

DRAFT SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN KOMPONEN SISTEM
PENGARAH PADA KINERJA TURBIN ARCHIMEDES
SPIRAL**

Oleh :

ADRI PRATAMA

NIM. DAB 114 038



JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
PALANGKA RAYA
2021

**PENGARUH PENAMBAHAN KOMPONEN SISTEM
PENGARAH PADA KINERJA TURBIN ARCHIMEDES
SPIRAL**

DRAFT SKRIPSI

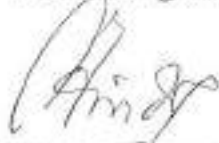
Oleh

**ADRI PRATAMA
NIM. DAB 114 038**

Telah dipaparkan di depan Tim Pembahas, pada:

Hari/Tanggal : Senin / 5 April 2021
Waktu : 11.00–12.30 WIB
Tempat : Ruang Seminar Jurusan
Teknik Sipil

Pembimbing Utama



**DWI ANUNG NINDITO, S.T., M.T.
NIP. 197610262003121001**

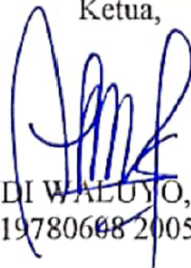
Pembimbing-Pendamping



**RADEN HARYO SAPUTRA, M.T.
NIP. 197510122003121002**

Mengetahui:

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya
Ketua,



**Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.
NIP. 19780608 200501 1 003**

RINGKASAN

PENGARUH PENAMBAHAN KOMPONEN SISTEM PENGARAH PADA KINERJA TURBIN ARCHIMEDES SPIRAL, Adri Pratama, DAB 114 038, 2021, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Meningkatnya penggunaan energi konvensional mengharuskan untuk mencari energi terbarukan yang ramah lingkungan. Turbin hidrokinetik *Archimedes* Spiral merupakan solusi yang dapat digunakan dalam mengubah energi air menjadi energi listrik. Pada studi ini penambahan komponen sistem pengarah pada turbin *Archimedes* Spiral untuk melihat pengaruh kinerja turbin terhadap torsi (Nm), putaran (*RPM*), daya (*W*), C_p dan *TSR*.

Pengujian dilakukan di laboratorium hidrologi dan hidraulika dengan membuat pemodelan turbin *Archimedes* Spiral dan komponen sistem pengarah (*truncated cone* dan ekor pengarah). Turbin dilakukan *running* dengan penambahan *truncated cone*, 6 variasi ukuran ekor pengarah dengan panjang masing-masing, 4 cm, 8 cm, 12 cm, 16 cm, 20 cm, dan 24 cm, menggunakan 5 variasi kecepatan aliran dengan kecepatan masing-masing yaitu 0,201 m/s, 0,209 m/s, 0,214 m/s, 0,218 m/s, dan 0,228 m/s.

Hasil penelitian menunjukkan: (1) Penambahan sistem pengarah pada turbin *Archimedes* Spiral membuat nilai torsi (Nm) yang dihasilkan lebih tinggi. Nilai torsi (Nm) terbesar terjadi saat penambahan *truncated cone* dengan ekor pengarah ukuran ke-6 pada kecepatan 0,228 m/s. (2) Nilai *RPM* yang dihasilkan turbin *Archimedes* Spiral dengan penambahan sistem pengarah lebih rendah akan tetapi daya yang dihasilkan lebih tinggi. Daya terbesar yang dihasilkan mencapai 0,063 watt dengan perolehan nilai *RPM* 34,42, menggunakan turbin *Archimedes* Spiral dengan tambahan sistem pengarah (*truncated cone* dan ekor pengarah ukuran ke-1) dengan kecepatan 0,228 m/s. (3) Turbin *Archimedes* Spiral dengan tambahan sistem pengarah menghasilkan nilai C_p lebih besar. Nilai C_p yang diperoleh sebesar 0,24 dengan nilai *TSR* 1,87 menggunakan turbin *Archimedes* Spiral dengan *truncated cone* dan ekor pengarah ukuran ke-1 pada kecepatan 0,201 m/s. Penambahan *truncated cone* menyebabkan nilai torsi yang dihasilkan turbin *Archimedes* Spiral meningkat akan tetapi *RPM* yang dihasilkan menurun. Semakin besar ukuran ekor pengarah yang ditambahkan pada turbin *Archimedes* Spiral mengakibatkan menurunnya nilai *RPM* dan menyebabkan nilai *TSR* yang dihasilkan mengalami penurunan.

Kata kunci: Turbin Hidrokinetik, Turbin *Archimedes* Spiral, Sistem Pengarah Aliran, *Truncated Cone*, Ekor Pengarah

SUMMARY

THE INFLUENCE OF ADDITION OF COMPONENTS STEERING SYSTEMS ON THE PERFORMANCE OF THE TURBINE ARCHIMEDES SPIRAL, Adri Pratama, DAB 114 036, 2021, *Civil Engineering Department, Engineering Faculty, University of Palangka Raya.*

The increasing use of conventional energy requires the search for environmentally friendly renewable energy. Archimedes Spiral hydrokinetic turbine is a solution that can be used in converting water energy into electrical energy. In this study the addition of steering system components to the Archimedes Spiral turbines to see how turbine performance affects torque (Nm), rotation (RPM), power (W), C_p and TSR.

Testing was conducted in hydrology and hydraulic laboratories by modeling Archimedes Spiral turbines and direction system components (truncated cones and tail vanes). Turbines in running with the addition of truncated cones, 6 variations in the size of the direction tail with their respective lengths, 4 cm, 8 cm, 12 cm, 16 cm, 20 cm, and 24 cm, using 5 variations of flow speed with speeds of 0.201 m/s, 0.209 m/s, 0.214 m/s, 0.218 m/s, and 0.228 m/s, respectively.

The results showed: (1) The addition of a direction system to the Archimedes Spiral turbine effected the resulting torque value (Nm) higher. The largest torque value (Nm) occurred during the addition of a truncated cone with a 6th size direction tail at a speed of 0.228 m/s. (2) The RPM value generated by the Archimedes Spiral turbine with the addition of a direction system was lower but the generated power was higher. The largest generated power reached 0.063 watts with an RPM value of 34.42, using Archimedes Spiral turbine with additional direction system (truncated cone and 1st size tail vanes) with a speed of 0.228 m/s. (3) Archimedes Spiral Turbine with additional steering system resulted in a greater C_p value. C_p value obtained by 0.24 with TSR value of 1.87 using Archimedes Spiral turbine with truncated cone and 1st size direction tail at 0.201 m/s. The addition of the truncated cone causes the torque value produced by a Archimedes Spiral turbine to increase but the resulting rpm decreases. The greater the size of the tail vane added to the Archimedes Spiral turbine resulted in a decrease in the value of RPM and causing the resulting TSR value to decline.

Keyword: *Hydrokinetik Turbine, Archimedes Spiral Turbine, System Steering Flow, Truncated Cone, Tail Vane*

PRAKATA

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat dan Karunia-Nya sehingga dapat diselesaikan Hasil Skripsi ini. Hasil Skripsi dengan judul **“PENGARUH PENAMBAHAN KOMPONEN SISTEM PENGARAH PADA KINERJA TURBIN ARCHIMEDES SPIRAL”** disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya;
2. Ibu Frieda, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya;
3. Bapak Dr. Sutan Parasian Silitonga, S.T.P., S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya;
4. Bapak Tatau Wijaya Garib, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya;
5. Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T., Selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas, Palangka Raya;
6. Ibu Veronika Happy P., S.T., M.T. Selaku Sekretaris Jurusan Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas, Palangka Raya;
7. Bapak Ir. Maryanto, M.T., Selaku Dosen Pembimbing Akademik;

8. Bapak Dwi Anung Nindito, S.T., M.T., Selaku Dosen Pembimbing Utama Skripsi;
9. Bapak Raden Haryo Saputra, M.T., Selaku Dosen Pembimbing Pendamping Skripsi;
10. Bapak Ir. Allan Restu Jaya, M.T., Selaku Dosen Pembahas/Penelaah I;
11. Bapak Ir. Hendro Suyanto, M.T., Selaku Dosen Pembahas/Penelaah II;
12. Bapak Haiki Mart Yupi, S.T., M.T., Ph.D., Selaku Moderator;
13. Ayah dan Ibu yang selalu mendukung dan memberikan semangat selama menempuh pendidikan di Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya; dan
14. Pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian proposal skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyajian Hasil Skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan kelemahan. Oleh karena itu, diharapkan berbagai tanggapan, kritik, dan saran yang membangun demi perbaikan dan sempurnanya Skripsi ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kemurahan hati, kebaikan dan bantuan yang telah diberikan, sehingga Hasil Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Palangka Raya, April 2021
Penyusun

ADRI PRATAMA
DAB 114 038

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN	i
RINGKASAN	ii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Turbin Hidrokinetik.....	7
2.2 Jenis-Jenis Turbin Hidrokinetik Berdasarkan Sumbu Putar.....	8
2.3 Turbin <i>Archimedes</i> Spiral.....	9
2.3.1 Penelitian Terdahulu Turbin <i>Archimedes</i> Spiral	9
2.3.2 Desain Turbin <i>Archimedes</i> Spiral.....	11
2.3.3 Cara Pembuatan Turbin <i>Archimedes</i> Spiral.....	12
2.3.4 Kekurangan Turbin <i>Archimedes</i> Spiral.....	15

2.4 Solusi atau Ide yang Disarankan.....	16
2.4.1 Ekor Pengarah Turbin.....	17
2.4.2 <i>Truncated Cone</i>	17
2.5 Parameter Turbin yang Dihitung	19
2.5.1 Daya Aliran	19
2.5.2 Kecepatan Sudut	20
2.5.3 Daya Turbin	20
2.5.4 <i>Coefficient of Power (C_p)</i>	21
2.5.5 <i>Tip Speed Ratio (TSR)</i>	21
2.5.6 Daya.....	21
2.6 Hubungan Antara Parameter Turbin <i>Archimedes</i> Spiral	22
2.6.1 Hubungan Antara Torsi (Nm) dan Kecepatan (m/s).....	22
2.6.2 Hubungan Antara Daya (Watt) dan <i>RPM</i>	22
2.6.3 Hubungan Antara <i>Coefficient of Power (C_p)</i> dan <i>Tip</i> <i>Speed Ratio (TSR)</i>	23

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Umum	24
3.2 Tahapan Penelitian	24
3.3 Komponen Turbin <i>Archimedes</i> Spiral	26
3.4 Pembuatan Pemodelan Turbin.....	28
3.5 Variasi Pengujian.....	31
3.6 Instrumen Pengukuran.....	32
3.7 Parameter Pengukuran.....	34

3.8 Perbandingan Kinerja Turbin <i>Archimedes</i> Spiral.....	37
---	----

BAB IV HASIL PEMBAHASAN

4.1 Desain Pemodelan Turbin <i>Archimedes</i> Spiral	38
4.1.1 Bilah Turbin <i>Archimedes</i> Spiral.....	38
4.1.2 <i>Truncated Cone</i>	39
4.1.3 Ekor Pengarah.....	39
4.1.4 Penahan Turbin	40
4.1.5 Hasil Perakitan Turbin <i>Archimedes</i> Spiral.....	41
4.2 Perbandingan Kinerja Turbin <i>Archimedes</i> Spiral	41
4.3 Hubungan Torsi (Nm) dan Kecepatan Aliran (m/s)	44
4.4 Hubungan Daya (Watt) dan Rotasi Per Menit (<i>RPM</i>).....	46
4.5 Hubungan C_p (<i>Coefficient of Power</i>) dan <i>TSR</i> (<i>Tip Speed Ratio</i>)	48

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran	51

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Penelitian Turbin Hidrokinetik Terdahulu.....	7
Tabel 2.2 Penelitian Turbin <i>Archimedes</i> Spiral yang Pernah Dilakukan.....	10
Tabel 3.1 Ukuran Komponen Turbin.....	27
Tabel 3.2 Formulir Pengambilan Variasi Pengujian Tanpa <i>Truncated</i> <i>Cone</i>	35
Tabel 3.3 Formulir Pengambilan Variasi Pengujian Dengan <i>Truncated</i> <i>Cone</i>	36
Tabel 4.1 Dimensi Turbin <i>Archimedes</i> Spiral dan Sistem Pengarah Aliran....	38
Tabel 4.2 Hasil Perakitan Turbin <i>Archimedes</i> Spiral Beserta Sistem Pengarah	41
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Turbin <i>Archimedes</i> Spiral Tanpa <i>Truncated</i> <i>Cone</i>	42
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Turbin <i>Archimedes</i> Spiral Dengan <i>Truncated</i> <i>Cone</i>	42

