tujuan tersebut diperoleh dengan mengetahui:

1. Mengetahui hubungan antara kecepatan putaran turbin (rpm) dengan besar torsi yang dihasilkan (Nm).
2. Mengetahui hubungan antara kecepatan putaran turbin (rpm) dengan daya poros yang dihasilkan (Watt).
3. Mengetahui pengaruh kecepatan putaran turbin (rpm) terhadap efisiensi kerja sistem turbin (η).

1.3 Batasan Masalah

Dalam analisis ini memilih mencangkup ruang lingkup permasalahan yang dibatasi oleh hal sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Mekanika Fluida, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung.
2. Jumlah sudu yang digunakan adalah 6 sudu turbin dengan bentuk *curved* (lengkung) dengan turbin berbentuk silinder, tanpa membandingkan variasi jumlah.
3. Pengujian dilakukan pada turbin *vortex* skala laboratorium dengan variasi tinggi aliran air yaitu 20 cm, 22 cm, dan 24 cm dan memvariasikan posisi tinggi turbin dari saluran keluar tangki sirkulasi (*conical basin*) yaitu 36 cm dan 38 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 mengulas teori dasar dalam penelitian ini mengenai turbin air, turbin vortex, sudu turbin, parameter turbin vortex.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tabel, grafik, dan pembahasan hasil proses pengujian.

BAB V PENUTUP

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

DAFTAR PUSTAKA

Berisi seluruh sumber literatur yang dijadikan referensi dalam penyusunan skripsi ini.

Lampiran: Memuat data pendukung penelitian berupa data pengujian, perhitungan, gambar desain dan spesifikasi alat, serta dokumentasi pelaksanaan penelitian yang tidak disajikan secara rinci pada bab pembahasan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Air

Turbin air merupakan salah satu turbin yang digunakan untuk memutar sebuah generator untuk menghasilkan energi listrik yang digunakan aliran fluida pada kecepatan tertentu untuk menghasilkan energi mekanis putar pada turbin. Fluida akan mengalir dari dataran tinggi ke dataran yang lebih rendah sehingga menghasilkan perbedaan ketinggian yang mengakibatkan energi potensial. Kemudian dari turbin akan mengubah energi potensial menjadi energi kinetik, yang akan menghantam penampang di baling-baling turbin sehingga turbin tersebut terdorong bergerak memutar lalu pada poros dihubungkan kegenerator yang bertujuan untuk menghasilkan energi listrik (Nugroho dkk., 2022). Berdasarkan cara penggunaannya turbin diklasifikasikan dalam beberapa jenis adapun jenis-jenis turbin tersebut adalah sebagai berikut ini :

1. Berdasarkan tingkatan *head* nya, pengklasifikasian turbin dibagi menjadi empat jenis yaitu sebagai berikut :
 - a. Turbin yang *head* nya sangat rendah
Turbin yang *head* nya sangat rendah memiliki tinggi berkisaran ≤ 5 m, biasanya jenis turbin dengan besar *head* yang diatas adalah turbin Propeller, Kaplan.
 - b. Turbin yang *head* nya rendah
Turbin yang *head* rendah memiliki ketinggian berkisaran 5 – 20 m, biasanya jenis turbin dengan *head* diatas adalah turbin *Crossflow*.
 - c. Turbin yang *head* sedang
Turbin yang *head* nya sedang memiliki tinggi berkisaran 20 – 100 m, biasanya jenis turbin dengan *head* yang diatas adalah turbin Francis.

d. Turbin *head* tinggi

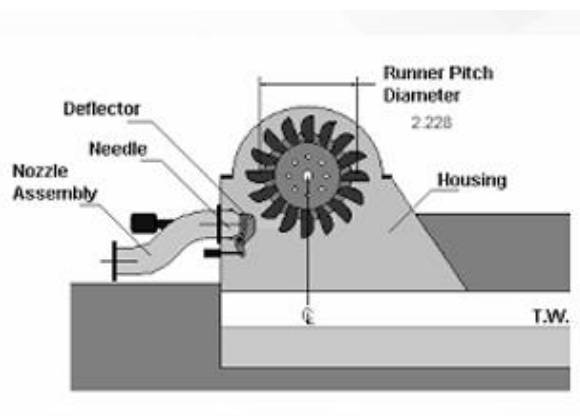
Turbin yang memiliki *head* yang tinggi memiliki ketinggian 100 m, turbin yang digunakan pada *head* ini adalah turbin Pelton dan Turgo.

2. Turbin berdasarkan cara kerjanya

Menurut cara kerjanya turbin di klasifikasikan menjadi beberapa jenis yaitu adalah sebagai berikut :

a. Turbin *Impuls*

Turbin *impuls* bekerja berdasarkan prinsip perubahan momentum dari aliran air. Dalam sistem ini, air bertekanan tinggi dialirkan melalui nosel sempit sehingga menghasilkan jet air dengan kecepatan sangat tinggi. Jet tersebut diarahkan langsung ke sudu-sudu turbin, menyebabkan rotor berputar akibat dorongan gaya impuls. Ciri khas turbin impuls adalah tekanan air tetap konstan selama mengenai sudu, dan perubahan energi hanya terjadi dalam bentuk percepatan aliran. Turbin jenis ini bekerja optimal pada kondisi *head* tinggi dan debit rendah, serta tidak memerlukan casing tertutup karena seluruh proses berlangsung pada tekanan atmosfer. Contoh utama dari turbin impuls adalah turbin Pelton, yang menggunakan sudu berbentuk setengah mangkuk untuk menerima semburan air, serta turbin Turgo, yang merupakan varian Pelton dengan sudu miring untuk menghasilkan kecepatan putar lebih tinggi.

