

**SIMULASI ALIRAN AIR TURBIN ULIR PEMBANGKIT
LISTRIK MIKROHIDRO DENGAN VARIASI DEBIT
MENGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS**

SKRIPSI

OLEH:

SURYADI P. SITINJAK

NPM. 178130071



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 10/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)10/6/22

**SIMULASI ALIRAN AIR TURBIN ULIR PEMBANGKIT
LISTRIK MIKROHIDRO DENGAN VARIASI DEBIT
MENGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Medan Area

Oleh:

SURYADI P. SITINJAK

NPM. 178130071

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI

Judul Skripsi : Simulasi Aliran Air Turbin Ulir Pembangkit Listrik Mikrohidro Dengan Variasi Debit Menggunakan Software Solidworks

Nama Mahasiswa : Suryadi P. Sitinjak

NPM : 178130071

Bidang Keahlian : Konversi Energi

Fakultas : TEKNIK

Program Studi : TEKNIK MESIN

Disetujui Oleh Komisi Pembimbing :

Pembimbing II

Pembimbing I

(Ir. H. Amirsyam Nasution, MT)
NIDN. 0025125606

(Indra Hermawan, ST, MT)
NIDN. 0114048001

Diketahui Oleh:



Tanggal Lulus : 08 Maret 2022

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/6/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)10/6/22

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi dari hasil karya orang lain telah dituliskan secara jelas sesuai norma, kaidah dan etika dalam penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademi yang saya peroleh dan sanksi lainnya apabila dikemudian hari ditemukan unsur plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 08 Maret 2022

Hormat saya,



(Suryadi P. Sitinjak)

(178130071)

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR / SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Suryadi P. Sitinjak
NPM : 178130071
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN
Jenis Karya : Tugas Akhir / Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*non-exclusiv*
Royalti-free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Simulasi Aliran Air Turbin Ulir Pembangkit Listrik Mikrohidro Dengan Variasi Debit Menggunakan Software Solidworks”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas Royalti, noneklusif ini, Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama saya tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis /pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 8 Maret 2022

Yang menyatakan :



(Suryadi P. Sitinjak)
(178130071)

ABSTRAK

Sumber energi yang digunakan untuk mendapatkan listrik masih banyak menggunakan bahan bakar migas dan batubara, yang diperkirakan akan habis. Dengan adanya masalah ini, salah satu pembangkit listrik terbarukan yang dapat dimanfaatkan adalah sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro jenis turbin ulir (*Arcimedes Screw*). Tujuan penelitian ini yaitu untuk membuat simulasi aerodinamik kecepatan dan tekanan dinamik aliran air menggunakan *software solidworks*, menganalisis titik kritis turbin akibat adanya tekanan dinamik dan mengevaluasi dampak aliran air. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan cara pengumpulan data hasil eksperimental kemudian mengkombinasikan dengan data pendukung *software solidworks*. Penelitian ini dilakukan dengan 3 variasi debit yaitu 0.01 m³/s, 0.015 m³/s dan 0.020 m³/s. Spesifikasi turbin ulir ini yaitu, panjang poros pipa 0.87 m, diameter ulir 0.35 m tinggi sudu 0.08 m, tebal sudu 0.002 m, diameter poros 0.19 m dengan ketebalan poros 0.005 mm, 6 buah sudu yang terbagi dalam 2 ulir dan sudut kemiringan poros 35°. Hasil penelitian dari simulasi ini yaitu, titik kritis turbin ulir terjadi disepanjang sudu screw bagian luar yang berdekatan dengan rumah turbin. Kecepatan aliran dan tekanan dinamik air terbesar terdapat pada debit 0.020 m³/s dengan kecepatan maksimum 4.97 m/s dan kecepatan rata-ratanya 3.623 m/s, tekanan dinamik maksimum 12400.66 Pa dan tekanan dinamik rata-ratanya 9644.96 Pa.

Kata kunci : Turbin ulir (*Archimedes Screw*), Pembangkit Listrik, *Mikrohidro*, *Solidworks*

ABSTRACT

The energy sources used to obtain electricity still mostly use oil and gas and coal fuels, which are expected to run out. Given this problem, one of the renewable power plants that can be utilized is a screw turbine type micro hydro power plant (Archimedes Screw). The purpose of this research is to simulate the aerodynamic velocity and dynamic pressure of the airflow using SolidWorks software, analyze the critical points of the turbine due to the dynamic pressure and evaluate the impact of water flow. The research method used in this study is by collecting experimental data and then combining it with supporting data for SolidWorks software. This research was conducted with 3 variations of discharge, namely 0.01 m³/s, 0.015 m³/s and 0.020 m³/s. The specifications of this screw turbine are, length of the pipe shaft is 0.87 m, thread diameter is 0.35 m, blade height is 0.08 m, blade thickness is 0.002 m, shaft diameter is 0.19 m with a shaft thickness of 0.005 mm, 6 blades are divided into 2 threads and 35° shaft tilt angle. The result of this simulation is that the critical point of the screw turbine occurs along the outer blade thread which is close to the turbine housing. The largest flow velocity and dynamic air pressure are at a discharge of 0.020 m³/s with a maximum speed of 4.97 m/s and an average speed of 3.623 m/s, a maximum dynamic pressure of 12400.66 Pa and an average dynamic pressure of 9644.96 Pa .

Keywords : Screw Turbine (Screw Archimedes), Power Plant, Microhydro, Solidworks

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Suryadi Putra Sitinjak, dilahirkan di Desa Ambarita, Kecamatan Simanindo, Kabupaten Samosir, Provinsi Sumatera Utara, tanggal 21 Maret 1999 dan Ayah bernama Saor Sitinjak dan Setia Sidabutar, penulis merupakan anak ketujuh dari sembilan bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar pada tahun 2011 di SD Negeri 3 Pakpahan Kecamatan Onan Runggu, Kabupaten Samosir, dan menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama pada tahun 2014 di SMP SWASTA BAKTI MULIA Kecamatan Onan Runggu, Kabupaten Samosir, dan juga penulis menyelesaikan Sekolah Menengah Atas di SMK SWASTA TELADAN SUMATERA UTARA 2 pada tahun 2017, Kecamatan Medan Helvetia, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara. Pada Tahun 2017 penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Medan Area, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin dan Selesai Pada Tahun 2022.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul Simulasi Aliran Air Turbin Ulir Pembangkit Listrik Mikrohidro Dengan Variasi Debit Menggunakan Software Solidworks. Adapun penyusunan skripsi Ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi serta dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Teknik program studi Teknik Mesin fakultas Teknik.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan Terima kasih atas segala bantuan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik, kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Muhammad Idris, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
4. Bapak Dr. Iswandi, ST, MT., Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
5. Bapak Indra Hermawan, ST., MT., Selaku Dosen Pembimbing I.
6. Ir. H. Amirsyam Nasution, MT., Selaku Dosen Pembimbing II .
7. Seluruh Dosen pengampu yang telah mengajar dan memberi ilmu selama perkuliahan di Universitas Medan Area
8. Seluruh Staf dan Pegawai Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang telah membantu segala urusan Akademik.