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1.1 Konsumsi Energi Dunia Menurut Jenisnya.....	1
Gambar 1.2 Perbandingan Turbin Air Konvensional dan Turbin Hidrokinetik	2
Gambar 1.3 Tampak Depan Turbin Angin <i>Archimedes</i> Spiral.....	3
Gambar 1.4 Ikan Badut (<i>Clownfish</i>)	4
Gambar 1.5 Garis Aliran Kecepatan dan Kontur Tekanan	5
Gambar 2.1 Jenis-jenis Turbin <i>Vertical Axis</i> (a) H-Darrieus (b) Darrieus (c) Gorlov dan (d) Savonius	8
Gambar 2.2 Pemodelan Turbin Sumbu Horizontal.....	9
Gambar 2.3 Sketsa Bentuk Turbin <i>Archimedes</i> Spiral	11
Gambar 2.4 Gambar Desain Turbin <i>Archimedes</i> Spiral (a) Tampak Belakang dan (b) Tampak Samping.....	11
Gambar 2.5 Desain Turbin <i>Archimedes</i> Spiral Beserta Penahan Turbin.....	12
Gambar 2.6 Foto Peralatan Eksperimental yang Dikembangkan untuk Proses RTB.....	12
Gambar 2.7 Pembagian Ruas dari Bilah Spiral Turbin <i>Archimedes</i>	13
Gambar 2.8 Ilustrasi Penekukan Bilah dengan Proses RTB	13
Gambar 2.9 Bentuk Bilah yang Telah Melalui Proses RTB	14
Gambar 2.10 Bentuk Akhir Turbin <i>Archimedes</i> Spiral.....	14
Gambar 2.11 Sketsa Turbin dengan Menggunakan Sudut Serang.....	15
Gambar 2.12 Kontur Tekanan pada Bilah Turbin <i>Archimedes</i> Spiral	15

Gambar 2.13 Garis Aliran Pada Bilah Turbin <i>Archimedes</i> Spiral	16
Gambar 2.14 <i>Truncated Cone</i>	17
Gambar 2.15 Tampak Samping Sketsa Ekor Pengarah Turbin	18
Gambar 2.16 Jenis-Jenis Ekor Ikan.....	19
Gambar 2.17 Ekor Ikan Tipe <i>Homocercal</i>	19
Gambar 2.18 Grafik Hubungan Antara Torsi (Nm) dan Kecepatan (m/s).....	22
Gambar 2.19 Grafik Hubungan Antara Daya (Watt) dan <i>RPM</i> (n).....	23
Gambar 2.20 Grafik Hubungan Antara <i>Coefficient of Power</i> (C_p) dan <i>Tip Speed Ratio</i> (<i>TSR</i>)	23
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	25
Gambar 3.2 Sketsa Awal Pembuatan Komponen Turbin <i>Archimedes</i> Spiral..	26
Gambar 3.3 Tampak Samping Bilah dan As yang Telah Disatukan	29
Gambar 3.4 Desain <i>Stand</i> Turbin.....	30
Gambar 3.5 Turbin <i>Archimedes</i> Spiral Tanpa <i>Truncated Cone</i>	31
Gambar 3.6 Turbin <i>Archimedes</i> Spiral Dengan <i>Truncated Cone</i>	31
Gambar 3.7 Skema <i>Running</i> pada Saluran Prismatik	34
Gambar 4.1 Turbin <i>Archimedes</i> Spiral (a) Tampak Depan dan (b) Tampak Belakang	38
Gambar 4.2 <i>Truncated Cone</i>	39
Gambar 4.3 Variasi 6 Ukuran Ekor Pengarah.....	39
Gambar 4.4 Penahan Turbin	40
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Nilai Torsi (Nm) Terhadap Kecepatan Aliran (m/s).....	44

Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Daya (Watt) Terhadap Rotasi Per Menit (<i>RPM</i>).....	46
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara C_p (<i>Coefficient of Power</i>) dan <i>TSR</i> (<i>Tip Speed Ratio</i>).....	48

DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
A	Dimensi penampang turbin	m^2
C_p	<i>Coefficient of Power</i>	
$C_{p\ max}$	<i>Coefficient of Power</i> maksimal	
P_{air}	Daya aliran	watt
P_{opt}	Daya optimal	watt
P_{turbin}	Daya turbin	watt
RPM	Jumlah putaran rotor setiap menit	rotasi per menit
r	Jari-jari turbin	m
TSR	<i>Tip Speed Rasio</i>	
v	Kecepatan aliran	m/s
ω	Kecepatan sudut	rad/s
τ	Torsi	Nm
π	<i>phi</i>	
ρ	Berat jenis air	kg/m^3

SKRIPSI

**BAB I
PENDAHULUAN**

**JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
2021**



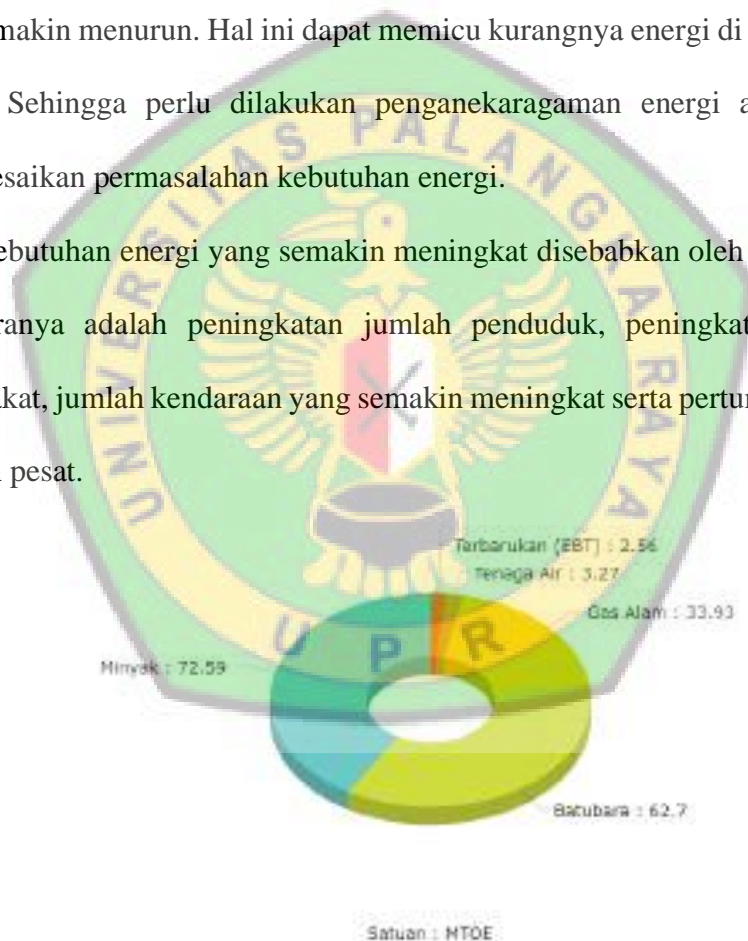
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan energi terbarukan sebagai energi alternatif sudah merupakan suatu keharusan, karena kebutuhan terhadap konsumsi energi yang meningkat setiap tahun. Berbanding terbalik dengan produksi energi (energi konvensional) yang semakin menurun. Hal ini dapat memicu kurangnya energi di masa yang akan datang. Sehingga perlu dilakukan penganekaragaman energi alternatif dalam menyelesaikan permasalahan kebutuhan energi.

Kebutuhan energi yang semakin meningkat disebabkan oleh beberapa faktor di antaranya adalah peningkatan jumlah penduduk, peningkatan taraf hidup masyarakat, jumlah kendaraan yang semakin meningkat serta pertumbuhan industri semakin pesat.

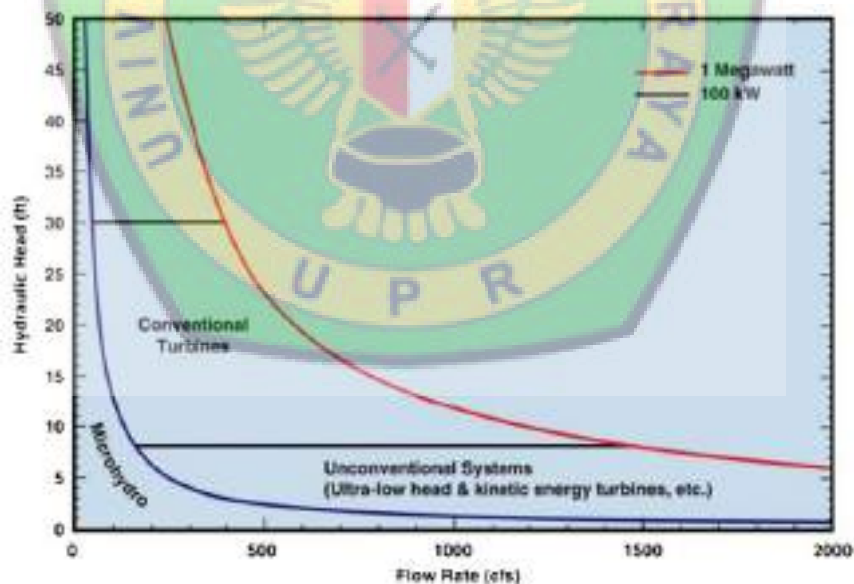


Gambar 1.1 Konsumsi energi dunia menurut jenisnya
Sumber: Anonim, (2016b)

Tantangan utama yang dihadapi dunia saat ini adalah tidak mengekstraksi energi sebanyak mungkin, tetapi melakukan pembaruan terhadap energi alternatif

dengan cara yang lebih ramah lingkungan. Turbin hidrokinetik merupakan teknologi energi terbarukan yang menghasilkan tenaga listrik dengan menangkap energi dari air yang mengalir tanpa secara signifikan mengubah jalur aliran air. Alat pengubah energi hidrokinetik memiliki kelebihan seperti hemat biaya, efisien, dan sederhana, menjadikannya cocok untuk digunakan pada pembangkit listrik mikrohidro.

Aliran sungai yang searah dapat menghilangkan panas pada rotor. Sungai memiliki kecepatan aliran air berprofil tiga dimensi. Oleh karena itu, karakteristik sungai akan menentukan jumlah energi yang dapat diekstraksi secara efektif. Untuk alasan ini, perangkat hidrokinetik bekerja paling baik di lokasi dengan aliran air yang relatif stabil sepanjang tahun (tanpa ada periode kekeringan yang panjang).



Gambar 1.2 Perbandingan turbin air konvensional dan turbin hidrokinetik
sumber: Khan, dkk., (2009)

Turbin *Archimedes* Spiral dapat menjadi metode yang sangat baik untuk memanfaatkan energi kinetik dari sungai kecil. Ketika air mengalir dari hulu ke

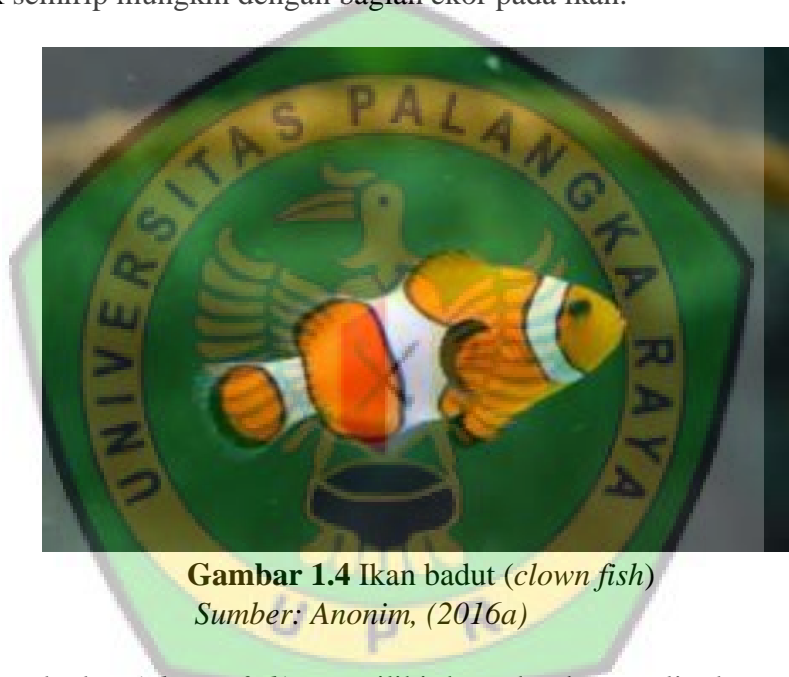
hilir, energi potensial berubah menjadi energi kinetik. Turbin hidrokinetik mengubah energi kinetik pada aliran air untuk menjadi tenaga mekanis dan dapat digunakan sebagai penggerak generator. Turbin *Archimedes* Spiral menggunakan konsep baru HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbine*) yang dirancang menggunakan prinsip *Archimedes* Spiral.