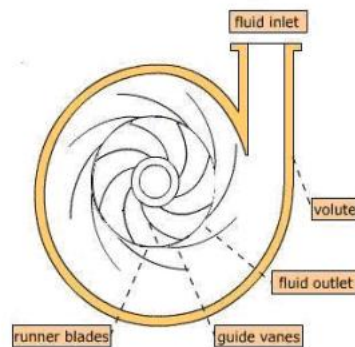


Gambar 2. 1 Turbin pelton
Sumber : (Gultom dkk., 2017)

b. Turbin Reaksi

Turbin reaksi memanfaatkan perubahan tekanan dan kecepatan air secara bersamaan dalam proses konversi energinya. Pada turbin ini, sebagian energi potensial air diubah menjadi energi kinetik sebelum masuk ke sudu, dan sisanya dikonversi saat air mengalir melalui sudu yang sepenuhnya terendam. Perbedaan tekanan antara bagian depan dan belakang sudu menghasilkan gaya reaksi yang menyebabkan rotor berputar.

Sistem ini memerlukan rumah turbin tertutup (*casing*) karena proses berlangsung di bawah tekanan, dan bekerja lebih optimal pada kondisi head rendah hingga sedang dengan debit besar. Contoh dari turbin reaksi adalah turbin Francis, yang memandu aliran air dari arah radial ke aksial, serta turbin Kaplan, yang memiliki sudu yang dapat diatur sudutnya agar efisien terhadap perubahan debit air. Contoh turbin francis bisa dilihat pada gambar dibawah :



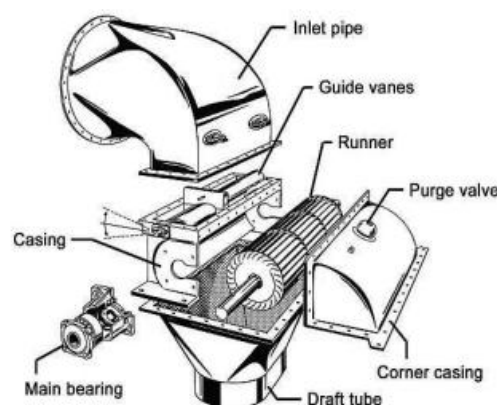
Gambar 2. 2 Turbin francis
Sumber : (Gultom dkk., 2017)

c. Turbin *Crossflow*

Turbin *Cross-flow* merupakan jenis turbin impuls dengan dua komponen utama yaitu runner dan nosel. Prinsip kerja turbin *Cross-flow* yaitu dengan memanfaatkan momentum air yang keluar dari nosel. Air yang disemprotkan dari nosel dengan kecepatan tertentu masuk kedalam bagian turbin yang berputar (*runner*) kemudian air tersebut menumbuk sudu turbin pada tahap pertama dan kemudian air keluar dari celah sudu runner turbin tahap pertama yang kemudian melalui ruang kosong dalam *runner* dan selanjutnya air menumbuk sudu tahap kedua. Kecepatan air yang menumbuk sudu pada tahap

kedua akan lebih rendah jika dibandingkan dengan tahap pertama. Setelah menumbuk sudu pada tahap kedua air itu keluar dari celah sudu tingkat kedua. Atas dasar hal tersebut maka pemanfaatan air pada turbin *Cross-flow* dilakukan dengan dua tahap dan aliran air akan membentuk garis silang, karena pemanfaatan air dilakukan dua kali maka turbin *Cross-flow* disebut dengan turbin aliran silang. Turbin *Cross-flow* mempunyai bagian pengarah air atau yang disebut nosel sehingga celah bebas dengan sudu disekeliling runner sedikit.

Nosel pada turbin *Cross-flow* biasa disebut juga dengan distributor (*Guide Vane*). Turbin *Cross-flow* sangat cocok jika diaplikasikan untuk pembangkit listrik tenaga air yang kecil hingga sedang dengan daya yang dihasilkan kurang lebih 750 kW. Untuk tinggi jatuh air (*Head*) yang dapat digunakan untuk menggerakkan turbin *Cross-flow* pada kisaran diatas 1 m sampai dengan 200 m. Sedangkan untuk debit air yang digunakan untuk turbin *Cross-flow* yaitu antara 0,02 m³/s sampai dengan 7 m³/s. Turbin *Cross-flow* memiliki kecepatan putarannya pada kisaran 60 rpm sampai dengan 200 rpm. Kecepatan putaran yang dihasilkan turbin *Cross-flow* tergantung kepada diameter roda atau runner serta *head* dan debit air. Contoh turbin *crossflow* dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah :



Gambar 2. 3 Turbin crossflow
Sumber : (Gultom dkk., 2017)

2.2 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah pembangkit yang memanfaatkan energi potensial dan kinetik pada air menjadi energi mekanik, energi air adalah energi yang telah dimanfaatkan secara luas di Indonesia untuk pembangkit listrik (Siswadi & Nugroho, 2020). PLTA telah menjadi salah satu tulang punggung penyediaan energi bersih di dunia, dengan kontribusi sekitar 24% dari total energi listrik global dan kapasitas terpasang lebih dari 675 GW.

Sistem PLTA umumnya terdiri dari beberapa komponen utama seperti bendungan, saluran air, turbin air, generator, dan sistem transmisi. Air yang mengalir dari ketinggian tertentu diarahkan ke turbin, kemudian energi gerak air tersebut diputar menjadi energi mekanik oleh turbin dan dikonversi menjadi energi listrik oleh generator. Jenis turbin yang digunakan dalam PLTA sangat bergantung pada kondisi debit dan head air. Turbin Pelton digunakan untuk head tinggi, turbin Francis untuk head sedang, dan turbin Kaplan untuk head rendah dengan debit besar. Gambar 2.4. menampilkan komponen-komponen pada sistem pembangkit Listrik turbin *vortex*.