9. Orangtua saya yang telah membesarkan, mendidik serta membiayai kebutuhan hidup saya.
10. Saudara kandung dan Keluarga saya yang selalu memberi dukungan.
11. Teman-teman yang sudah memberi bantuan dan dukungan.

Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap Proposal ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Medan, 8 Maret 2022

Penulis



(Suryadi P. Sitinjak)
Npm. 178130071

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI	
Error! Bookmark not defined.	
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian	4
F. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro	6
1. Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.....	6
2. Cara kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro	6
B. Turbin Air	7
1. Turbin Implus.....	8
2. Turbin Reaksi	8
C. Turbin Ulir (<i>Archimedes Screw</i>).....	8
D. Prinsip Kerja Turbin Ulir (<i>Archimedes Screw</i>).....	9
E. Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro	10
1. Persamaan Bernoulli	10
2. Debit Air.....	11

3. Tinggi Jatuhnya Air.....	12
4. Daya Generator	12
5. Efisiensi Turbin.....	13
6. Tekanan dinamik.....	13
7. Tegangan Normal.....	14
F. Material AISI 1010	14
G. <i>Solidworks</i>	15
H. <i>Computain Fluid Dynamycs (CFD)</i>	15
1. <i>Pre-processing</i>	16
2. <i>Solving</i>	16
3. <i>Post-processing</i>	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
A. Tempat dan Waktu.....	17
1. Tempat Penelitian.....	17
2. Waktu Penelitian	17
B. Alat dan Bahan	18
1. Alat Penelitian.....	18
2. Bahan Penelitian.....	21
C. Prosedur Penelitian	22
1. Pre Procecing.....	22
2. <i>Procecing</i>	33
3. Analisis data dan kesimpulan.....	34
D. Bagan Alur Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Hasil simulasi fluida turbin ulir (<i>Archimedes Screw Turbine</i>).....	36
1. Analisis kecepatan (<i>velocity</i>) aliran air.	36
2. Analisis tekanan dinamik (<i>dynamic pressure</i>) terhadap turbin... 43	
B. Pembahasan Hasil simulasi turbin ulir	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
A. Kesimpulan.....	50
B. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Skema cara kerja PLTMH	7
Gambar 2. 2. Archimedes Screw Pump.	9
Gambar 2. 3. Skema Turbin Ulir	10
Gambar 3. 1. Laptop.....	18
Gambar 3. 2. Mouse.	19
Gambar 3. 3. Tachometer.....	20
Gambar 3. 4. Turbin Ulir.....	21
Gambar 3. 5. Tampak Depan Turbin Ulir.	21
Gambar 3. 6. Tampak Samping Turbin Ulir.	22
Gambar 3. 7. Blade dengan Poros Turbin Ulir	23
Gambar 3. 8. Rumah Turbin Ulir	23
Gambar 3. 9. Rangka Turbin Ulir	24
Gambar 3. 10. Bearing Turbin Ulir.....	24
Gambar 3. 11. Pemilihan menu Assembly.....	25
Gambar 3. 12. Penginputan Komponen Turbin Ulir.....	25
Gambar 3. 13. Assembly Komponen Turbin Ulir.....	25
Gambar 3. 14. Penginputan Gambar yang akan disimulasikan	26
Gambar 3. 15. Wizard and Project Name Simulasi	27
Gambar 3. 16. Unit Sistem.....	27
Gambar 3. 17. Analysis Type.....	28
Gambar 3. 18. Default Fluida.....	28
Gambar 3. 19. Wall Conditions.....	29
Gambar 3. 20. Initial and Ambient Conditions	29
Gambar 3. 21. Computain Domain	30
Gambar 3. 22. Rotation Region	31
Gambar 3. 23. Boundary Conditions inlet mass flow	32
Gambar 3. 24. Boundary Conditions Environment Pressure	32
Gambar 3. 25. Goals.....	33
Gambar 3. 26. Running	33
Gambar 3. 27. Diagram Alur Penelitian.....	35
Gambar 4. 1. Flow Trajectories Velocity dengan debit 0.01 m ³ /s.	37