Gambar 1.3 Tampak depan turbin angin *Archimedes* Spiral
sumber: Patil, (2018)

Turbin *Archimedes* Spiral beroperasi pada kecepatan angin yang rendah, sehingga dapat digunakan sebagai alat konversi hidrokinetik. Turbin *Archimedes* Spiral dapat menjadi metode yang sangat baik untuk memanfaatkan energi kinetik pada aliran sungai. Adapun kelemahan dari turbin *Archimedes* Spiral adalah tidak dapat mengubah posisinya agar menyesuaikan arah datangnya aliran air. Sudut yang efisien untuk kinerja turbin *Archimedes* Spiral berada pada 0° (nol) dengan sumbu horizontal.

Diharapkan dengan membuat turbin *Archimedes* Spiral dapat berotasi secara vertikal tanpa mengubah besaran sudutnya akan memaksimalkan kinerja turbin. Oleh karenanya pada penelitian ini untuk mengatasi kekurangan pada Turbin *Archimedes* Spiral, maka dilakukan penambahan komponen pada bagian belakang turbin. Penambahan komponen ini berfungsi untuk mengarahkan turbin agar dapat menyesuaikan dengan arah datangnya aliran air, yang di mana komponen ini dibentuk semirip mungkin dengan bagian ekor pada ikan.

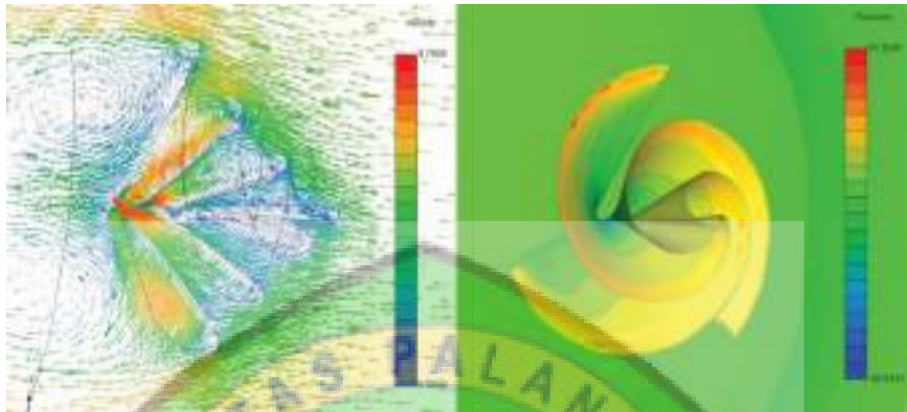


Gambar 1.4 Ikan badut (*clown fish*)
Sumber: Anonim, (2016a)

Ikan badut (*clown fish*) memiliki bentuk ekor melingkar yang mampu bermanuver sangat cepat walaupun kecepatan renang yang lambat. Ekor pengarah yang akan digunakan pada turbin *Archimedes* Spiral terinspirasi dari bentuk dan fungsi mengarahkan dari ekor ikan badut. Turbin *Archimedes* Spiral dapat bergerak meskipun dengan kecepatan air yang lambat dan diperlukannya kecepatan dalam menyesuaikan arah datangnya aliran.

Studi terdahulu telah menguji kinerja turbin *Archimedes* Spiral menggunakan aplikasi ANSYS-CFX yang diterapkan untuk simulasi *Computational Fluids*

Dynamics (CFD). Keaerodinamisan dari turbin *Archimedes* Spiral yang diteliti menghasilkan garis vektor kecepatan dan kontur tekanan pada turbin, seperti yang terlihat pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Garis aliran kecepatan dan kontur tekanan
Sumber: Anonim, (2018)

Gambar 1.5 menunjukkan garis vektor kecepatan yang mengarah keluar turbin terlalu banyak. Berdasarkan hal tersebut diperlukan alat bantu untuk dapat memusatkan garis vektor menuju bagian dalam turbin. *Truncated cone* adalah kerucut yang pada bagian ujung runcingnya dipotong, sehingga dapat digunakan untuk memusatkan garis vektor ke dalam turbin dan diharapkan dapat membuat kinerja turbin maksimal.

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana desain dan bentuk dari turbin air tipe *Archimedes* Spiral beserta ekor pengarahnya dengan *truncated cone* dan tipe *Archimedes* Spiral beserta ekor pengarahnya tanpa *truncated cone*?

2. Bagaimana kinerja dari turbin air tipe *Archimedes* Spiral beserta ekor pengarahnya dengan *truncated cone* dan tipe *Archimedes* Spiral beserta ekor pengarahnya tanpa *truncated cone*?

1.3 Batasan masalah

1. Penelitian dilakukan di dalam Laboratorium Hidrolika dan Hidrologi Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Penelitian ini tidak membahas tentang perhitungan sistem kelistrikan.
3. Pengujian dilakukan dengan variasi turbin menggunakan atau tidak menggunakan *truncated cone* dan ukuran dari ekor pengarah turbin.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui desain dan bentuk dari turbin air tipe *Archimedes* Spiral beserta ekor pengarahnya dengan *truncated cone* dan tipe *Archimedes* Spiral beserta ekor pengarahnya tanpa *truncated cone*.
2. Mengetahui perbandingan kinerja dari turbin air tipe *Archimedes* Spiral beserta ekor pengarahnya dengan *truncated cone* dan tipe *Archimedes* Spiral beserta ekor pengarahnya tanpa *truncated cone*.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan sebuah kontribusi dalam mengembangkan energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan;
2. Dapat dimanfaatkan bagi masyarakat di pinggiran sungai yang belum memiliki akses listrik; dan
3. Mengembangkan dan mengoptimalkan model turbin air tipe *Archimedes* Spiral.

SKRIPSI

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
2021



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Hidrokinetik

Turbin hidrokinetik merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengubah energi kinetik aliran menjadi energi mekanik. Sehingga dapat dimanfaatkan sebagai penghasil energi listrik. Turbin hidrokinetik digunakan sebagai penghasil energi listrik sangat disarankan, karena dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan sangat minim. Dalam beberapa tahun terakhir, turbin hidrokinetik sudah banyak digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga air (Lopes, dkk., 2015).

Tabel 2.1 Penelitian turbin hidrokinetik Terdahulu

peneliti	Penelitian turbin hidrokinetik	Hasil studi
Pongduang, Kayakannavee & Tiaple, (2015)	Investigasi eksperimental turbin hidrokinetik	<ul style="list-style-type: none"> a. Berubahnya sudut heliks dapat mempengaruhi kinerja pada turbin. b. Nilai <i>Tip Speed Ratio (TSR)</i> yang dihasilkan juga dapat dipengaruhi oleh soliditas turbin.
Sahim, Santoso & Puspitasari, (2018)	Pengaruh radius rotor pada turbin gabungan <i>Darrieus-Savonius</i>	<ul style="list-style-type: none"> a. Radius rotor pada turbin yang diperbesar mengakibatkan nilai <i>Coefficient of Torque (C_t)</i> yang dihasilkan lebih tinggi.
Antomo, Kamiana & Nindito, (2020)	Penambahan luas bidang tangkap pada turbin <i>Gorlov</i>	<ul style="list-style-type: none"> a. Luas bidang tangkap (A_f) yang diperbesar mengakibatkan turunnya nilai <i>Coefficient of Power (C_p)</i> dan <i>TSR</i> yang dihasilkan. b. Nilai C_p yang dihasilkan antara 0,19–0,24 dengan nilai <i>TSR</i> sekitar 0,91–1,07.
Wardani, Nindito & Jaya, (2020)	Desain bilah turbin <i>Darrieus</i> berdasarkan distribusi aliran	<ul style="list-style-type: none"> a. Turbin <i>Spinning Top Darrieus</i> dapat memperoleh <i>RPM</i> lebih tinggi sekitar 69,24–82,02. b. <i>Self-starting</i> rotasi pada turbin <i>Spinning Top Darrieus</i> lebih tinggi dari turbin <i>Darrieus</i>.

2.2 Jenis-Jenis Turbin Hidrokinetik Berdasarkan Sumbu Putar

Turbin hidrokinetik secara umum dibedakan menjadi dua jenis yaitu *Horizontal Axis Turbine* (HAT) dan *Vertical Axis Turbine* (VAT). Turbin hidrokinetik jenis HAT memiliki sumbu putar yang searah dengan arah datangnya aliran air. Sedangkan turbin hidrokinetik jenis VAT memiliki sumbu putar yang tegak lurus dengan arah datangnya aliran air (Khan, dkk., 2009).

a. *Vertical Axis Turbine* (VAT)

Vertical Axis Turbine (VAT) adalah turbin yang sumbu putarnya tegak lurus dengan arah aliran air. Turbin *vertical axis* adalah turbin yang umum digunakan pada arus air. Turbin jenis *vertical axis* yang digunakan memiliki banyak jenis (Khan, dkk., 2009). Contoh-contoh turbin *vertical axis* terdapat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Jenis-jenis turbin *vertical axis* (a) H-Darrieus (b) Darrieus (c) Gorlov dan (d) Savonius

Sumber: Khan, dkk., (2009)

b. *Horizontal Axis Turbine (HAT)*

Horizontal Axis Turbine (HAT) adalah turbin yang memiliki sumbu rotasi horizontal. Turbin dengan sumbu horizontal merupakan salah satu turbin yang digunakan untuk pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi kinetik pada aliran air (Verma & Katkade, 2018)



Gambar 2.2 Pemodelan turbin sumbu horizontal
 Sumber: Verma & Katkade, (2018)

2.3 Turbin *Archimedes* Spiral

Turbin *Archimedes* Spiral dibuat menggunakan prinsip spiral *Archimedes*. Tidak seperti jenis turbin horizontal pada umumnya turbin ini menggunakan gaya *lift* dan gaya *drag* yang membuatnya lebih efisien (Rozali, dkk., 2019). Turbin ini beroperasi pada kecepatan fluida yang rendah sehingga cocok digunakan sebagai perangkat konversi hidrokinetik (Rat, dkk., 2018).