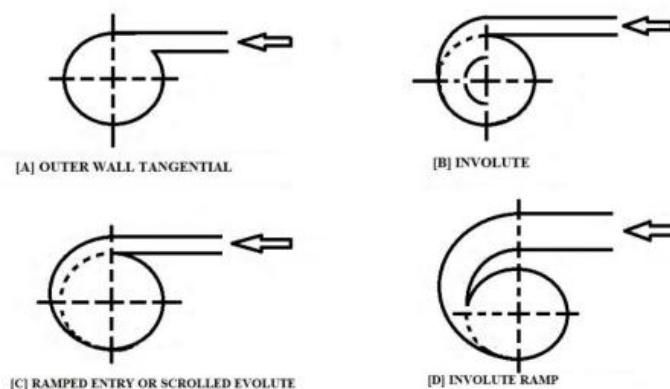
Gambar 2. 4 Sistem pembangkit listrik turbin vortex
Sumber : (Perdana,2022)

2.2.1 Saluran masuk

Saluran masuk turbin *vortex* merupakan komponen krusial dalam pembentukan aliran pusaran yang optimal di dalam basin turbin. Saluran ini umumnya didesain

secara tangensial atau spiral sehingga air dapat diarahkan masuk dengan sudut tepat untuk membentuk *vortex* yang kuat dan stabil. optimalisasi saluran masuk turbin *vortex* harus mempertimbangkan desain sudut *inlet* yang tepat untuk memperkuat *vortex*, penggunaan inlet berbentuk *wrap-around* atau spiral untuk aliran melingkar yang stabil, dan pemilihan rasio geometri basin yang sesuai.

Ada beberapa tipe dari saluran masuk (*inlet area*) yaitu : saluran masuk tipe *involute* saluran masuk tipe ramp dan saluran masuk tipe scroll. Berbagai tipe tersebut dimaksudkan untuk lebih memaksimalkan kinerja dari turbin. Dengan konstruksi lubang masuk tipe *involute*, saluran masuk tipe ramp dan saluran masuk tipe *scroll* dapat mengurangi efek dari turbulensi yang terjadi disekitar dinding saluran masuk dan daerah antara saluran masuk dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah :

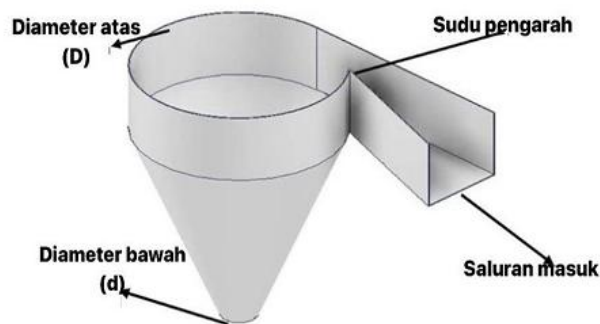


Gambar 2. 5 Tipe saluran masuk turbin vortex
Sumber : (Rachmanto dkk., 2018)

2.2.2 Tangki Sirkulasi (*Conical Basin*)

Pada sistem pembangkit listrik dengan turbin *vortex*, laju aliran masuk berasal dari air yang dialirkan melalui saluran yang terhubung langsung ke tangki sirkulasi (*conical basin*). Saluran ini berfungsi untuk mengarahkan aliran air secara tangensial, baik dalam orientasi horizontal maupun miring, sesuai dengan sudut yang dirancang. Bentuk dan konfigurasi saluran masuk (*inlet*) maupun saluran keluar (*outlet*) memiliki peran penting dalam menentukan kecepatan dan kestabilan aliran pusaran air.

Oleh karena itu, parameter-parameter tersebut harus dirancang secara cermat dan ekstensif untuk menghasilkan aliran pusaran yang efektif. Desain tangki sirkulasi (*conical basin*) juga berpengaruh signifikan terhadap pembentukan aliran pusaran gravitasi yang menjadi inti dari sistem ini. Air yang masuk ke dalam tangki sirkulasi (*conical basin*) secara tangensial akan bergerak melingkar membentuk *vortex* (pusaran) bebas, dan energi kinetik dari pusaran tersebut kemudian diekstraksi melalui turbin sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan terbarukan. Skema tangki sirkulasi dan saluran masuk dapat dilihat pada gambar dibawah :



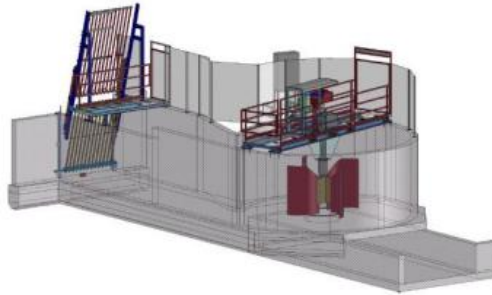
Gambar 2. 6 Skema tangki sirkulasi pada turbin vortex
Sumber : Christina, 2022

2.3 Turbin *Vortex* (Pusaran)

Turbin *vortex* (pusaran) merupakan jenis turbin yang memanfaatkan aliran pusaran air (*vortex flow*) dalam kolam berbentuk silinder. Turbin *Vortex* adalah salah satu jenis turbin mikrohidro yang menggunakan pusaran air sebagai penggerak sudunya. Turbin *Vortex* bekerja pada *head* yang rendah 0,7m – 3m dengan debit 50 L/s (Suwoto, 2018). Air diarahkan masuk secara tangensial ke dalam kolam, sehingga menghasilkan aliran berputar (*vortex*) yang kuat dan stabil. Di tengah kolam, terdapat saluran keluar (*outlet*) yang terhubung dengan rotor atau runner yang dipasang secara vertikal.

Ketika air berputar membentuk pusaran, gaya sentrifugal dan momentum dari aliran tersebut menyebabkan rotor berputar, yang kemudian dikonversi menjadi

energi listrik melalui generator. Ketinggian air (head) yang diperlukan untuk turbin ini 0,7 – 2 m dan debit berkisar 1000 liter per detik. Turbin ini sederhana, mudah dalam perawatannya, kecil, kuat, dan bertahan hingga 50 – 100 tahun. Teknologi ini dirancang khusus untuk daerah dengan head rendah dan aliran air kecil, sehingga sangat cocok untuk wilayah pedesaan atau terpencil. Dibawah ini adalah contoh gambar turbin *vortex* :



Gambar 2. 7 Turbin vortex
Sumber : (Gultom dkk., 2017)

Cara kerja dari turbin *vortex* adalah sebagai berikut :

1. Air sungai dari tepi sungai disalurkan dan dibawa ke tangki sirkulasi. Tangki sirkulasi ini memiliki suatu lubang lingkaran pada dasarnya.
2. Tekanan rendah pada lubang dasar tangki dan kecepatan air pada titik masuk tangki sirkulasi mempengaruhi kekuatan aliran *vortex*.
3. Energi potensial seluruhnya diubah menjadi energi kinetik rotasi diinti *vortex* yang selanjutnya diekstraksi melalui turbin sumbu vertikal.
4. Air kemudian kembali ke sungai melalui saluran keluar.