Gambar 4. 2. Cut Plot Contours Velocity Turbine dengan debit 0.01 m ³ /s.....	37
Gambar 4. 3. Grafik Velocity Maksimum Pada Debit 0.01 m ³ /s.....	38
Gambar 4. 4. Turbulensi air dengan debit 0.01 m ³ /s.....	38
Gambar 4. 5. Flow Trajectories Velocity debit 0.015 m ³ /s.....	39
Gambar 4. 6. Cut Plot Contours Velocity Turbine dengan debit 0.015 m ³ /s.....	39
Gambar 4. 7. Grafik Velocity Maksimum Pada Debit 0.015 m ³ /s.....	40
Gambar 4. 8. Turbulensi air dengan debit 0.015 m ³ /s.....	41
Gambar 4. 9. Flow Trajectories Velocity debit 0.020 m ³ /s.....	41
Gambar 4. 10. Cut Plot Contours Velocity Turbine debit 0.020 m ³ /s.....	42
Gambar 4. 11. Grafik Velocity Maksimum Pada Debit 0.020 m ³ /s.....	42
Gambar 4. 12. Turbulensi air dengan debit 0.020 m ³ /s.....	43
Gambar 4. 13. Dynamic Pressure Contours Debit 0.01 m ³ /s.....	44
Gambar 4. 14. Grafik Dynamic Pressure Maximum Debit 0.01 m ³ /s.....	44
Gambar 4. 15. Dynamic Pressure Contours Debit 0.015 m ³ /s.....	45
Gambar 4. 16. Grafik Dynamic Pressure Maximum Debit 0.015 m ³ /s.....	45
Gambar 4. 17. Dynamic Pressure Contours Debit 0.020 m ³ /s.....	46
Gambar 4. 18. Grafik Dynamic Pressure Maximum Debit 0.01 m ³ /s.....	46
Gambar 4. 19. Grafik Velocity-length-Dynamic Pressure Debit 0.01 m ³ /s.....	48
Gambar 4. 20. Grafik Velocity-length-Dynamic Pressure Debit 0.015 m ³ /s.....	48
Gambar 4. 21. Grafik Velocity-length-Dynamic Pressure Debit 0.020 m ³ /s.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Jenis turbin berdasarkan klasifikasinya.	8
Tabel 2. 2. Property Material AISI 1010.....	14
Tabel 3. 1. Waktu Kegiatan Penelitian.....	17
Tabel 3. 2. Spesifikasi Gambar Turbin Ulir.....	21
Tabel 3. 3. Material Turbin Ulir.....	22
Tabel 3. 4. Computain Domain.....	30
Tabel 3. 5. Putaran Turbin pada saat Pengujian Dilapangan	31



DAFTAR NOTASI

SIMBOL	ARTI	SATUAN
m	Massa	kg
g	gravitasi	9,8 m/s
v	Kecepatan	m/s
V	Volume	m ³
Q	Debit air	m ³ /s
A	Luas Penampang	m ²
P	Daya	Watt
H	Tinggi Jatuh Air	m
h	Kedalam Air	m
L	Panjang Lintasan	m
l	Lebar saluran	m
t	Waktu	s
t'	Tinggi Tabung	m
ρ	Massa Jenis air	kg/m ³
η	Efisiensi	%
η_T	Efisiensi Turbin	%
η_G	Efisiensi Generator	%
T	Torsi	N.m
F	Gaya	N
r	Jari-jari poros	m
n	Kecepatan putaran	rpm
π	pi	3,14 atau $\frac{22}{7}$

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi listrik yaitu energi yang mempunyai peranan penting bagi masyarakat. Salah satu manfaat dari energi listrik adalah untuk penerangan. Kebutuhan listrik di Dunia saat ini sangat besar. Sumber energi yang digunakan untuk mendapatkan listrik masih banyak menggunakan bahan bakar migas dan batubara, dimana migas yang terdapat di bumi sangat terbatas, dan pada suatu saat akan habis. Oleh karena itu berbagai penelitian dilakukan untuk menemukan sumber energi di luar migas, sebagai sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan.

Keberadaan wilayah Indonesia yang memiliki sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan merupakan tantangan bagi masyarakat Indonesia khususnya bagi para Ilmuwan untuk melakukan penelitian agar memperoleh sumber energi yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah Turbin ulir (*Arcimedes Screw Turbine*).

Turbin ulir atau (*Archimedean Screw Turbine*) merupakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) sudah ditemukan sejak zaman kuno, penggunaannya yaitu sebagai pompa pengairan persawahan, tetapi seiring dengan perkembangan Zaman dan terjadinya krisis energi dan sulitnya mendapatkan potensi energi air yang mempunyai *head* tinggi, pada tahun 2007 seorang insinyur mencoba memodifikasi cara kerja turbin Archimedes, dimana air akan dibiarkan

mengendalikan turbin dan pada ujung turbin dipasang generator untuk menghasilkan arus listrik [1]

Prinsip kerja turbin ulir secara singkat yaitu memanfaatkan debit air untuk memutar poros turbin dengan bantuan ulir yang terdapat pada poros, sehingga energi kinetik air diubah menjadi energi mekanik pada poros yang akan menggerakkan generator dan menghasilkan arus listrik.

Penelitian sebelumnya sudah pernah melakukan penelitian optimasi desain turbin air tipe *vortex* dengan 5 variasi sudut terhadap efisiensi. Penelitian ini dilakukan pada saluran sungai yang mempunyai luas 4.2 m², diameter turbin 0.6 m, dan tinggi turbin 0.5 m. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan *software Ansys* dengan menggunakan variasi sudut 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 buah. Hasil analisa dan perhitungan dapat disimpulkan bahwa jenis turbin yang paling optimum untuk digunakan di Baturaden Adventure Forest, Purwokerto adalah menggunakan runner dengan jumlah 9 sudu. Yaitu menghasilkan daya output terbesar 20,35 kW dengan efisiensi 64%. Tipe runner dengan jumlah sudu 9 ini aman dari kavitasasi karena mempunyai tekanan terendah sebesar 2481130 Pa lebih besar dari tekanan uap jenuhnya sebesar 2338,48 Pa [2].

Penelitian sebelumnya juga pernah melakukan analisis pada turbin ulir dengan dimensi sebagai berikut: diameter turbin 26 cm, panjang poros turbin 150 cm, diameter poros turbin 6 cm, lebar screw 10 cm, jarak antar blade 21 cm, jari jari sudut 10 cm. Pengujian dilakukan pada sudut 24°, 26°, 28°, 30°, dan 32°. Setiap pengujian dianalisa dan disimpulkan bahwa hasil pengujian pemodelan pembangkit listrik tenaga mikro hidro dengan variasi sudut blade pada pemodelan PLTMH dengan Turbin Archimedes bahwa pada sudut blade 28° merupakan sudut terbaik

dengan menghasilkan putaran turbin sebesar 581 rpm dan 315 rpm pada saat setelah di kopel. Tegangan dan arus yang dihasilkan sebesar 135,6 V pada saat berbeban dan arus sebesar 0,0821 A, sehingga menghasilkan daya output yang terbaik sebesar 11,1 Watt. Torsi sebesar 0,33 dan menghasilkan efisiensi sebesar 11,6 % [1].