2.3.1 Penelitian Terdahulu Turbin *Archimedes* Spiral

Beberapa penelitian terdahulu dan perkembangan tentang turbin *Archimedes* Spiral yang pernah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.2 Penelitian turbin *Archimedes* Spiral yang pernah dilakukan

Peneliti dan Metode	Penelitian <i>Archimedes</i> Spiral	Temuan/Hasil Studi
Kim dkk., (2013) eksperimental	Karakteristik aerodinamik	<ul style="list-style-type: none"> a. Nilai C_p yang dihasilkan dengan metode CFD sekitar 0,25 lebih tinggi dari turbin lainnya. b. Putaran rotor yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kecepatan fluida. Meningkatnya kecepatan fluida menyebabkan putaran pada rotor juga meningkat.
Kim dkk., (2014) eksperimental	Karakteristik aerodinamik	<ul style="list-style-type: none"> a. Pengukuran <i>Particle Image Velocimetry</i> (PIV) menunjukkan adanya tekanan yang berpusat di hilir rotor dan ujung bilah.
Yang dkk., (2017) eksperimental	Proses <i>Roll-Twist-Bending</i> untuk pembuatan bilah	<ul style="list-style-type: none"> a. Menggunakan proses RTB dapat membuat bilah spiral turbin <i>Archimedes</i> dengan kesalahan <5%.
Patil, (2018) numerik, eksperimental, dan analisis	Desain, pembuatan dan analisis metode Fibonacci pada pembuatan bilah	<ul style="list-style-type: none"> a. Kecepatan minimum yang diperlukan untuk menggerakkan turbin adalah 5 m/s. b. Untuk kinerja yang optimal, kecepatan angin harus berada di antara 18–25 m/s.
Ebrahimi & Ghassemi, (2018) eksperimental	Analisis aerodinamik turbin <i>Archimedes</i> Spiral	<ul style="list-style-type: none"> a. Menggunakan variasi kecepatan 5–12 m/s menghasilkan nilai <i>Coefficient of Power</i> (C_p) maksimum 0,26 dengan nilai <i>TSR</i> yang diperoleh sebesar 2,5.
Kim dkk., (2012) eksperimental	Karakteristik aerodinamik turbin <i>Archimedes</i> Spiral	<ul style="list-style-type: none"> a. Diprediksi, dengan menggunakan kecepatan 4,5 m/s dapat menghasilkan RPM mendekati 500 putaran. b. Dari hasil analisis, kinerja yang dihasilkan pada rotor lebih banyak diekstrak pada ujung bilah.
Jang dkk., (2019) eksperimental, analisis	Performa turbin <i>Archimedes</i> Spiral	<ul style="list-style-type: none"> a. Menggunakan kecepatan angin sebesar 12,73 m/s menghasilkan daya 500 Watt. b. Kesalahan maksimum antara daya yang diukur dan simulasi, ditemukan 7,80% ketika pada kecepatan angin 8,5 m/s.

2.3.2 Desain Turbin *Archimedes* Spiral

Desain bilah turbin *Archimedes* Spiral yang tipis dan berbentuk spiral dengan jumlah bilah sebanyak 3 buah dapat membentuk sudut sebesar 120° . Setiap bilah memiliki bentuk yang simetris dan melingkar di sepanjang porosnya, dan bentuknya menyerupai limas segitiga (Kim, dkk., 2014).



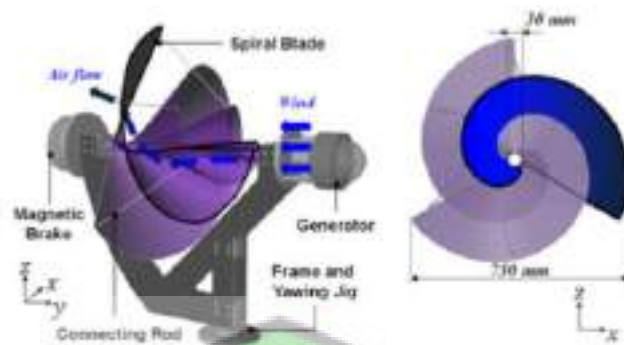
Gambar 2.3 Sketsa bentuk turbin *Archimedes* Spiral
 Sumber: Patil, (2018)

Gambar 2.4 Gambar desain turbin *Archimedes* Spiral (a) tampak belakang dan (b) tampak samping

Sumber: Patil, (2018)

Karakteristik pada desain bilah turbin *Archimedes* Spiral dapat memaksimalkan kinerja aerodinamis pada turbin. Bilah turbin *Archimedes* Spiral merupakan komponen yang sangat penting. Bilahnya yang berbentuk spiral sehingga berbeda dari pada turbin pada umumnya (Yang, dkk., 2017). Bentuk bilah

pada turbin *Archimedes* Spiral menyebabkan arah aliran berubah tegak lurus sehingga membentuk sudut 90° (Rozali, dkk., 2019).

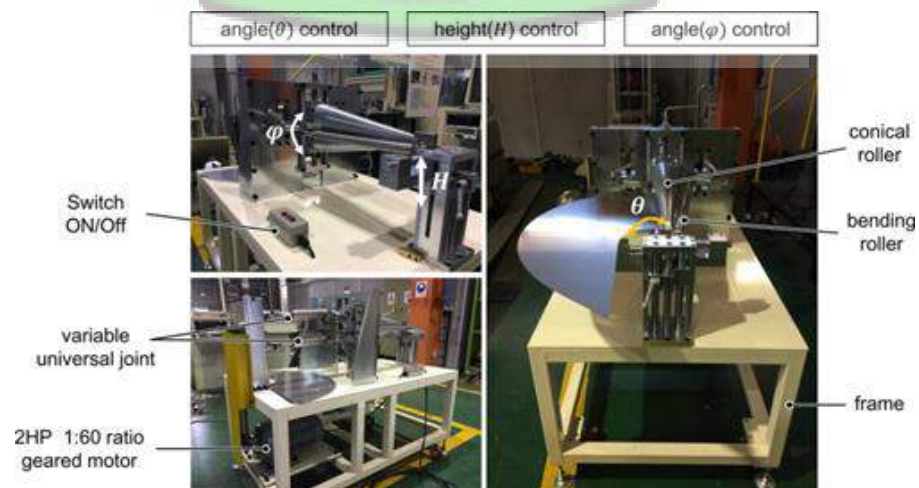


Gambar 2.5 Desain turbin *Archimedes* Spiral beserta penahan turbin

Sumber: Yang dkk., (2017)

2.3.3 Cara Pembuatan Turbin *Archimedes* Spiral

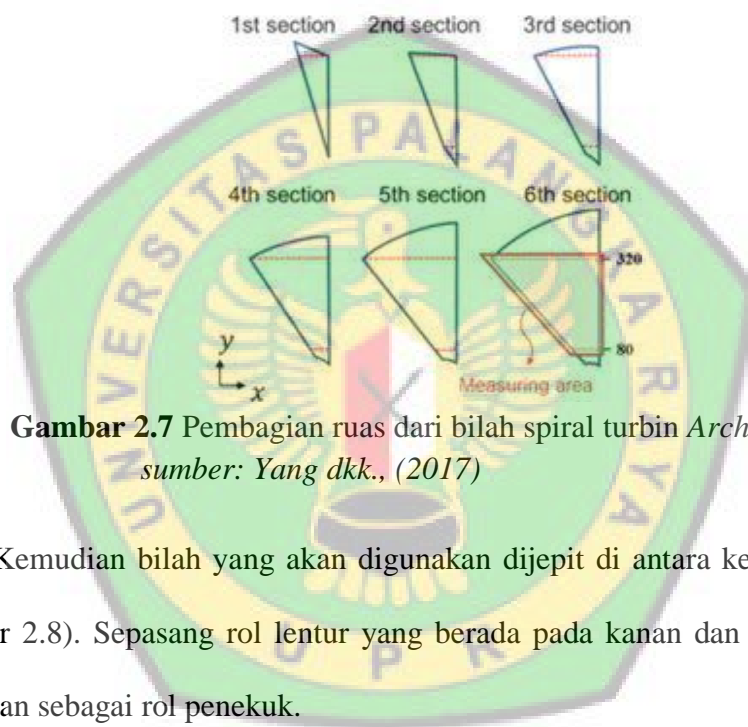
Studi Yang dkk., (2017) melakukan penelitian bahwa dengan menggunakan proses RTB (*Roll Twist Banding*) dapat menghasilkan bilah turbin *Archimedes* Spiral dengan kesalahan bentuk $<5\%$. Menggunakan 4 pasang rol, 2 rol kerucut pada bagian atas dan bawah serta 2 rol lentur dibagian kanan dan kiri. Rol kerucut diputar dengan sumbu rotasi tetap, dan digerakkan secara bersamaan dengan kecepatan putar yang sama.



Gambar 2.6 Foto peralatan eksperimental yang dikembangkan untuk proses RTB

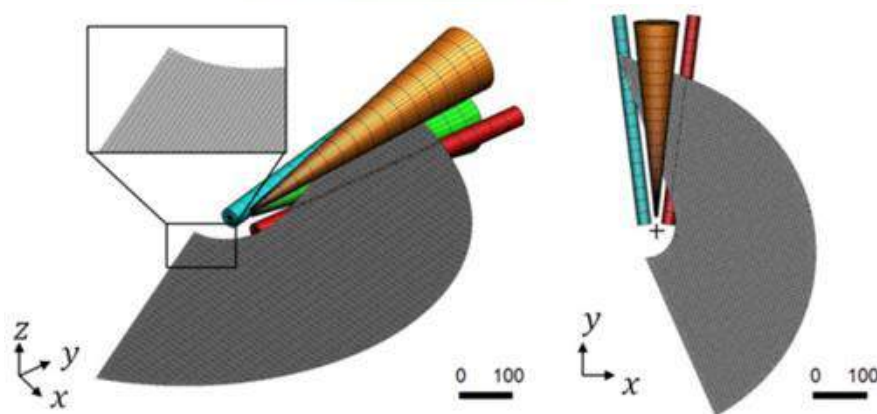
Sumber: Yang dkk., (2017)

Gambar 2.7 menunjukkan pembagian bilah turbin yang memiliki enam ruas bentuk serta ukurannya berbeda satu sama lain. Ruas ke-1 dan ke-2 berbentuk segitiga, dan ruas ke-3 sampai ke-6 lebih mirip dengan bentuk seperti kipas. Posisi titik pusat gulungan dapat divariasikan terus menerus untuk dideformasi sesuai desain bilah. Yang dkk., (2017) mendefinisikan enam titik pusat sebagai posisi rata-rata di setiap bagian.

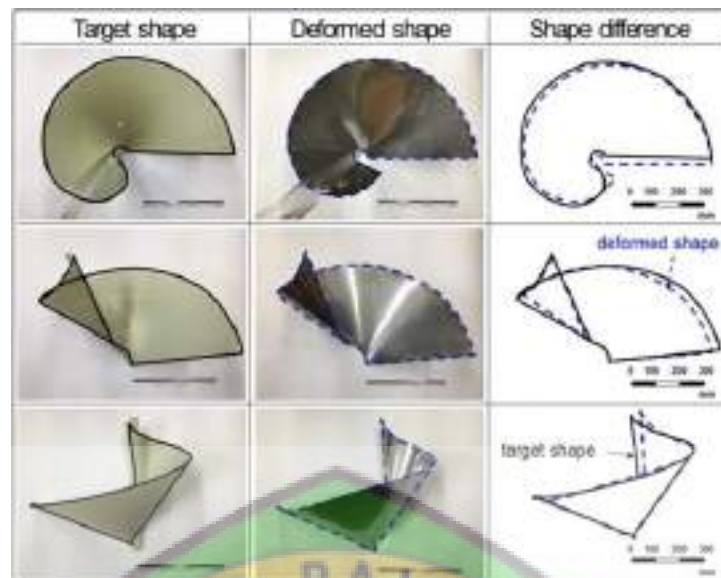


Gambar 2.7 Pembagian ruas dari bilah spiral turbin *Archimedes*
sumber: Yang dkk., (2017)

Kemudian bilah yang akan digunakan dijepit di antara kedua rol kerucut (Gambar 2.8). Sepasang rol lentur yang berada pada kanan dan kiri rol kerucut digunakan sebagai rol penekuk.

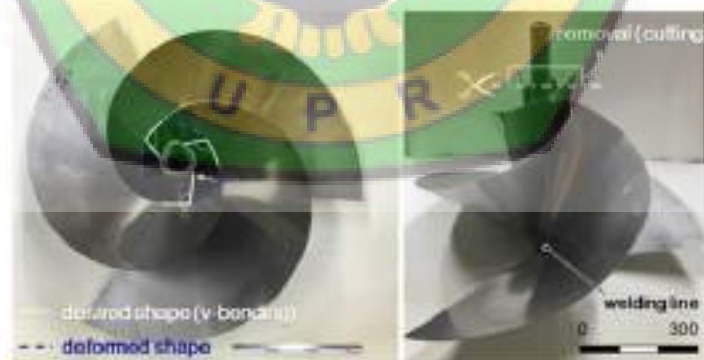


Gambar 2.8 Ilustrasi penekukan bilah dengan proses RTB
Sumber: Yang dkk., (2017)



Gambar 2.9 Bentuk bilah yang telah melalui proses RTB
 Sumber: Yang dkk., (2017)

Berdasarkan Gambar 2.9 dapat dilihat target *shape* merupakan bentuk bilah yang sempurna, sedangkan *deformed shape* adalah bentuk bilah yang memiliki kecacatan atau tidak sempurna pada proses RTB. Pada *shape difference* merupakan perbandingan *out-line* dari kedua bentuk bilah.