2.3.1 Aliran *Vortex*

Aliran *vortex* merupakan suatu fenomena fluida yang ditandai dengan gerakan berputar mengelilingi suatu titik pusat atau sumbu tertentu. Dalam konteks mekanika fluida, *vortex* dapat diartikan sebagai daerah dalam aliran fluida di mana terdapat rotasi atau pusaran yang signifikan. Gerakan *vortex* berputar disebabkan oleh adanya perbedaan kecepatan antara lapisan fluida yang berdekatan. Dapat diartikan juga sebagai gerak alamiah fluida yang diakibatkan oleh parameter kecepatan dan tekanan. *Vortex* sebagai pusaran yang merupakan

efek dari putaran rotasional dimana viskositas berpengaruh didalamnya (Sihombing & Gultom, 2014). Aliran *vortex* dibagi menjadi tiga yaitu sebagai berikut :

1. Aliran *vortex* bebas

Aliran *vortex* bebas terjadi walaupun tidak adanya gaya yang dilakukan pada fluida tersebut. Karakteristik dari *vortex* bebas adalah kecepatan tangensial dari partikel fluida yang berputar pada jarak tertentu dari pusat *vortex*.

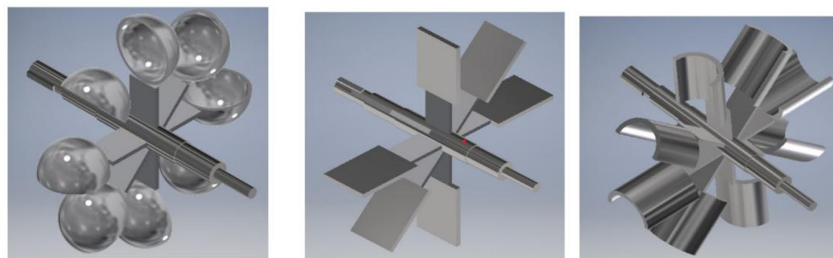
2. Aliran *vortex* paksa

Aliran *vortex* paksa terjadi apabila suatu gaya diberikan pada suatu fluida dengan maksud membuat aliran fluida berputar.

2.3.2 Sudu Turbin

Sudu turbin merupakan komponen utama dalam sistem turbin air yang berperan penting dalam mengubah energi kinetik dan potensial aliran fluida menjadi energi mekanik rotasi . Terdapat bagian-bagian dari turbin yang membentuk sistem kesatuan turbin, antara lain sudu turbin. Sudu turbin yang memiliki bentuk seperti mangkuk akan dipasang pada sekeliling roda (*runner*).

Sudu yang berada di sekeliling *runner* memiliki fungsi untuk menangkap energi kinetik yang dihasilkan dari jatuhnya air di sudu sehingga berubah menjadi energi mekanik yang lalu runner akan mentransmisikan energi mekanik tersebut ke as generator sehingga generator dapat menghasilkan energi listrik (Dewangga dkk., 2022) Bentuk sudu turbin terbagi menjadi beberapa jenis, sebagai berikut :



a). Sudu bentuk mangkuk b). Sudu bentuk datar c). Sudu bentuk lengkung

Gambar 2. 8 Bentuk bentuk sudu
Sumber : (Husen, 2021)

2.4 Turbin Air Berbentuk Silinder

Turbin air berbentuk silinder merupakan salah satu jenis turbin impuls yang memiliki desain silindris dengan susunan sudu di sekeliling silinder. Air mengalir melintasi rotor dua kali, yaitu saat masuk dan keluar, sehingga efisiensinya dapat lebih tinggi dibanding turbin *impuls* konvensional pada kondisi tertentu. Salah satu bentuk pengembangan dari sistem turbin impuls adalah turbin air silinder atau yang dalam beberapa literatur disebut sebagai turbin *crossflow* silindris. Turbin ini termasuk dalam kategori turbin impuls karena air mengenai sudu secara langsung tanpa melalui proses perubahan tekanan di dalam rotor. Desain utama dari turbin ini adalah rotor berbentuk silinder dengan bilah-bilah (sudu) yang terpasang secara radial. Air diarahkan melalui *nozzle* untuk mengenai sudu turbin, biasanya dari sisi luar, lalu mengalir melintasi rotor dan keluar di sisi seberangnya. Sistem ini memungkinkan air untuk berinteraksi dengan bilah dua kali saat masuk dan keluar rotor yang secara signifikan dapat meningkatkan efisiensi dibandingkan turbin *impuls* satu tahap (Sutikno dkk., 2018).

Keunggulan utama dari turbin air silinder adalah kemampuannya untuk bekerja secara efektif pada kondisi head rendah dan debit sedang, yang menjadikannya ideal untuk diterapkan di wilayah pedesaan atau terpencil dengan sumber air yang tidak terlalu tinggi namun stabil. Dibandingkan dengan turbin jenis lainnya seperti Pelton atau Francis, turbin silinder lebih mudah dalam hal perakitan, biaya pembuatan, serta perawatan. Selain itu, bentuk konstruksinya yang relatif sederhana membuatnya dapat difabrikasi menggunakan material lokal, yang berkontribusi pada kemandirian teknologi dan pemberdayaan masyarakat lokal (Ardiansyah dkk., 2020).