Penelitian sebelumnya juga pernah melakukan analisis pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro jenis turbin ulir (*Archimedes screw turbine*) dengan dimensi sebagai berikut : diameter turbin 726,6 mm, diameter poros 217,9 mm, jarak *blade* 581,2 mm, jumlah *blade* 2 buah, panjang turbin 2.043 mm, sudut *blade* 26°, sudut turbin 35°. Hasil pengujian menghasilkan daya maksimum dan efisiensi maksimum generator turbin adalah 521.84 Watt dan 17,82 % pada debit 0,277 m³/s. Pengujian ini dilakukan juga untuk menganalisa pengaruh debit terhadap daya. Karena pengujian dibatasi hanya sampai debit 0,277 m³/s maka, daya yang dihasilkan hanya mampu 531.84 Watt [3].

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis akan membuat simulasi aliran air pada turbin menggunakan *software solidwork*. Dengan simulasi ini penulis dan pembaca akan lebih mudah memahami jenis aliran yang terjadi pada saat turbin ulir dioperasikan. Simulasi ini juga akan membantu penulis untuk mengevaluasi dampak aliran fluida terhadap komponen turbin ulir.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan mengenai turbin ulir yang dimuat dalam latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah utama dalam penelitian ini adalah menganalisa aliran fluida turbin ulir menggunakan *software solidworks*.

Sehingga ditemukan permasalahan berdasarkan penjabaran pada rumusan masalah yang disusun dalam penelitian, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar kecepatan air yang terjadi pada turbin ulir ?
2. Seberapa besar tekanan dinamik air yang dialami turbin ?

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Sudut kemiringan poros yang digunakan pada saat penelitian adalah 35° .
2. Pengujian dilakukan menggunakan suhu lingkungan.
3. Debit bervariasi dengan nilai $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.015 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mensimulasikan aliran air turbin ulir (*Archimedes Screw*)
2. Menganalisis titik kritis komponen akibat adanya tekanan dinamik air.
3. Mengevaluasi dampak aliran air terhadap turbin ulir.

E. Manfaat Penelitian

Perancangan yang berjudul “Simulasi Aliran pada Turbin Ulir Pembangkit Listrik Micro Hidro Skala Laboratorium” ini dapat memberikan manfaat, yaitu :

1. Bagi penulis dapat menyelesaikan program perkuliahan Sarjana Teknik Mesin Universitas Medan Area.
2. Menambah pengetahuan tentang Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro jenis turbin ulir.
3. Memberikan sumbangan ilmiah dan pengembangan ilmu pengetahuan.

4. Diharapkan mampu menjadi buku tambahan referensi dalam menambah wawasan tentang efisiensi kerja turbin ulir pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.

F. Sistematika Penulisan

Penulisan karya ilmiah tugas akhir ini terbagi dalam beberapa BAB yang dapat dilihat sebagai berikut :

1. BAB I PENDAHULUAN

BAB ini berisi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisi referensi yang terbaru, relevan dan asli. BAB ini juga memuat teori yang berkaitan dengan penelitian turbin ulir dan *Computational Fluid Dynamic*.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

BAB ini memuat tempat penelitian, spesifikasi peralatan, bahan yang digunakan serta prosedur penelitian yang dilakukan.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB ini berisi hasil dan pembahasan data penelitian

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

BAB ini berisi tentang kesimpulan yang didapat setelah melakukan analisis dan saran yang dapat membangun bagi pembaca dan peneliti berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

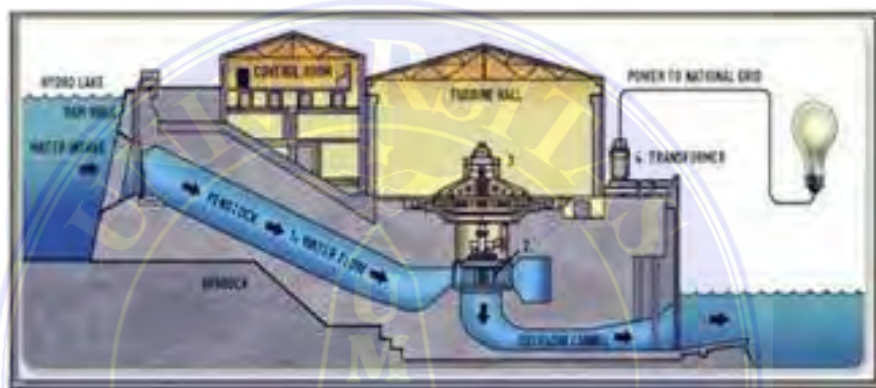
1. Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik dengan skala kecil yang memanfaatkan potensi aliran air sebagai tenaga penggerak seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan debit air, semakin tinggi jatuhnya air maka energi potensial air yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik juga akan semakin besar. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro merupakan pembangkit listrik terbarukan dan sangat ramah lingkungan dikarenakan energi potensial yang dihasilkan air tidak akan pernah habis selagi ekosistem alam tetap terjaga. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro memiliki konstruksi yang sederhana, perawatan yang mudah dan biaya pembuatannya terjangkau, sehingga sangat cocok diterapkan di wilayah pedesaan Indonesia yang mempunyai irigasi aliran air dan belum terjangkau listrik Negara. PLTMH memiliki batasan daya sebesar 5 kW – 1 mW per unitnya. Terdapat juga beberapa batasan daya untuk PLTMH yaitu 120 kw hingga 200 kW [1]. Pada dasarnya pembangkit listrik tenaga mikro hidro mempunyai tiga komponen utama yaitu, sumber energi , generator dan turbin [4].

2. Cara kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Cara kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro yaitu dengan cara membendung air sungai agar mendapatkan debit air (Q) dan tinggi jatuh air (H), kemudian air yang dihasilkan disalurkan melalui saluran pengantar air menuju

kolam penenang, Kolam penenang dihubungkan dengan pipa pesat, dan pada bagian paling bawah di pasang turbin air. Turbin air akan berputar setelah mendapat tekanan air (P), dan perputaran turbin dimanfaatkan untuk memutar generator, Setelah mendapat putaran yang *constan* maka generator akan menghasilkan tegangan listrik, yang dikirim kekonsumen melalui saluran kabel distribusi [4]. Skema cara kerja Pembangkit listrik tenaga mikro hidro dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Skema cara kerja PLTMH [4].