Gambar 2.10 Bentuk akhir turbin Archimedes Spiral
 Sumber: Yang dkk., (2017)

Gambar 2.10 adalah hasil akhir turbin Archimedes Spiral dari proses RTB. Terdiri dari 3 bilah yang disambungkan pada besi poros turbin Archimedes Spiral.

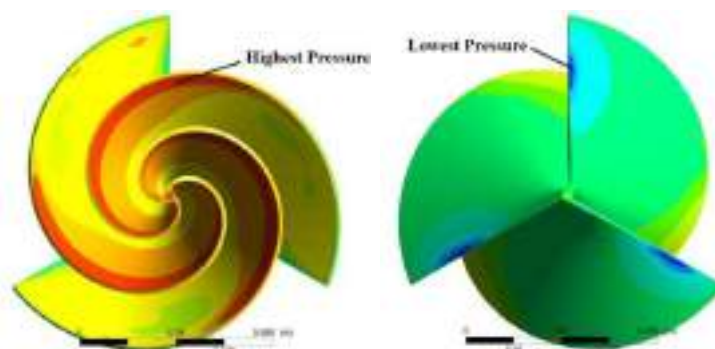
2.3.4 Kekurangan Turbin *Archimedes* Spiral

Ji dkk., (2016) melakukan pengujian tentang pengaruh arah fluida terhadap struktur bilah turbin *Archimedes* Spiral pada bidang pengukuran 0° – 15° . Menggunakan metode CFD-PIV (*Computational Fluid Dynamics-Particle Image Velocimetry*). Menyimpulkan bahwa kecepatan putar pada turbin *Archimedes* Spiral berkurang seiring dengan meningkatnya sudut serang.



Gambar 2.11 Sketsa turbin dengan menggunakan sudut serang
 Sumber: Ji dkk., (2016)

Ebrahimi & Ghassemi, (2018) melakukan studi tentang analisis aerodinamika numerik dari turbin *Archimedes* Spiral dengan menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Menghasilkan kontur distribusi tekanan dan garis kecepatan aliran.



Gambar 2.12 Kontur tekanan pada bilah turbin *Archimedes* Spiral
 Sumber: Ebrahimi & Ghassemi, (2018)

Gambar 2.12 menunjukkan perbedaan tekanan yang terjadi pada bilah turbin *Archimedes* Spiral. Ketika laju aliran ditingkatkan maka perbedaan tekanan pada bilah juga meningkat. Tekanan pada ujung bilah lebih tinggi dibandingkan bagian tengah bilah, hal ini dikarenakan sebagian besar energi diekstrak oleh ujung bilah turbin.



Gambar 2.13 Garis aliran pada bilah turbin *Archimedes* Spiral

Sumber: Patil, (2018)

Gambar 2.13 menunjukkan garis aliran yang terjadi pada turbin *Archimedes* Spiral. Kecepatan aliran tertinggi terjadi di bagian ujung bilah turbin, kecepatan aliran di wilayah ini lebih besar dari pada di bagian tengah dan belakang turbin *Archimedes* Spiral.

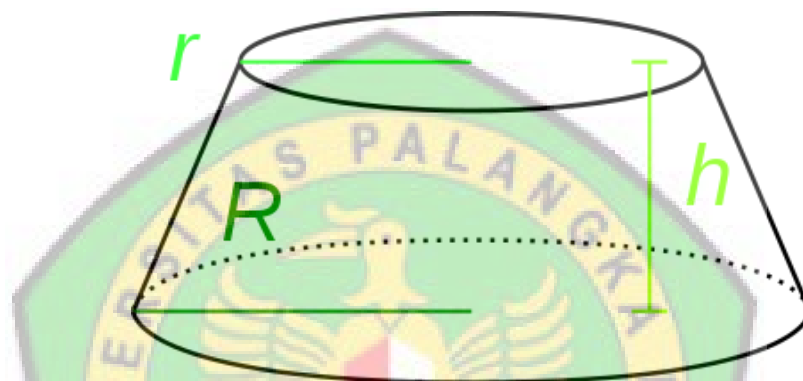
2.4 Solusi atau Ide yang Disarankan

Dari penelitian terdahulu turbin *Archimedes* Spiral memiliki 2 kekurangan:

1. Arah serang (*angle of attack*)
2. Kontur tekanan dan garis aliran yang pada bagian ujung bilah lebih besar dari pada bagian tengah dan belakang bilah.

2.4.1 *Truncated cone*

Berdasarkan studi yang dilakukan Ebrahimi & Ghassemi, (2018) *truncated cone* diperlukan untuk membuat tekanan dan garis kecepatan aliran merata di seluruh bagian turbin. Diharapkan dari penambahan *truncated cone* ini membuat kinerja turbin menjadi lebih efisien.



Gambar 2.14 *Truncated cone*
 Sumber: Anonim, (2021)

2.4.2 Ekor Pengarah Turbin

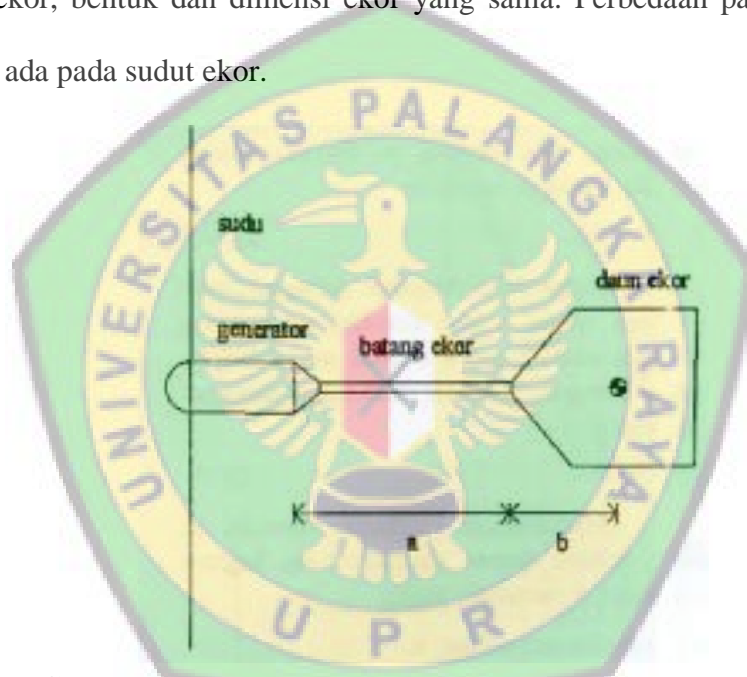
Ekor berfungsi sebagai pengarah sumbu turbin, agar daya fluida yang dapat diekstrak oleh bilah turbin maksimal. Gerak ekor secara umum dapat digolongkan menjadi 2, yaitu:

- a. Gerak horizontal (*yaw oriented*)
- b. Gabungan gerakan vertikal dan horizontal (*pitch-yaw oriented*)

Gerakan berbasis *yaw oriented* berarti ekor bergerak memutar ke kanan dan ke kiri. Perpaduan antara keduanya disebut sebagai *pitch-yaw oriented* (Atmadi dan Fitroh, 2007). Ekor berbasis *yaw oriented* juga dapat dibagi menjadi 2 golongan, yaitu dengan dan tanpa pegas atau peredam kejut. Ekor pada sistem orientasi yang

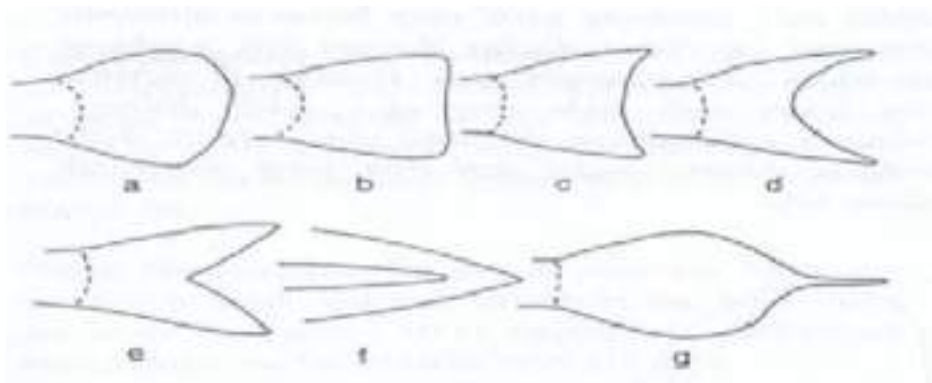
menggunakan peredam kejut akan selalu menghadap arah angin. Arah sumbu rotor terhadap arah angin sangat dipengaruhi oleh tekanan dan sudut peredam kejut.

Ekor pada sistem orientasi tanpa peredam kejut akan selalu searah dengan sumbu rotor. Arah sumbu rotor terhadap arah angin dipengaruhi oleh jarak eksentrisitas, yaitu jarak antara sumbu menara dan titik berat generator (Atmadi dan Fitroh, 2007). Kedua tahap tersebut akan menghasilkan jarak eksentrisitas, panjang batang ekor, bentuk dan dimensi ekor yang sama. Perbedaan pada kedua tahap tersebut ada pada sudut ekor.



Gambar 2.15 Tampak samping sketsa ekor pengarah turbin
Sumber: Atmadi & Fitroh, (2007)

Ekor pengarah turbin yang akan digunakan, terinspirasi dari bentuk ekor pada ikan. Jenis-jenis ekor ikan dibedakan berdasarkan bentuknya. Bentuk ekor ikan ada yang simetris dan ada yang asimetris. Simetris adalah lembar ekor bagian dorsal sama besar dan sama bentuk dengan lembar bagian ventral, bentuk ekor yang asimetris yaitu bentuk kebalikannya. Berikut bentuk-bentuk ekor ikan yang simetris:



Gambar 2.16 Jenis-jenis ekor ikan
Sumber: Anonim, (2006)



Gambar 2.17 Ekor ikan tipe *homocercal*
Sumber: Anonim, (2006)

2.5 Parameter Turbin yang Dihitung

2.5.1 Daya Aliran

Daya aliran (P_{air}) yang dihasilkan pada aliran dipengaruhi oleh luas bidang tangkap turbin, kecepatan aliran dan massa jenis air (Talukdar dkk., 2015, hlm. 5). Persamaan energi kinetik:

$$P_{air} = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (2-1)$$

di mana

P_{air} : daya aliran (W)

ρ : massa jenis air (1000 kg/m³)

A : luasan penampang bilah turbin (m²)

v : kecepatan aliran (m/s)

2.5.2 Kecepatan Sudut

Berdasarkan nilai *RPM*, kecepatan sudut (rad/s) yang dihasilkan turbin dapat dihitung (Ebrahimi & Ghassemi, 2018, hlm. 13).

$$\omega = \frac{2.\pi.RPM}{60} \quad (2-2)$$

di mana

ω : kecepatan sudut (rad/s)

π : nilai *phi* = 3,14

RPM : rotasi per menit

2.5.3 Daya Turbin

Performa merupakan daya yang dihasilkan dari sebuah turbin. Untuk mendapatkan nilai performa maka data yang dibutuhkan adalah putaran dari turbin atau *RPM* dan torsi. Persamaan untuk menghitung performa turbin sebagai berikut (Jang dkk., 2019, hlm. 5).

$$P_{turbin} = \omega.\tau \quad (2-3)$$

di mana

P_{turbin} : Daya turbin (W)

τ : torsi (Nm)

2.5.4 Coefficient of Power (C_p)

Nilai *Coefficient of Power* adalah salah satu nilai yang dapat menunjukkan kinerja dari suatu turbin. Jumlah kekuatan mekanik untuk menghasilkan daya dari suatu turbin merupakan nilai C_p yang dihasilkan dari suatu turbin. Semakin besar C_p , semakin besar kekuatan yang dapat dihasilkan oleh turbin. C_p adalah variabel yang sangat tepat untuk membandingkan kinerja turbin. C_p dapat dituliskan dalam Persamaan (2-4) (Hantoro dkk., 2018, hlm. 6).