Desain geometris turbin silinder sangat berpengaruh terhadap performa dan efisiensinya. Beberapa parameter penting yang memengaruhi kinerja turbin antara lain adalah jumlah sudu, sudut impak aliran, diameter rotor, lebar bilah, dan kecepatan aliran air. Jumlah sudu yang terlalu banyak dapat menimbulkan gesekan dan menurunkan efisiensi, sementara sudu yang terlalu sedikit akan

mengurangi transfer energi. Penelitian menunjukkan bahwa sudut optimal antara *nozzle* dan sudu rotor berada pada kisaran 20° hingga 30°, guna memastikan air memberikan gaya maksimal pada sudu. Selain itu, diameter rotor berperan dalam menentukan torsi yang dihasilkan, sedangkan panjang sudu berpengaruh pada volume air yang bisa digunakan per satuan waktu (Prasetyo dkk., 2019).

2.5 Persamaan Dasar Aliran

1. Untuk menghitung nilai debit air dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

Dimana: Q = Debit air (m³/s)

V = Volume bak penampung (m³)

t = Waktu (s)

2. Pengukuran Kecepatan Aliran Pengukuran kecepatan aliran air dilakukan untuk mengetahui besar daya air yang keluar dari turbin. Kecepatan aliran dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut :

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

Dimana: U : Kecepatan aliran (m/s)

Q : Debit aliran air (m³/s)

Δt : Rata-rata waktu (s)

3. Perhitungan Daya Hydro

Daya hydro yang dapat dihasilkan oleh turbin sesuai dengan kapasitas tinggi jatuh air. Daya hydro dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut :

$$P_h = \gamma \cdot Q \cdot H \quad (2.3)$$

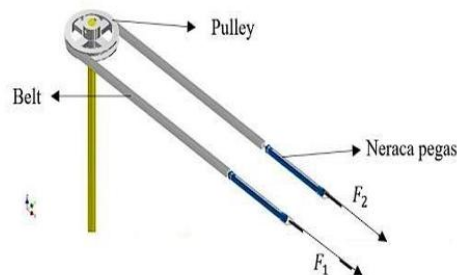
Dimana : P_h : Daya hydro (watt)

γ : Berat jenis air (N/m³)

Q : Debit aliran air (m^3/s)

H : *Head vortex* (m)

4. Pengukuran Turbin Torsi turbin dapat diukur dengan melakukan pengereman terhadap turbin saat berputar dengan metode sistem pengereman sabuk. Sistem pengereman sabuk menggunakan neraca pegas sebagai pengukur besar tegangan tali yang diberikan.



Gambar 2.9 Skema alat ukur torsi pada turbin

Sumber : (Christina. Y. 2022)

Besar torsi dihitung dengan menggunakan selisih tegangan tali antara sisi ketat dan sisi kendur yang merupakan gaya (F) pengereman yang ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$T = \Sigma F \cdot r \quad (2.4)$$

Dimana :

T : Torsi (Nm)

ΣF : $F_2 - F_1$ (N)

r : Jari – jari pulley pengereman (m)

5. Perhitungan Daya Turbin

Energi mekanik dari aliran air, yang merupakan hasil transformasi energi potensial gravitasi, digunakan untuk menggerakkan turbin atau kincir. Secara umum, turbin berfungsi untuk mengubah energi kinetik dari air menjadi energi mekanik yang kemudian dihubungkan ke generator sehingga menghasilkan energi listrik , sedangkan kincir dimanfaatkan untuk

penggunaan energi mekanik secara langsung. Untuk aliran yang melewati turbin, daya yang dihasilkan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_t = T \cdot \omega \quad (2.5)$$

Dimana :

P_t : Daya poros turbin (watt)

T :Torsi turbin (Nm)

ω : Kecepatan sudut turbin (rad/s)

Nilai kecepatan sudut turbin dapat diperoleh melalui persamaan berikut:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot N}{60} \quad (2.6)$$

6. Pengukuran Putaran Turbin

Pengukuran putaran turbin dilakukan untuk mengetahui putaran poros turbin yang selanjutnya digunakan untuk mengetahui besar daya poros turbin. Alat yang digunakan dalam menghitung putaran turbin adalah *tachometer*.

7. Perhitungan efisiensi Turbin

Efisiensi turbin dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_t}{P_h} \times 100 \% \quad (2.7)$$

Dimana: η : Efisiensi

P_t : Daya Turbin (watt)

P_h : Daya Hydro (watt) $\times 100 \%$

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini mulai dilaksanakan pada bulan Agustus 2025 di Laboratorium Mekanika Fluida, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk pembuatan dan pengujian unjuk kerja turbin *vortex* adalah sebagai berikut :

1. Bahan pembuatan turbin *vortex*

Bahan yang digunakan dalam pembuatan turbin *vortex* adalah sebagai berikut:

- a. Plat besi

Plat besi digunakan sebagai bahan dalam pembuatan sudu turbin *vortex*.



Gambar 3. 1 Plat besi

b. Besi poros

Besi poros digunakan sebagai poros poros sudu turbin, dudukan turbin, dan sistem pengereman.



Gambar 3. 2 Poros besi

c. Pipa Besi

Pipa besi digunakan sebagai badan terletaknya sudu-sudu turbin *vortex*.



Gambar 3. 3 Pipa besi

d. Bantalan

Bantalan (bearing) digunakan sebagai tumpuan poros yang memiliki beban, sehingga putaran atau gerak bolak-balik dapat berlangsung secara halus dan aman.



Gambar 3. 4 Bantalan

e. *Pulley*

Pulley berguna sebagai komponen atau penghubung putaran yang kemudian diteruskan dengan menggunakan sabuk ke beban. *Pulley* yang digunakan diameter luar 6 *inch* dan diameter lubang tengah (lubang as) yaitu 20 mm



Gambar 3. 5 Pulley

1. Alat pembuatan turbin *vortex*

Alat yang digunakan dalam pembuatan turbin *vortex* adalah sebagai berikut:

a. Mesin gerinda

Mesin gerinda digunakan untuk mengasah, memotong dan menghaluskan benda kerja.



Gambar 3. 6 Mesin gerinda

b. Mesin Las

Mesin las digunakan untuk menyambung atau meleburkan logam atau material sejenis dengan cara memberikan panas tinggi pada area sambungan, sehingga menghasilkan ikatan permanen antara dua bagian logam.