B. Turbin Air

Turbin air merupakan suatu alat yang digunakan untuk merubah energi kinetik air menjadi energi putar, kemudian pada poros turbin dihubungkan dengan *pulley* untuk meneruskan putaran turbin ke generator. Secara umum prinsip kerja dari turbin air yaitu aliran air di dalam pipa pesat yang mempunyai energi potensial dan energi kinetik diarahkan ke roda turbin melalui sudu pengarah, kemudian energi yang terdapat di dalam air ini pada roda turbin diubah bentuknya menjadi energi mekanik berupa putaran poros roda turbin. Putaran poros roda turbin inilah yang dimanfaatkan untuk menggerakkan generator/altenator pembangkit listrik [5]. Berdasarkan cara turbin merubah energi potensial menjadi energi mekanik. Turbin air diklasifikasikan menjadi 2, yaitu turbin impus dan turbin reaksi [1].

1. Turbin Implus

Turbin Impuls merupakan turbin yang memanfaatkan energy potensial yang diubah menjadi energi kinetik dengan nozzle. Air yang dikeluarkan dari nozzle memiliki tekanan yang sangat tinggi. Tekanan tinggi ini akan membentur sudu turbin sehingga terjadi perubahan momentum dan menyebabkan turbin berputar. Turbin yang termasuk dalam turbin impuls, antara lain Turbin pelton, turbin turgo, dan turbin michell-bankin (turbin cross flow atau assberger) [1].

2. Turbin Reaksi

Turbin Reaksi adalah turbin yang memanfaatkan seluruh energi (energi Potensial, kinetik dan tekanan) untuk menghasikan energi kinetik di sudu. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga runner (bagian turbin yang berputar) dapat berputar [6]. Jenis turbin yang menggunakan prinsip turbin reaksi adalah, turbin francis, turbin Kaplan, turbin ulir (*archimedes screw*). Jenis turbin dapat dilihat pada table 2.1.

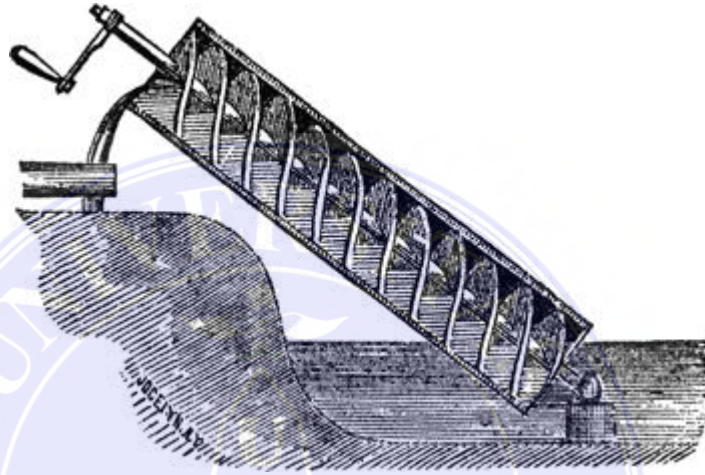
Tabel 2. 1. Jenis turbin berdasarkan klasifikasinya [7].

Jenis Turbin	Tinggi Tekanan (meter)	Arah Aliran	Debit (m ³ /s)	Kecepatan Spesifik (rpm)
Kaplan	2 - 50	Aksial	2 - 80	300 - 1100
Francis	10 - 350	Radial	0,2 - 29	60 - 400
Pelton	50 - 1300	Tangensial	0,02 - 7	4 - 70

C. Turbin Ulir (*Archimedes Screw*)

Turbin ulir (*Archimedes Screw Turbine*) adalah sebuah pembangkit listrik yang memanfaatkan aliran air untuk menghasilkan energy listrik. *Archimedes screw* (poros ulir) ditemukan sejak dulu dan digunakan untuk memindahkan air dari

dataran rendah menuju dataran yang lebih tinggi. Pada zaman dahulu *Archimedes screw* digunakann sebagai pompa pengairan dimana pada bagian konstruksinya *Archimedes screw* terdiri dari beberapa *blade* berbentuk heliks atau *screw* yang terpasang pada poros dan berfungsi sebagai *bucket* yang bergerak untuk membawa air keatas. Gambar *Archimedes screw* dapat dilihat pada gambar 2.2.

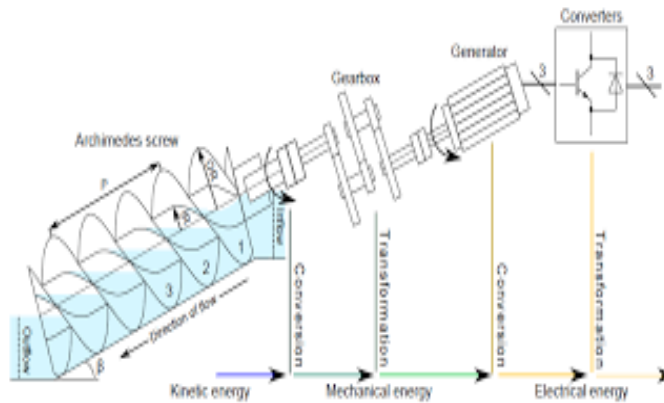


Gambar 2. 2. *Archimedes Screw Pump*.

Seiring dengan perkembangan zaman dan terjadinya krisis energi serta keterbatasan potensi sumber energi air yang memiliki *head* tinggi, maka pada tahun 2007 yang lalu, seorang insinyur mengemukakan idenya dengan mengubah arah putaran pompa ulir dengan memanfaatkan aliran air sebagai pemutar poros pompa air, kemudian diatas pompa air tersebut dipasang generator sehingga dapat menghasilkan listrik di sepanjang generator tersebut [1].

D. Prinsip Kerja Turbin Ulir (Archimedes Screw)

Turbin ulir memiliki prinsip kerja, dimana tekanan air yang melalui sudu turbin mengalami penurunan tekanan sejalan dengan penurunan kecepatan air akibat adanya hambatan dari sudu turbin maka tekanan air akan memutar turbin dan secara bersamaan memutar generator [1]. Skema turbin ulir dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3. Skema Turbin Ulir [7].

E. Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Debit air, ketinggian (*Head*) dan Torsi merupakan parameter yang penting dalam Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro karena parameter inilah akan menjadi dasar penentu daya atau energy listrik yang dihasilkan oleh generator tersebut.

1. Persamaan Bernoulli

Prinsip Bernoulli menyatakan bahwa peningkatan kecepatan pada pada suatu aliran fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut.