$$C_p = \frac{\tau \cdot \omega}{0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3} \quad (2-4)$$

di mana

C_p : *Coefficient of Power*

2.5.5 Tip Speed Ratio (TSR)

Tip Speed Ratio (TSR) adalah rasio antara kecepatan tangensial rotor dan kecepatan arus. Nilai *TSR* menyatakan seberapa cepat turbin berputar terhadap kecepatan arus tertentu. *TSR* dituliskan dalam Persamaan (2-5) (Hantoro dkk., 2018, hlm. 6)

$$TSR = \frac{r \omega}{v} \quad (2-5)$$

di mana

TSR : *Tip Speed Ratio*

r : jari-jari turbin (m)

2.5.6 Daya

Untuk menghitung keluaran daya optimal maka digunakan Persamaan (2-6) sebagai berikut (Jang et al., 2019, hlm. 6)

$$P_{opt} = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_{p \max} \quad (2-6)$$

di mana

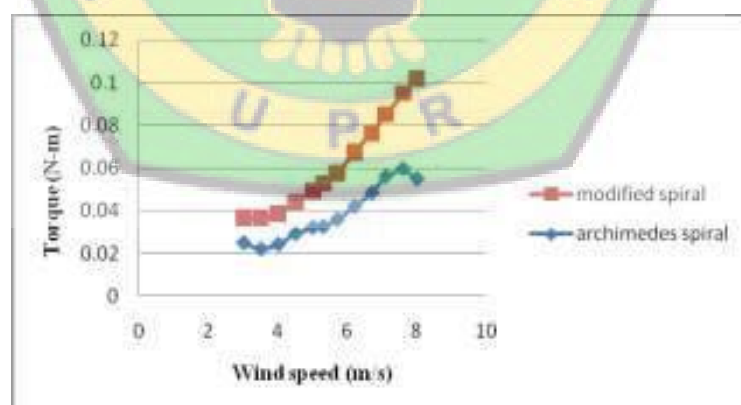
P_{opt} : daya optimal (watt)

$C_{p \max}$: nilai C_p tertinggi

2.6 Hubungan Antara Parameter Turbin *Archimedes* Spiral

2.6.1 Hubungan Antara Torsi (Nm) dan Kecepatan (m/s)

Shivanegara dkk., (2017) melakukan studi experimental dengan memodelkan turbin *Archimedes* Spiral skala kecil dan berdiameter 160 mm. Modifikasi yang dilakukan dengan mengimplementasikan *airfoil* naca 2412 pada bilah turbin *Archimedes* Spiral. Gambar 2.19 memperlihatkan bahwa turbin *Archimedes* Spiral modifikasi memiliki torsi lebih tinggi dari turbin *Archimedes* Spiral konvensional. Semakin meningkatnya kecepatan, torsi turbin *Archimedes* Spiral modifikasi juga meningkat.

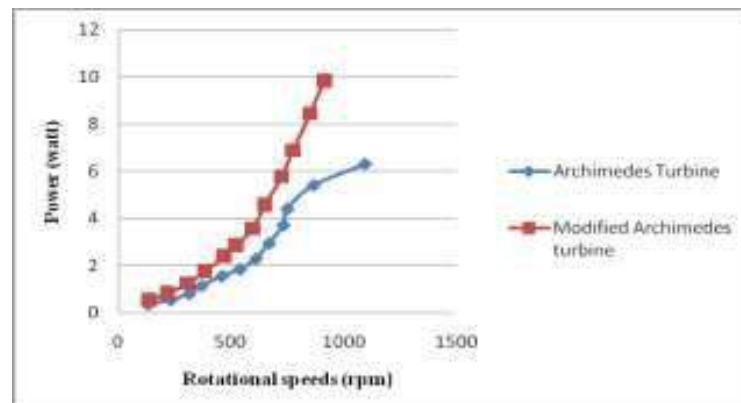


Gambar 2.18 Grafik hubungan antara torsi (Nm) dan kecepatan (m/s)

Sumber: Shivanegara dkk., (2017)

2.6.2 Hubungan Antara Daya (Watt) dan RPM

Masih pada penelitian yang sama, Shivanegara dkk., (2017) Juga meneliti hubungan antara daya (watt) dan RPM (jumlah putaran).



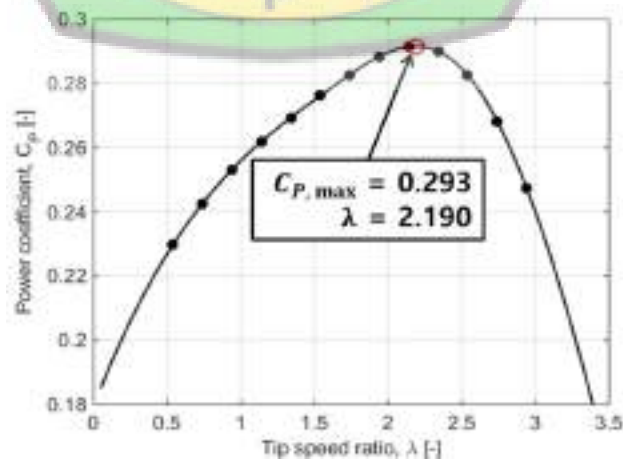
Gambar 2.19 Grafik hubungan antara daya (Watt) dan RPM (n)

Sumber: Shivanegara dkk., (2017)

Gambar 2.20 turbin *Archimedes* Spiral modifikasi mengalami peningkatan daya secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa daya berbanding lurus terhadap meningkatnya RPM .

2.6.3 Hubungan Antara *Coefficient of Power* (C_p) dan *Tip Speed Ratio* (TSR)

Jang dkk., (2019) melakukan studi eksperimental dengan model turbin *Archimedes* Spiral berdiameter 1,5 m dan panjang porosnya 1,2 m. Berdasarkan Gambar 2.18 diperoleh koefisien daya maksimum sebesar 0,293 (29,3%) pada nilai TSR 2,19.



Gambar 2.20 Grafik hubungan antara *Coefficient of Power* (C_p) dan *Tip Speed Ratio* (TSR)

Sumber: Jang dkk., (2019)

SKRIPSI

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
2021



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

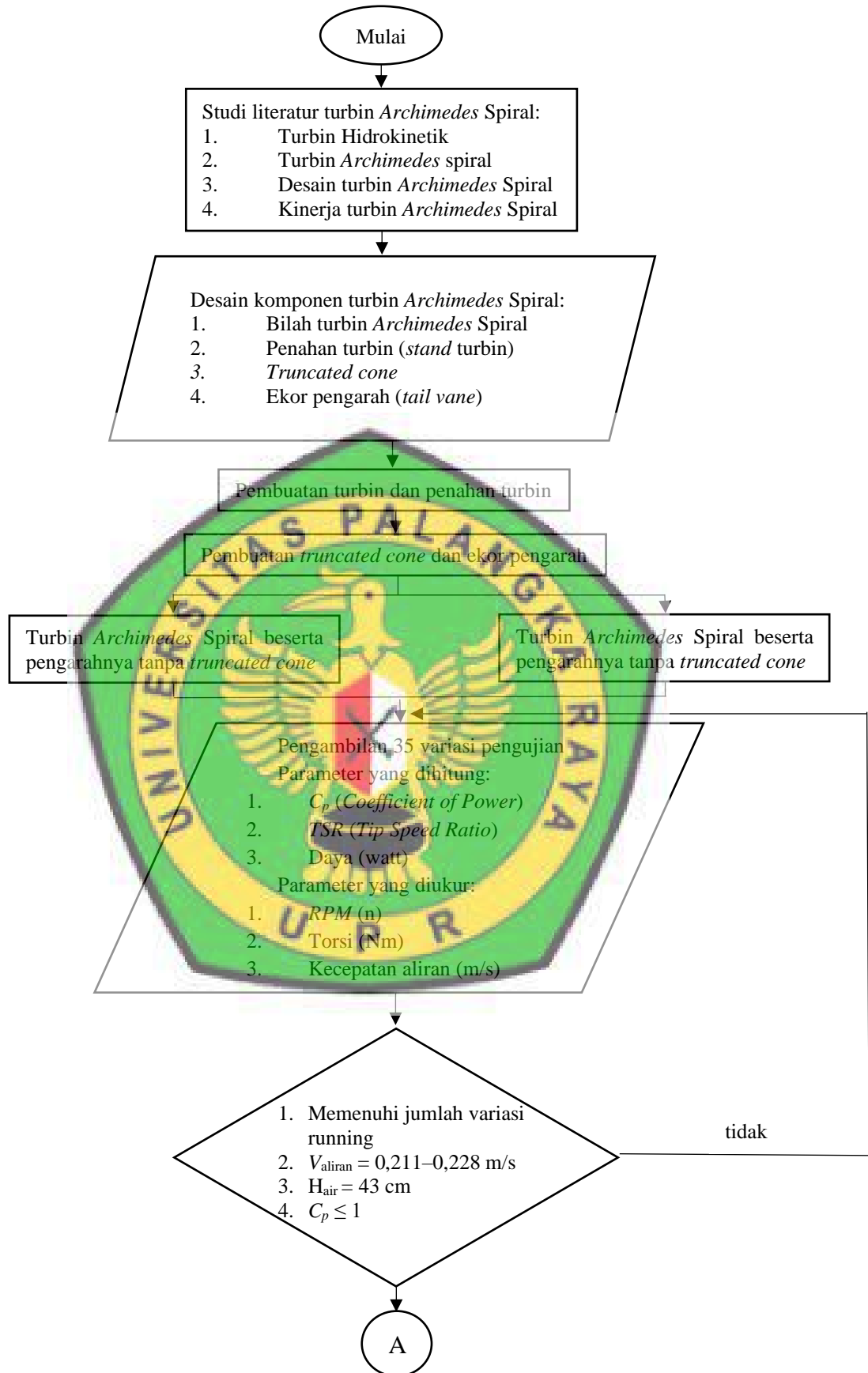
3.1 Umum

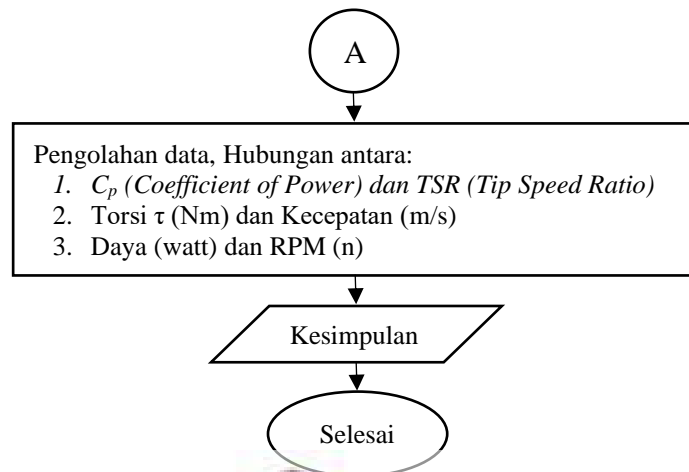
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja turbin air tipe *Archimedes* Spiral dengan penambahan komponen sistem pengarah aliran (*truncated cone* dan ekor pengarah). Pengujian dilakukan menggunakan saluran prismatic di Laboratorium Hidrologi dan Hidraulika Fakultas Teknik di Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya. Pengujian dilakukan bertujuan untuk melihat koefisien yang dihasilkan oleh turbin tersebut pada suatu parameter pengujian tertentu. Sehingga dapat diketahui sistem pengarah komponen yang ditambahkan pada turbin *Archimedes* Spiral menghasilkan kinerjanya lebih baik.

Langkah-langkah penelitian dimulai dengan pembuatan saluran prismatic (*flume*), pembuatan turbin *Archimedes* Spiral, pembuatan penahan turbin (*stand*), pembuatan *truncated cone* dan pembuatan ekor pengarah, kemudian dilanjutkan dengan pembuatanudukan turbin pada *flume*. Pengujian dilakukan pada *flume* menggunakan 5 variasi kecepatan dan komponen tambahan yaitu *truncated cone* dan 6 variasi ukuran ekor. Data dari pengujian dilampirkan dalam bentuk grafik, yang nantinya semua data tersebut dimasukkan dalam laporan hasil penelitian.