Gambar 3. 7 Mesin las

c. Mesin rol

Mesin rol digunakan untuk membentuk plat besi menjadi silindris ataupun melengkung menjadi sudu turbin.



Gambar 3. 8 Mesin rol

d. Cetakan sudu

Cetakan sudu digunakan untuk membentuk sudu dengan radius yang diinginkan.



Gambar 3. 9 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. Pompa air

Pompa sebagai alat untuk sirkulasi air saat pengujian ke tangki penampungan (Reservoir).



Gambar 3. 10 Pompa air

b. *Tachometer*

Tachometer berguna untuk mengukur kecepatan putaran pada turbin.



Gambar 3. 11 *Tachometer*

c. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur debit air.



Gambar 3. 12 Gelas ukur

d. *Waterpass*

Waterpass adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur kemiringan atau ketidakrataan permukaan suatu bidang dengan bidang lainnya menjadi posisi yang sejajar.



Gambar 3. 13 Waterpass

e. Meteran

Meteran berguna sebagai alat pengukur panjang sebuah benda kerja.



Gambar 3. 14 Meteran

f. Sabuk

Sabuk adalah bahan fleksibel yang melingkar tanpa ujung, yang digunakan untuk menghubungkan secara mekanis dua poros yang berputar.



Gambar 3. 15 Sabuk

g. Siku ukur

Siku ukur digunakan untuk memastikan turbin terpasang secara tegak lurus pada tangki sirkulasi (*basin conical*).



Gambar 3. 16 Siku ukur

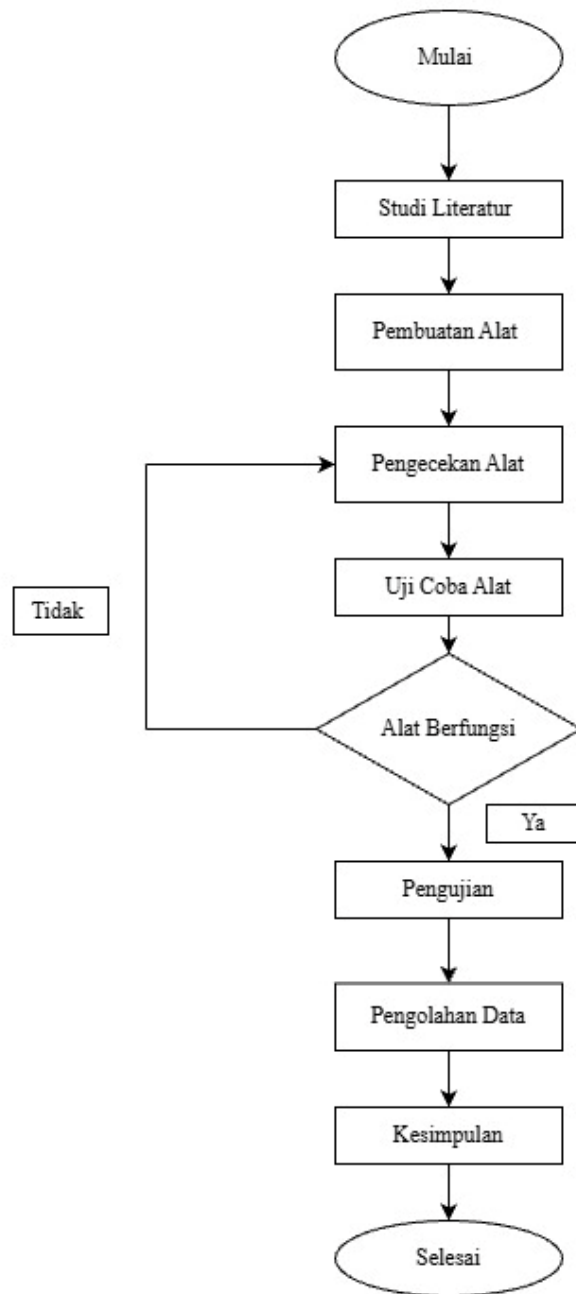
h. Neraca pegas

Neraca pegas untuk melakukan pengukuran massa dan daya suatu benda.



Gambar 3. 17 Neraca pegas

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 18 Diagram alir penelitian

3.4 Tahapan Pembuatan Turbin

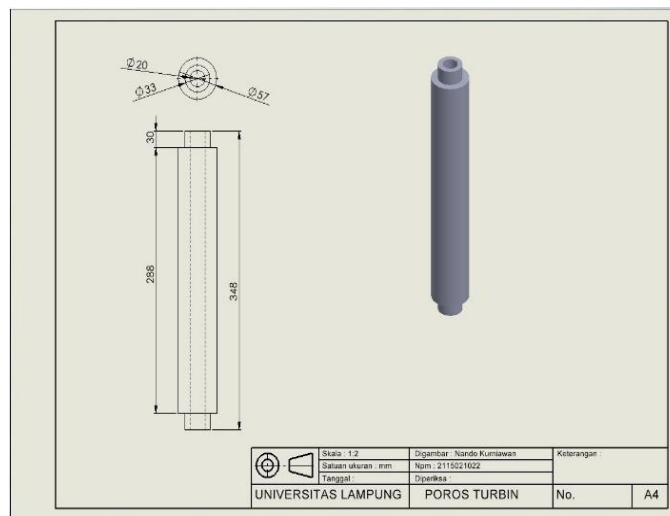
Pembuatan turbin *vortex* ini dilakukan dengan beberapa tahap sebagai berikut:

1. Tahap persiapan :

Persiapan ini dilakukan studi literatur dan melengkapi bahan dan alat yang dibutuhkan dalam pembuatan turbin *vortex*.