Persamaan Bernoulli dengan aliran tak termampatkan dirumuskan dengan [11] :

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g z = \text{constan} \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.1})$$

Keterangan :

P = Tekanan fluida (Pa)

v = Kecepatan fluida (m/s)

z = head (m)

ρ = Massa jenis fluida (kg/m³)

g = Percepatan gravitasi bumi (m/s²)

2. Debit Air

Debit air merupakan kecepatan aliran zat cair yang melewati suatu penampang per satuan waktu. Pada Sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/s). Debit air sangat berpengaruh terhadap putaran dan daya yang dihasilkan turbin. Perhitungan debit air dilakukan untuk mengetahui berapa banyak air yang akan mengalir melewati rumah turbin.

Untuk mengetahui debit air, pertama kita harus mengetahui luas penampang saluran (A) yang diperoleh dengan mengalihkan lebar sungai/saluran dengan kedalaman rata-rata air [8]. Sehingga dapat dituliskan dalam persamaan:

$$A = L \times H \dots\dots\dots \text{(Pers. 2.2)}$$

Keterangan :

A = Luas penampang (m^2)

L = Lebar saluran (m)

H = Ketinggian saluran (m)

Kemudian harus mencari kecepatan aliran dituliskan dengan persamaan:

$$v = \frac{L}{t} \dots\dots\dots \text{(Pers. 2.3)}$$

Keterangan :

v = Kecepatan (m/s)

L = Panjang Lintasan (m)

t = Waktu Tempuh (s)

Setelah parameter di atas diketahui, dapat ditentukan debit sungai atau saluran[9]. Sehingga dapat ditulis dengan persamaan:

$$Q = V \times A \dots\dots\dots \text{(Pers. 2.4)}$$

Keterangan:

$Q = \text{Debit air (m}^3 \text{/s)}$

$v = \text{Kecepatan air (m/s)}$

$A = \text{Luas penampang pada (m}^2\text{)}$

3. Tinggi Jatuhnya Air

Tinggi jatuh air merupakan selisih antara tinggi permukaan air atas (TPA) dengan tinggi permukaan air bawah (TPB). Ketinggian jatuh air dapat diperoleh dari sungai, air terjun, bendungan, saluran irigasi. Untuk menghitung ketinggian efektif dapat digunakan persamaan sebagai berikut [4]:

$$H_{\text{eff}} = H_{\text{act}} - H_{\text{ls}} \dots\dots\dots(\text{Pers 2.5})$$

Keterangan:

$H_{\text{eff}} = \text{Head Efektif (m)}$

$H_{\text{act}} = \text{Head Actual (m)}$

$H_{\text{ls}} = \text{Head Losses (m)}$

3. Daya yang Hidrolis

Daya hidrolis yang dapat dibangkitkan dari PLTMH dirumuskan [10].

$$P = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \dots\dots\dots(\text{Pers 2.6})$$

Keterangan:

$P = \text{Daya Turbin (W)}$

$Q = \text{Debit (m}^3\text{/s)}$

$\rho = \text{Massa Jenis Air (kg/m}^3\text{)}$

$h = \text{Head (m)}$

4. Daya Generator

Daya generator yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut [10]

$$P = V.I.\cos\theta \dots\dots\dots(\text{Pers 2.7})$$

Keterangan:

P = Daya Keluar (W)

V = Tegangan (V)

I = Kuat Arus (A)

Cos Θ = Faktor Daya

5. Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin merupakan kemampuan turbin untuk merubah energi kinetic dalam air menjadi bentuk energi listrik. Untuk menghitung efisiensi turbin maka dapat dibuat dalam persamaan berikut [10].

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_t} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{Pers 2.8})$$

Keterangan:

η = Efisiensi (%)

P_{out} = Daya Keluar (W)

P_t = Daya teoritis (W)

6. Tekanan dinamik

Tekanan dinamik merupakan tekanan yang terjadi pada fluida yang bergerak. Tekanan total - tekanan statik = Tekanan dinamik [11]

$$P_0 - P = \frac{1}{2}\rho v^2 \dots\dots\dots(\text{Pers 2.9})$$

$$q = \frac{1}{2}\rho v^2 \dots\dots\dots(\text{Pers 2.10})$$

Keterangan:

q = Tekanan dinamik air (Pa)

ρ = Massa jenis air (kg/m³)

v = Kecepatan air (m/s)

7. Tegangan Normal

Tegangan merupakan perbandingan antara gaya yang bekerja terhadap luas penampang benda. Untuk menghitung tegangan maka dibuat persamaan sebagai berikut [12]

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots \text{(Pers 2.11)}$$

$$\tau \max = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \geq \frac{S_y}{2} \dots \dots \dots \text{(Pers 2.12)}$$

Keterangan :

σ = Tegangan normal (N/m²)

P = Gaya tekan (N)

A = Luas Penampang (m²)

S_y = *Yield Strength* (N/m²)

F. Material AISI 1010

Baja karbon AISI 1010 merupakan baja karbon 0,10%. Baja ini memiliki kekuatan yang relatif rendah tetapi dapat ditempa untuk meningkatkan kekuatan.[13]. Property sifat material AISI 1010 dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2. Property Material AISI 1010.[13]

Property	Magnitude
Elastis Modulus (GPa)	205
Poisson Ratio	0.29
Tensiel Strength (MPa), Ultimate	365
Tensiel Strength (MPa), Yield	305
Thermal conductivity (W/mK) at 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, 500°C	60.25, 55.5, 50.7, 46, 41.5
Specific heat capacity (J/kgK) at 100°C, 300°C,450°C	448, 536, 649
Density (kg/m ³)	7870

G. *Solidworks*

Solidworks merupakan sebuah *software* program mekanikal 3D CAD (*computer aided design*) yang berjalan pada Microsoft Windows. file *SolidWorks* menggunakan penyimpanan file format Microsoft yang terstruktur. Berbagai file tertanam dalam setiap SLDDRW (file gambar), SLDPRT (part file), SLDASM (file assembly). *Solidworks* dilengkapi dengan berbagai *tools* yang digunakan untuk analisis hasil desain, seperti tegangan, regangan, pengaruh suhu, pengaruh angin, dan lain-lain. *Solidworks* merupakan program pemodelan berbasis fitur parametrik yang artinya semua objek dan hubungan antar geometrik dapat dimodifikasi kembali meskipun geometriaknya sudah jadi tanpa perlu lagi mengulang dari awal. Metode ini sangat mempermudah proses desain suatu produk atau rancangan.