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian pada pengujian ini dapat dilihat pada bagan alir penelitian pada Gambar 3.1

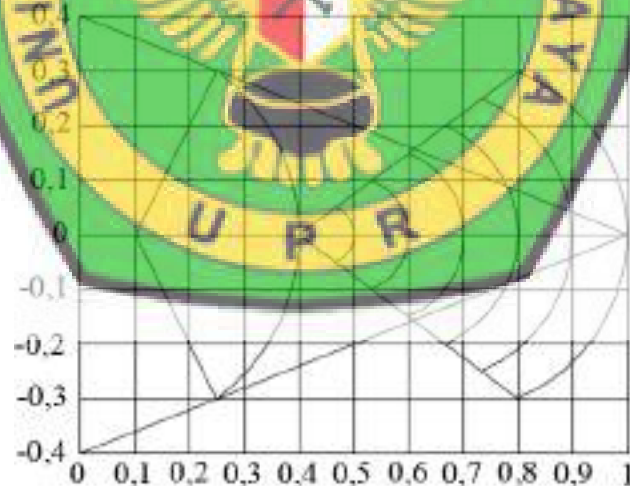




Gambar 3.1 Bagan alir penelitian

3.3 Komponen Turbin Archimedes Spiral

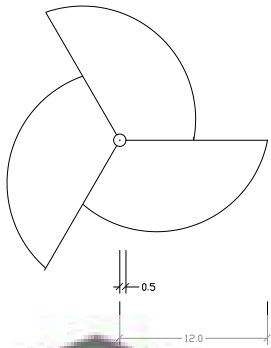


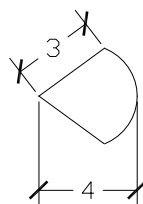
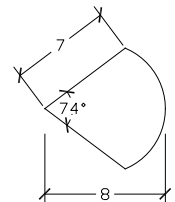
Perencanaan pembuatan komponen turbin Archimedes Spiral berdasarkan sketsa awal yang digunakan sebagai acuan agar tidak terjadi kesalahan saat proses pembuatan berlangsung. Berdasarkan Gambar 3.2 komponen turbin dibuat.

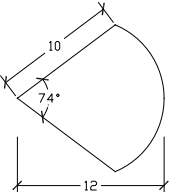
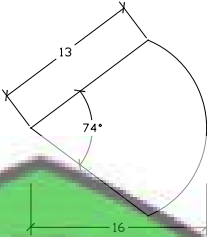
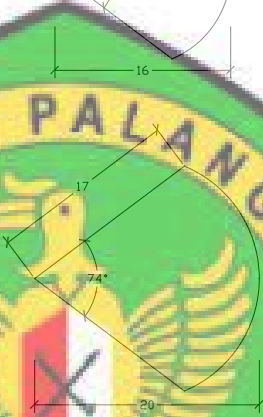



Gambar 3.2 Sketsa awal pembuatan komponen turbin Archimedes Spiral

Dengan menggunakan perbandingan ukuran pada sketsa gambar rencana di atas maka, *truncated cone*, turbin, penahan turbin, dan ekor pengarah dibuat gambar 2d beserta ukurannya. Seperti pada Tabel 3.1 di bawah ini

Tabel 3.1 Ukuran komponen turbin

No.	Nama Komponen	Gambar	Keterangan
1	Bilah (<i>Blade</i>)		ϕ as = 1cm ϕ turbin = 24cm
2	<i>Stand</i>		Tinggi penyangga = 63 cm
3	<i>Truncated Cone</i>		ϕ 1 = 38 cm ϕ 2 = 23 cm
4	Ekor 1		Panjang = 4 cm
5	Ekor 2		Panjang = 8cm

Tabel 3.1 (lanjutan)			
No.	Nama Komponen	Gambar	Keterangan
6	Ekor 3		Panjang = 12cm
7	Ekor 4		Panjang = 16cm
8	Ekor 5		Panjang = 20cm
9	Ekor 6		Panjang = 24cm

3.4 Pembuatan Pemodelan Turbin

Alat yang digunakan:

1. Gerinda digunakan untuk memperhalus pinggiran besi, memotong pelat dan memotong besi .
2. Bor berfungsi untuk melubangi pelat agar baut dapat dipasangkan.

3. Mesin las digunakan untuk menyatukan bagian turbin yang berbahan besi.

Bahan yang digunakan:

1. Pelat besi dengan tebal 0,8 mm
2. Besi diameter 10 mm
3. Baut
4. Mur
5. *Bearing*

Langkah-langkah pembuatan turbin *Archimedes* Spiral:

1. Pembuatan bilah turbin *Archimedes* Spiral dilakukan dengan cara mengukur pelat besi kemudian dipotong dengan gerinda.
2. Potong besi drat ulir diameter 10 mm sebagai as turbin.
3. Menekuk pelat besi yang akan digunakan sebagai bilah pada turbin.
4. Setelahnya barulah proses pemasangan bilah turbin yang sudah ditekuk pada as turbin menggunakan mesin las, dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Tampak samping bilah dan as yang telah disatukan

5. Kemudian dilanjutkan dengan pemotongan besi sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan yang nantinya akan digunakan sebagai *stand* atau penyangga turbin.

6. Merangkai atau menyambung besi menggunakan mesin las sehingga terlihat seperti pada Gambar 3.4. berdasarkan studi Nindito et al, (2008) yang di mana kecepatan minimum berada pada dasar saluran kemudian semakin membesar seiring mendekati permukaan. Sehingga *stand* turbin dibuat lebih tinggi agar daya yang diterima turbin lebih besar.



7. Membuat ekor pengarah sebanyak 6 buah dengan ukuran yang berbeda-beda.
8. Membuat *truncated cone* yang ukurannya disesuaikan dengan ukuran *stand*.
9. Terakhir memasang semua bagian yang telah dibuat. Hasil dari langkah-langkah sebelumnya akan seperti Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 berikut ini:



Gambar 3.5 Turbin Archimedes Spiral tanpa *truncated cone*

Gambar 3.6 Turbin Archimedes Spiral dengan *truncated cone*

3.5 Variasi Pengujian

Variasi pengujian yang digunakan pada penelitian ini terletak pada pergantian variasi ekor pengarah, penggunaan *truncated cone*, dan kecepatan aliran pada *flume*. Ekor pengarah dibagi menjadi tanpa ekor dan dengan 6 variasi ukuran ekor, tanpa *truncated cone* dan dengan menggunakan *truncated cone*, dan menggunakan 5 variasi kecepatan aliran. Sehingga akan didapat sebanyak 70 variasi data pada

satu turbin, yang nantinya data tersebut akan dimasukkan pada grafik dari variasi pengujian tersebut.

a. Kode *Running*

Kode *running* merupakan simbol dari variasi pengujian turbin *Archimedes* Spiral. Turbin *Archimedes* Spiral tanpa menggunakan *truncated cone* dinotasikan dengan simbol T, sedangkan turbin *Archimedes* Spiral dengan menggunakan *truncated cone* dinotasikan dengan simbol D. Penambahan ekor pengarah dinotasikan dengan simbol E dengan 7 variasi yaitu E0 adalah turbin tanpa ekor pengarah, E1 adalah simbol untuk penambahan ekor pengarah dengan variasi ekor ke-1, dan untuk variasi ukuran ekor lainnya dinotasikan dengan simbol E2, E3, E4, E5, dan E6. Pengujian turbin *Archimedes* Spiral menggunakan 5 variasi kecepatan yang dinotasikan dengan simbol V1, V2, V3, V4, dan V5.

3.6 Instrumen Pengukuran

Pada pelaksanaan pengukuran diperlukannya beberapa peralatan untuk mendukung pelaksanaan pengukuran yang dilakukan:

1. *Tachometer*

Merupakan alat yang digunakan untuk mengukur jumlah putaran turbin pada saat pengujian. Data Rotasi Per Menit (*RPM*) selanjutnya akan dimasukkan dalam *form* pengujian, kemudian data tersebut akan digunakan untuk perhitungan dan pembuatan grafik.

2. *Current meter*

Digunakan untuk mengukur kecepatan aliran pada *flume* saat kondisi aliran sudah konstan atau stabil (*steady*).

3. *Point gauge*

Point gauge berfungsi sebagai alat untuk mengukur kedalaman aliran pada *flume* saat kondisi aliran sudah stabil. Data yang didapatkan akan dimasukkan pada *form* pengujian.

4. *Stopwatch*

Merupakan alat yang digunakan untuk menghitung waktu pada saat pengambilan data ketika pengujian sedang dilakukan.

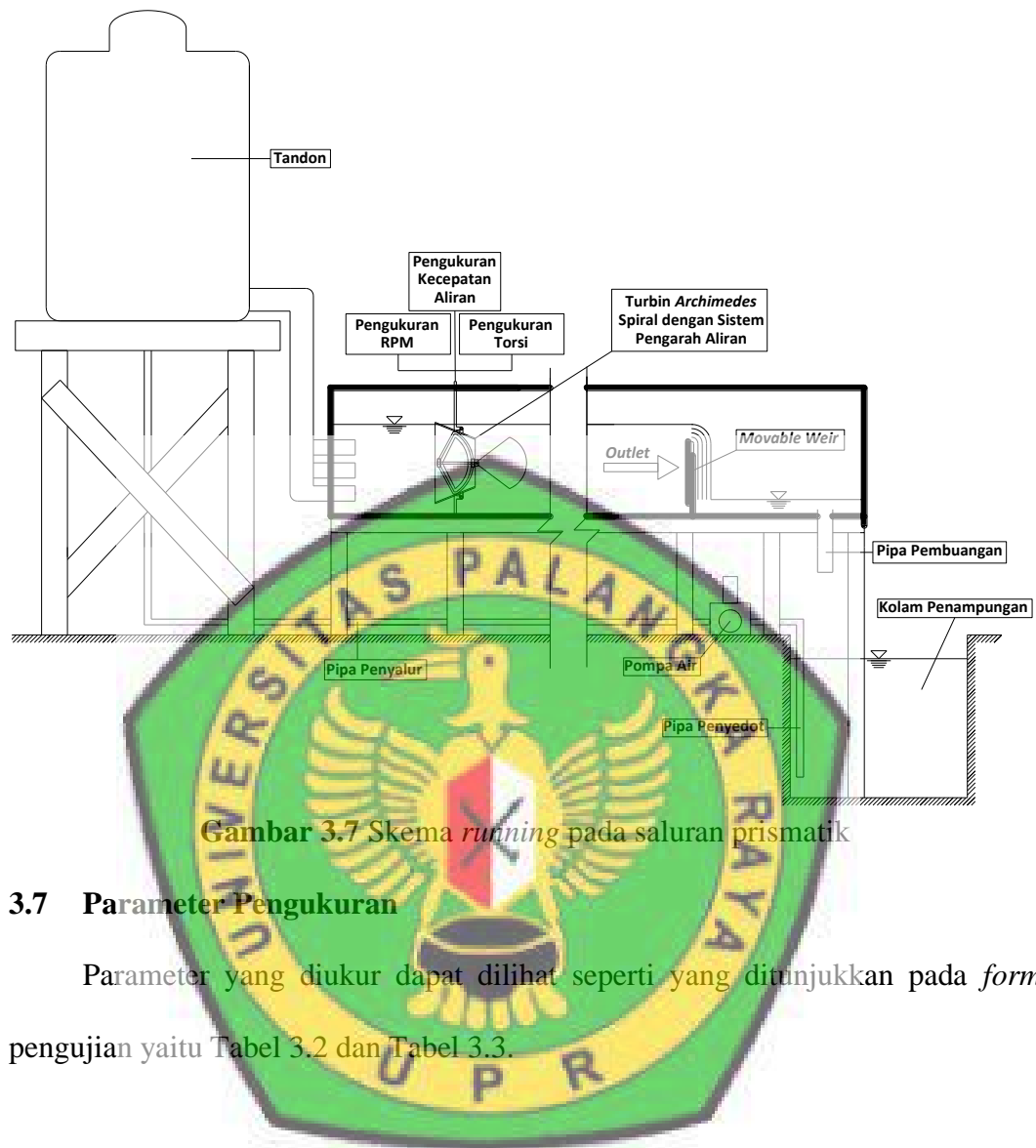
5. Turbin

Turbin merupakan alat yang akan ditinjau kinerjanya. Turbin yang akan diujicobakan terbagi menjadi 2 yaitu, turbin air tipe *Archimedes Spiral* dengan pengarah tanpa *truncated cone* dan tipe *Archimedes Spiral* dengan pengarah dan *truncated cone*.

6. *Flume*

Flume berfungsi sebagai saluran untuk tempat mengalirnya air pada saat pengujian dilaksanakan. *Flume* yang akan digunakan berdimensi panjang = 8 m; lebar = 60 cm; dan tinggi = 60cm. Gambar 3.7 merupakan skema dari pengujian turbin *Archimedes Spiral*.