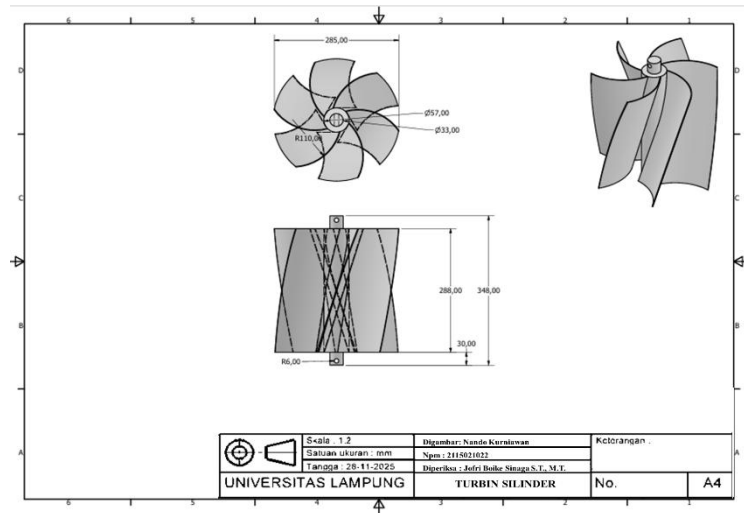
2. Tahap pembuatan turbin *vortex* :

Tahap Pembuatan ini dilakukan dengan pembuatan model turbin *vortex* dengan bervariasi radius kelengkungan sudu yaitu 110 mm dengan bentuk sudu yang digunakan adalah bentuk sudu *curved*, dengan menggunakan 6 sudu turbin. Sebelum dilaksanakan penelitian diperlukan pembuatan sketsa hub turbin dengan ukuran diameter terbesar 57 mm, diameter terkecil 33 mm, dan diameter lubang tengah (diameter dalam) sebesar 20 mm. Berikut adalah gambar sketsa hub turbin pada gambar 3.19.



Gambar 3. 19 Sketsa hub turbin

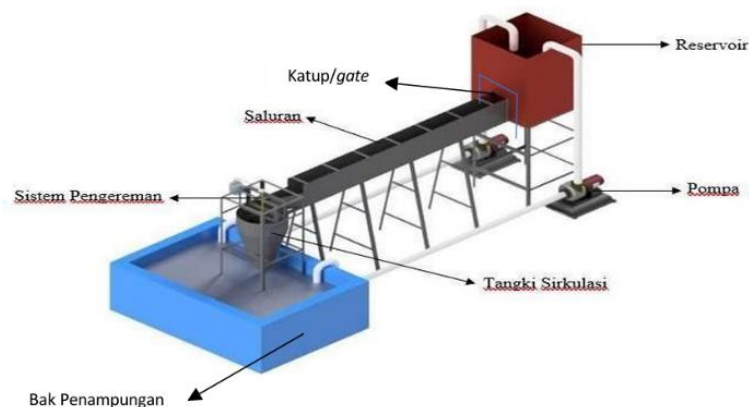
Selanjutnya adalah pembuatan sketsa turbin dengan jari-jari kelengkungan sudu 110 mm dengan tinggi turbin 288 mm, lebar bagian atas dan bagian bawah turbin 308 mm. Berikut adalah gambar sketsa *drawing* 2D turbin pada gambar 3.20.



Gambar 3. 20 Sketsa drawing 2D turbin

3.5 Pembuatan Sistem Alat Pengujian

Skema alat pengujian dapat dilihat pada gambar 3.21, dimana komponen-komponen sistem pembangkit listrik turbin *vortex* terdapat pompa air untuk menaikkan air ke dalam tangki *reservoir* lalu dialirkan melewati saluran air menuju ketangki sirkulasi (*conical basin*), didalam tangki sirkulasi (*conical basin*) terdapat turbin yang memanfaatkan pusaran air gravitasi yang biasa disebut *water vortex* dimana disitu terjadi fenomena *water vortex* yang biasa disebut pemanfaatan energi air sistem pembangkit listrik turbin *vortex* :

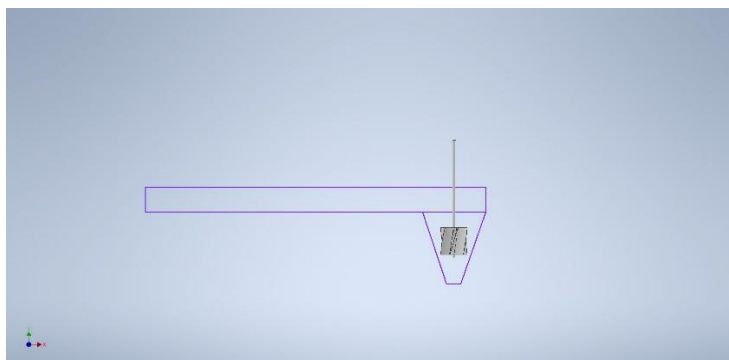


Gambar 3. 21 Desain skema model alat uji pembangkit listrik turbin vortex

3.6 Pengujian dan Pengambilan Data

Skema alat pengujian alat uji dapat dilihat pada gambar 3.22, pengujian model turbin *vortex* dilakukan untuk memperoleh data pengujian sehingga diperoleh unjuk kerja turbin. Adapun data yang akan diambil dalam pengujian turbin *vortex* di laboratorium adalah debit aliran air (L/s), putaran turbin (rpm), torsi turbin (Nm), dan *head vortex* (cm). Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian model turbin *vortex* di laboratorium mekanika fluida adalah sebagai berikut:

1. Memasang sudu turbin pada as poros menggunakan mur dan baut.
2. Memasang turbin kedalam tangki sirkulasi (*conical basin*) dengan posisi tinggi turbin dari saluran keluar tangki sirkulasi (*conical basin*) 36 cm dan 38 cm.
3. Mengisi air kedalam *reservoir*.
4. Membuka *gate* saluran air pada *reservoir* dengan 3 variasi tinggi aliran air yaitu 20 cm, 22 cm dan 24 cm.
5. Mengukur debit pada setiap level ketinggian air dengan menggunakan ember yang sudah diukur volumenya dengan gelas ukur.
6. Mengukur torsi turbin dengan menggunakan sistem pengereman neraca pegas F1 dan F2.
7. Memasukkan beban.
8. Mengukur tinggi aliran *vortex* dengan menggunakan meteran.
9. Setelah turbin beroperasi dilakukan pengukuran putaran (rpm) pada turbin menggunakan *tachometer*.
10. Mencatat data hasil pengujian.