H. *Computain Fluid Dynamycs (CFD)*

Computain Fluid Dynamics merupakan suatu program yang dapat digunakan untuk menganalisa aliran fluida beserta karakteristik pola yang ditimbulkan akibat Bergeraknya suatu benda pada fluida tersebut. Persamaan dasar yang digunakan pada CFD merupakan persamaan yang didasarkan pada dinamika fluida yaitu persamaan kontinuitas, momentum dan energi. CFD merupakan cabang ilmu dari dinamika fluida yang menyediakan sebuah sarana untuk melakukan simulasi secara pendekatan computer untuk meminimalisir pengeluaran biaya. Dengan kata lain CFD dapat digunakan untuk menghitung aliran fluida, perpindahan panas ataupun reaksi kimia menggunakan simulasi komputer. Selain itu hasil dari perhitungan CFD juga dapat memvisualisasikan dalam bentuk distribusi tekanan, distribusi kecepatan hingga garis-garis *streamline* sehingga

sangat mudah untuk diamati. Secara umum proses perhitungan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) terdiri atas 3 bagian utama yaitu :

1. *Pre-processing*

Pre-processing adalah langkah awal dalam menganalisa sebuah model CFD. Sebelum sebuah model dianalisa, geometri model harus di defenisikan terlebih dahulu menjadi domain komputasi. Kemudian membuat *meshing* yang sesuai dengan geometri dan analisa yang akan dilakukan. Terakhir mendefinisikan kondisi batas dan sifat dari fluida yang akan digunakan.

2. *Solving*

Solving CFD merupakan proses pengolahan dan perhitungan dari kondisi yang telah di ditetapkan saat *pre-processing*. Pada tahapan ini dilakukan proses komputasi numerik dengan menggunakan metode numerik berupa pendekatan variabel yang diketahui menjadi fungsi yang lebih sederhana, diskritisasi dengan substitusi pendekatan kedalam persamaan yang mengatur aliran, serta solusi dari persamaan aljabar.

3. *Post-processing*

Post-processing merupakan tahap akhir dalam analisis CFD. Tahap ini merupakan hasil dari komputasi numerik yang telah divisualisasikan dan di dokumentasikan dalam bentuk gambar, kurva, dan animasi. Hasil visualisasi dan dokumentasi akan dibuat untuk melakukan analisa.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area yang beralamat di Jalan Kolam No. 1 Medan Estate, Telp. 7366878, 7357771, Medan Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20223.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan tugas akhir oleh pengelola program studi sampai dinyatakan selesai yang direncanakan berlangsung selama waktu yang akan ditentukan. Waktu kegiatan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1. Waktu Kegiatan Penelitian.

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)									
		Mei	Juni	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Mar		
1	Studi Literatur	■									
2	Perancangan Alat	■	■								
3	Penyusunan Proposal		■	■							
4	Seminar Proposal			■	■						
5	Pengujian Alat				■	■					
6	Pengumpulan Data					■	■				
7	Analisa Data						■	■			
8	Laporan Penulisan							■	■		
9	Seminar Hasil								■	■	
10	Perbaikan									■	■
11	Ujian Sidang										■

B. Alat dan Bahan

Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan pada saat proses penelitian:

1. Alat Penelitian

a. Laptop

Laptop merupakan suatu alat yang digunakan dalam berbagai hal, seperti pengolahan data, pengoperasian *software*, penyimpanan data dan lain-lain. Pada penelitian ini laptop ini berfungsi untuk mengoperasikan *software solidwork*, agar mempermudah proses penelitian. Gambar laptop dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1. Laptop.

Spesifikasi:

- 1). *Prosesor* : AMD E2-7015 dual-core 1,5GHz
- 2). *Chipset* : AMD
- 3). *Grafis* : AMD Radeon R2 Graphics
- 4). *Layar* : TFT LCD dengan LED backlight 14 inci resolusi 1366 x 768 piksel, glare panel, 45% NTSC color gamut
- 5). *Memori* : RAM 4GB DDR4-1866MHz Onboard
- 6). *Storage* : SSD 256GB SATA

- 7). Konektifitas LAN, WiFi, Bluetooth, Port USB 2.0, Port USB 3.1 Gen 1, port USB 3.1 Gen 1 Type-C, Port HDMI, card reader
- 8). Baterai : 2 Cell 32WHr
- 9). Sistem Operasi Microsoft Windows 10 Home x64
- 10). Dimensi 339 x 235 x 21.9 mm berat 1,65 kg

b. Mouse

Mouse adalah perangkat *input* perangkat keras genggam yang mengontrol kursor dalam laptop dan dapat memindahkan dan memilih teks, ikon, file, dan folder. Mouse dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2. Mouse.

Spesifikasi :

- 1). *Conection* : Wireless
- 2). Model : Logitech M190

c. Tachometer

Tachometer merupakan sebuah alat yang digunakan mengukur kecepatan putaran mesin, khususnya jumlah putaran sebuah poros dalam satu satuan waktu (rpm). Tachometer dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3. Tachometer

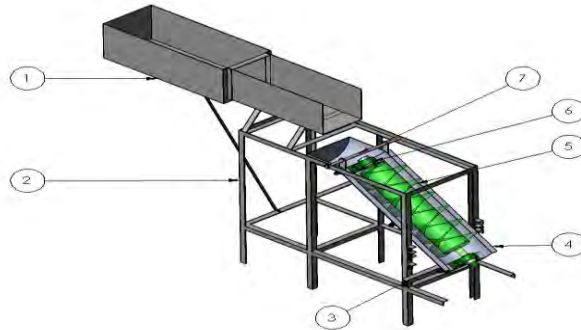
Spesifikasi :

1. RPM Range : 2 to 99,999rpm
2. Count range: 1 to 99,999rev (revolution)
3. Jarak Target Max : 1.6ft (500mm)
4. Basic Akurasi : $\pm 0.05\%$
- d. *Software Solidwork*

Solidworks merupakan software program mekanikal 3D CAD (*computer aided design*) yang berjalan pada Microsoft Windows. file SolidWorks menggunakan penyimpanan file format Microsoft yang terstruktur. Solidwork menyimpan berbagai file tertanam dalam setiap SLDDRW (file gambar), SLDPRT (part file), SLDASM (file assembly). Berbagai macam tools dapat digunakan untuk mengekstrak sub-file, meskipun sub-file dalam banyak kasus menggunakan format file biner. *SolidWorks* adalah parasolid yang berbasis *solid* modelling, dan menggunakan pendekatan berbasis fitur-parametrik untuk membuat model dan *assembly* atau perakitan. Pada penelitian ini *software solidwork* yang digunakan yaitu *solidwork* 2017.