Gambar 3.7 Skema *runing* pada saluran prismatik

3.7 Parameter Pengukuran

Parameter yang diukur dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada *form* pengujian yaitu Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Formulir pengambilan variasi pengujian tanpa *truncated cone*

No.	Kode Variasi	Ketinggian Air Tandon H_t (m)	Ketinggian Air Flume H_f (m)	Variasi Kecepatan V_{water} (m/s)	Jari-jari Turbin r (m)	Luas Bilah Turbin A_f (m ²)	Torsi τ (Nm)	Rotasi Per Menit RPM
1	TE ₀ V ₁							
2	TE ₀ V ₂							
3	TE ₀ V ₃							
4	TE ₀ V ₄							
5	TE ₀ V ₅							
6	TE ₁ V ₁							
7	TE ₁ V ₂							
8	TE ₁ V ₃							
9	TE ₁ V ₄							
10	TE ₁ V ₅							
11	TE ₂ V ₁							
12	TE ₂ V ₂							
..
35	TE ₆ V ₅							



Tabel 3.3 Formulir pengambilan variasi pengujian dengan *truncated cone*

No.	Kode Variasi	Ketinggian Air Tandon H_t (m)	Ketinggian Air Flume H_f (m)	Variasi Kecepatan V_{water} (m/s)	Jari-jari Turbin r (m)	Luas Bilah Turbin A_f (m ²)	Torsi τ (Nm)	Rotasi Per Menit RPM
1	DE ₀ V ₁							
2	DE ₀ V ₂							
3	DE ₀ V ₃							
4	DE ₀ V ₄							
5	DE ₀ V ₅							
6	DE ₁ V ₁							
7	DE ₁ V ₂							
8	DE ₁ V ₃							
9	DE ₁ V ₄							
10	DE ₁ V ₅							
11	DE ₂ V ₁							
12	DE ₂ V ₂							
..
35	DE ₆ V ₅							



3.8 Perbandingan Kinerja Turbin *Archimedes* Spiral

Kinerja dari turbin tanpa pengarah dan turbin dengan pengarah dapat dibandingkan berdasarkan faktor di bawah ini:

1. Torsi τ (Nm) dan Kecepatan (m/s);
2. Daya (Watt) dan *RPM* (n); dan
3. C_p (*Coefficient of Power*) dan *TSR* (*Tip Speed Ratio*).



SKRIPSI

BAB V
PENUTUP

JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
2021



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian dan analisis serta pembahasan hasil pengujian perbandingan kinerja turbin *Archimedes* Spiral beserta pengarahnya dengan *Truncated Cone* dan *Archimedes* Spiral beserta pengarahnya tanpa *Truncated Cone* yaitu: maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain dari Turbin *Archimedes* Spiral dengan sistem pengarah:
 - a) Desain turbin *Archimedes* Spiral beserta pengarahnya dengan *Truncated Cone* dan *Archimedes* Spiral beserta pengarahnya tanpa *truncated cone* tidak jauh berbeda yaitu penambahan komponen *truncated cone* dan variasi ekor pengarah.
 - b) Komponen *truncated cone* berbentuk seperti kerucut yang pada bagian ujung lancipnya dipotong. Dipasangkan pada penahan turbin sehingga melindungi bilah turbin.
 - c) Komponen ekor pengarah berbentuk segitiga dengan setengah lingkaran. Memiliki sudut sebesar 74° dan 6 variasi ukuran.
2. Perbandingan kinerja turbin air tipe *Archimedes* Spiral beserta pengarahnya dengan *truncated cone* dan tipe *Archimedes* Spiral beserta pengarahnya tanpa *truncated cone* yaitu:
 - a) Untuk setiap perlakuan kecepatan aliran, penambahan *truncated cone* dan penambahan variasi ekor pengarah mempengaruhi *RPM* (Rotasi Per Menit) yang dihasilkan. Turbin *Archimedes* Spiral beserta pengarahnya tanpa

truncated cone menghasilkan *RPM* lebih tinggi dibandingkan turbin *Archimedes* Spiral beserta pengaruhnya dengan *truncated cone*.

- b) Penambahan sistem pengarah (*truncated cone*) mampu meningkatkan nilai torsi yang dihasilkan pada turbin. Nilai torsi terbesar dihasilkan oleh turbin *Archimedes* Spiral beserta pengaruhnya dengan *truncated cone* (kode *running DE₆V₅*).
- c) Penambahan komponen *truncated cone* pada turbin *Archimedes* Spiral dapat meningkatkan daya yang dihasilkan. Variasi ukuran pada ekor pengarah berpengaruh pada nilai *TSR* yang dihasilkan turbin. Semakin besar variasi ukuran yang digunakan nilai *TSR* yang diperoleh semakin menurun.

5.2 Saran

Saran yang bisa diberikan pada penelitian ini:

1. Perlu dilakukannya penelitian dan uji coba lanjutan untuk mengetahui kapasitas listrik yang dapat dihasilkan oleh turbin tersebut.
2. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut untuk pembuatan turbin yang dapat diaplikasikan untuk masyarakat khususnya masyarakat pada pinggiran sungai.
3. Untuk penelitian selanjutnya pada bagian diameter *truncated cone* bisa diperbesar, bentuk atau tipe ekor pengarah dan variasinya dapat diganti, dan jarak ulir pada bilah turbin dapat dipersempit

SKRIPSI

DAFTAR PUSTAKA

**JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
2021**



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. “Jenis-Jenis Ekor Ikan”. [file:///D:/E-Learning/Iktologi/Textbook/Cover%20Buku%20ajar%20\(ikhtiologi\).htm](file:///D:/E-Learning/Iktologi/Textbook/Cover%20Buku%20ajar%20(ikhtiologi).htm) diakses pada tanggal 20 April 2016.
- Anonim. 2016a. “Gambar Ikan Badut Atau Ikan Nemo (*Clown Fish*)”. <https://pshare.cpm.id/photo/952202> diakses pada tanggal 20 April 2019.
- Anonim. 2016b. “BP Statistical Review of World Energy June 2016”. <Bp.com/statisticalreview/BPstats> diakses pada tanggal 23 April 2019.
- Anonim. 2018. “Gambar Aliran Kecepatan dan Kontur Tekanan”. <https://www.bpo.nl/portfolio-item/the-archimedes/?lang=en> diakses pada tanggal 21 April 2019.
- Anonim. 2021. “Gambar Truncated Cone”. <File:Truncated cone.svg - Wikimedia Commons> diakses pada tanggal 17 Februari 2021.
- Antomo, T., Kamiana, I. M. dan Nindito, D. A. 2020. Analisis Pengembangan Hidrokinetik Turbin Gorlov Akibat Penambahan Luas Bidang Tangkap. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 16(2), hal. 159.
- Atmadi, S. dan Fitroh, A. J. 2007. Rancangan Sistem Orientasi Ekor Turbin Angin 50 Kw. *Penelitian Pusat Teknologi Terapan, LAPAN*, 5, hal. 113–117.
- Ebrahimi, S. dan Ghassemi, M. A. 2018. Numerical Aerodynamics Analysis of the of the Archimedes Screw Wind Turbine. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, 9(10), hal. 12–15.
- Hantoro, R., Utama, I. K. A. P., Arief, I. S., Ismail A. dan Manggala S. W. 2018. Innovation in Vertical Axis Hydrokinetic Turbine - Straight Blade Cascaded (VAHT-SBC) design and testing for low current speed power generation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1022(1), hal. 9.
- Jang, H., Kim, D., Hwang, Y., Paek, I., Kim, S. dan Baek J. 2019. Analysis of Archimedes Spiral Wind Turbine Performance By Simulation and Field Test. *Energies*, 12(24).
- Ji, H. S., Qiang, L., Beak, J. H., Mieremet, R. dan Kim, K. C. 2016. Effect of the Wind Direction on the Near Wake Structures of an Archimedes Spiral Wind Turbine Blade. *Journal of Visualization*. Springer Verlag, 19(4), hal. 653–665.
- Khan, M. J., Bhuyan, G., Iqbal, M. T. dan Quaiocoe, J. E. 2009. Hydrokinetic Energy Conversion Systems and Assessment of Horizontal and Vertical Axis Turbines for River and Tidal Applications: A Technology Status Review.

Applied Energy, **86**(10), hal. 1823–1835.

- Kim, K. C., Kim, Y. K., Ji, H. S., Beak, J. H. dan Mieremet, R. 2013. Aerodynamic Characteristics Of Horizontal Axis Wind Turbine With Archimedes Spiral Blade. *Proceedings of the ASME 2013 International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, hal. 1–6.
- Kim, K. C., Ji, H. S., Kim, Y. K., Lu, Q., Baek, J. H. dan Mieremet, R. 2014. Experimental and Numerical Study of the Aerodynamic Characteristics of an Archimedes Spiral Wind Turbine Blade. *Energies*, **7**(12), hal. 7893–7914.
- Kim, Y. K., Lu, Q., Ji, H. S., Beak, J. H., Mieremet, R. dan Kim, K. C. 2012. A Multi-Prong Study on Aerodynamic Characteristics of Archimedes Spiral-Type Wind Turbine Blade. *Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP)*, hal. 1–6.
- Lopes, J. J. A., Vaz, J. R. P., Meaquita, A. L. A., Meaquita, A. L. A. dan Blanco, C. J. C. 2015. An Approach for the Dynamic Behavior of Hydrokinetic Turbines. *Energy Procedia*, **75**, hal. 271–276.
- Nindito, D. A., Istiarto dan Kironoto, B. A. 2008. Simulasi Numeris Tiga Dimensi Kantong Lumpur Bendung Sapon. *Civil and Environmental Engineering Departmen Faculty of Engineering Gadjah Mada University*, XVIII, hal. 712–724.
- Patil, Y. 2018. Design, Fabrication And Analysis Of Fibonacci Spiral Horizontal Axis Wind Turbine. *International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering*, **5**(2), hal. 19–22.
- Pongduang, S., Kayankannavee, C. dan Tiaple, Y. 2015. Experimental Investigation of Helical Tidal Turbine Characteristics with Different Twists, *Energy Procedia*, **79**, hal. 409–414.
- Rat, C. L., Prostean, O., Filip, I. dan Vasar, C. 2018. The Modeling and Simulation of an Archimedes Spiral Turbine for use in a Hydrokinetic Energy Conversion System. *2018 IEEE 22nd International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES)*, hal. 245–248.
- Rozali, S. M., Nor, R. M., Kamarudin, M. N., Shahrieel, M. dan Aras, M. 2019. Development of Mini Wind Turbine Generator. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, **8**(12S2), hal. 459–464.
- Sahim, K., Santoso, D. dan Puspitasari, D. 2018. Investigations on the Effect of Radius Rotor in Combined Darrieus-Savonius Wind Turbine. *International Journal of Rotating Machinery*, 2018, hal. 7.
- Shivanegara, S. D., Vernekar, K. K., Rathod, K., Ravikumar, C. dan Raj, P. Y. D.

2017. Design, Fabrication and Aerodynamic Analysis of a Modified Archimedes Wind Turbine. *Issue VI*, 598(May), hal. 2321–9653.
- Talukdar, P. K., Kumar, S., Kulkarni, V., Das, A. K. dan Saha, U. K. 2015. On Site Testing of a Zero Head Vertical Axis Helical. *Proceedings of the ASME 2015 Gas Turbine India Conference*, December, hal. 2–7.
- Verma, D. R. dan Katkade, P. S. D. 2018. Horizontal Axis Water Turbine: Generation and Optimization of Green Energy. *International Journal of Applied Engineering Research*, **13**(5), hal. 9–14.
- Wardani, C. S., Nindito, D. A. dan Jaya, A. R. 2020. Inovasi dan Desain Turbin Hidrokinetik Darrieus Berdasarkan Bentuk Distribusi Kecepatan Aliran. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, **9**(1), hal. 32–43.
- Yang, S. M., Ji, H. S., Shim, D. S., Baek, J. H. dan Park, S. H. 2017. Conical Roll-Twist-Bending Process for Fabrication of Metallic Archimedes Spiral Blade Used in Small Wind Power Generator. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, **4**(4), hal. 431–439.