Gambar 3. 22 Skema posisi tinggi turbin

3.7 Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari pengujian kemudian dihitung untuk menentukan daya hidro (P_h), daya turbin (P_t) dan efisiensi turbin (η). Daya hidro diperoleh dari data aliran air di saluran, yang kemudian dihitung menggunakan persamaan 2.3. Daya turbin diperoleh dari data torsi dan kecepatan sudut, yang kemudian dihitung menggunakan persamaan 2.5, Efisiensi turbin ditentukan oleh rasio daya turbin terhadap daya hidro, dan dihitung menggunakan persamaan 2.7.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dari penelitian karakteristik unjuk kerja turbin vortex berbentuk silinder dengan jari-jari kelengkungan sudu 110 mm dan debit aliran air yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Hubungan antara putaran turbin dan torsi yaitu berbanding terbalik dimana semakin besar nilai putaran turbinnya maka semakin kecil nilai torsinya berlaku juga untuk sebaliknya. Pada posisi turbin dari saluran keluar tangki sirkulasi (*conical basin*) 36 cm nilai torsi terbesarnya berada pada debit aliran 10,66 L/s yaitu sebesar 6,172 Nm, pada putaran turbin 0 dan pada posisi tinggi turbin dari saluran keluar tangki sirkulasi (*conical basin*) 38 cm nilai torsi terbesarnya berada pada debit aliran 10,66 L/s, dengan putaran turbin yang sama sebesar 0 yaitu dengan torsi sebesar 5,486 Nm.
2. Hubungan putaran turbin terhadap daya poros membentuk kurva parabola yang menunjukkan adanya titik daya maksimum dimana titik daya maksimum terjadi pada posisi tinggi turbin dari saluran keluar tangki sirkulasi (*conical basin*) 38 cm dengan daya porosnya sebesar 51,779 watt pada debit aliran 10,66 L/s, dengan putaran turbin sebesar 103 rpm dan pada posisi tinggi turbin dari saluran keluar tangki sirkulasi (*conical basin*) 36 cm dengan daya porosnya sebesar 50,495 watt pada debit aliran 10,66 L/s, dengan putaran turbin sebesar 113 rpm.
3. Nilai efisiensi merupakan indikator utama unjuk kerja dimana pada penelitian ini nilai efisiensi optimum didapatkan pada posisi tinggi turbin dari saluran keluar tangki sirkulasi (*conical basin*) 38 cm dengan debit aliran 10,66 L/s, pada putaran turbin sebesar 103 rpm dengan efisiensi sebesar 58,216% dan pada posisi tinggi turbin dari saluran keluar tangki sirkulasi (*conical basin*)

36 cm dengan debit aliran 10,66 L/s, pada putaran turbin sebesar 113 rpm didapatkan efisiensi sebesar 56,771%. Clearance gap atau celah antara turbin dan basin merupakan salah satu faktor yang menyebabkan efisiensi optimum terjadi pada posisi tinggi turbin ini.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada pengujian ini adalah sebagai berikut :
Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya dilakukan variasi jumlah sudu dengan bentuk turbin yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, M., dan Suwandono, P., (2020). Desain dan Pengujian Turbin Silinder untuk Aplikasi Mikrohidro. *Jurnal Teknik Mesin dan Energi*, 9(1), 45-52.
- Dewangga, Y. A., Kholis, N., Baskoro, F., dan Haryudo, S. I. (2022). Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Terhadap Kinerja Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 71–76.
- Gultom, S., Lubis, A. Z., dan Sembiring, P. G. (2017). Rancang Bangun Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Yang Menggunakan Sudu Diameter 46 Cm Pada 3 Variasi Jarak Antara Sudu Dan Saluran Keluar. *DINAMIS*, 5(2).
- Husen, A. (2021). Uji Eksperimental Bentuk Sudu-Sudu Pada Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Air Turbin Pelton. Presisi.
- Jamilatun, S., Rhomadoni, F. R., Astuti, E., Wardhana, B. S., Idris, M., & Auliasari, P. A. (2025). Peran Manajemen Energi terhadap Efisiensi Konsumsi Listrik Rumah Tangga di Indonesia. *Prosiding Semnastek*.
- Nugroho, A. D., Suwandono, P., Hermawan, D., dan Rizki, A. (2022). Pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja 3D print turbin air tipe vortex. *Jurnal Turbo*, 11(1), 95–108.
- Prasetyo, A., dan Hermawan, D., (2019). Pengaruh Sudut dan Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Turbin Air Silinder. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 5(3), 101-108.
- Rachmanto, T., Juliawan, Y., dan Allo Padang, Y. (2018). Pengaruh variasi saluran masuk terhadap aliran vortex pada basin turbin vortex. Dalam *Telp* (Vol. 83125, Nomor 62).

- Saputra, I. W. B., Weking, A. I., dan Jasa, L. (2017). Rancang bangun pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (pltmh) menggunakan kincir overshoot wheel. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(2), 48.
- Sihombing, R. P. J., dan Gultom, S. (2014). Analisa Efisiensi Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Pada Sudu Berdiameter 56 Cm Untuk 3 Variasi Jarak Sudu Dengan Saluran Keluar. *Jurnal e-dinamis*, 10(2).
- Siswadi, S., dan Nugroho, A. (2020). Pengembangan Model Nosel Terhadap Sudu Turbin Air. *Matrik: Jurnal Manajemen dan Teknik Industri Produksi*, 21(1), 73–82.
- Sutikno, S. (2018). Studi Eksperimental Turbin Air Crossflow Silindris untuk Head Rendah. *Jurnal Teknologi Energi*, 12(2), 67-73.
- Suwoto, G. (2018). Pembuatan Turbin Vortex Dengan Sudu Pipa Belah Tiga Dengan Sudut Kemiringan Sudu 45. *Eksergi*, 14(3), 72–77.