2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada saat penelitian dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4. Turbin Ulir.

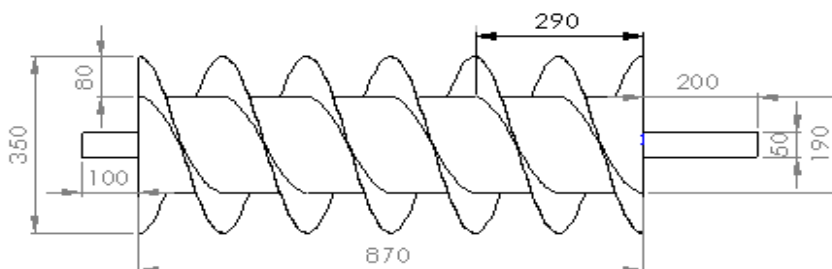
Berikut merupakan keterangan bahan yang digunakan pada saat penelitian. Spesifikasi bahan penelitian dapat dilihat pada table 3.2.

Tabel 3. 2. Spesifikasi Gambar Turbin Ulir.

No	Bagian	Ukuran
1	Penampung Air Atas	80 liter
2	Rangka Turbin Ulir	(P = 1700, l = 600, t = 1400) mm
3	Penyangga pengatur sudut poros	700 mm
4	Rumah Turbin Ulir	$\varnothing = 354$ mm, L = 1100 mm
5	Poros dan blade Turbin Ulir	$\varnothing = 350$ mm, L = 870 mm
6	Bearing turbin ulir	$\varnothing = 50$ mm
7	Penyangga atas rumah turbin	$\varnothing = 20$ mm

a. Tampak depan

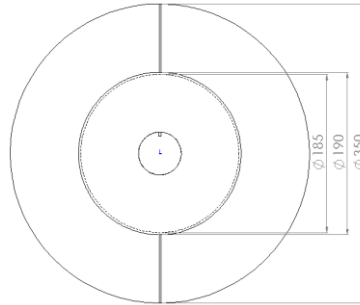
Tampak depan bahan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 5. Tampak Depan Turbin Ulir.

b. Tampak Samping

Tampak samping bahan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3. 6. Tampak Samping Turbin Ulir.

c. Material yang digunakan

Analaisis yang dilakukan yaitu hanya pada *blade*, Pipa, Poros dan rumah turbin ulir. Spesifikasi material komponen turbin ulir yang dianalisis dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3. 3. Material Turbin Ulir

No	Nama	Material
1	Ulir Turbin	AISI 1010
2	Pipa tengah turbin	Carbon Steel
3	Poros	AISI 1045
4	Rumah turbin	AISI 1010

C. Prosedur Penelitian

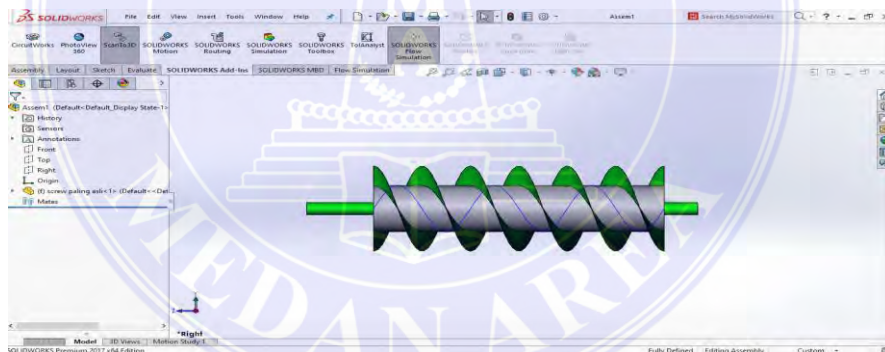
1. Pre Processing

Pre processing merupakan tahapan awal dalam membangun dan menganalisa sebuah model komputasi fluida (CFD). Tahap *pre processing* terdiri dari beberapa subtahapan mulai dari pembuatan desain komponen menggunakan *software Solidworks*, penentuan daerah komputasi, penentuan mesh (meshing) serta menentukan parameter-parameter yang digunakan dalam simulasi. Lanngkah-langkah yang dilakukan pada saat melakukan pre procecing yaitu sebagai berikut:

a. Menggambar komponen-komponen turbin ulir

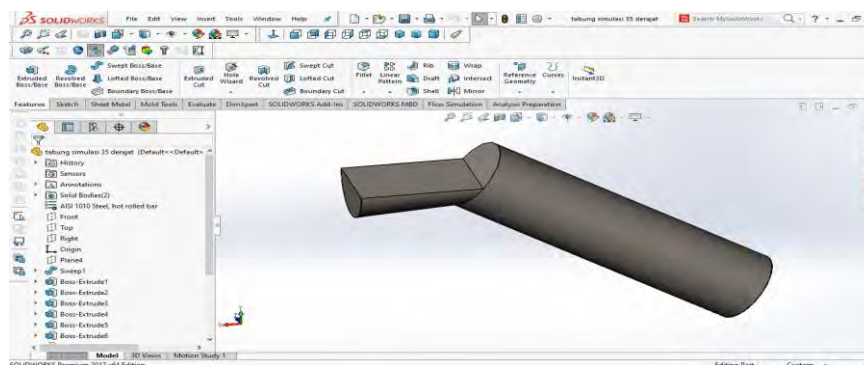
Dalam sebuah perancangan hal pertama yang dilakukan adalah membuat gambar 3 dimensi kerja. Desain yang digambar yaitu berdasarkan data spesifikasi perhitungan dan jenis bahan yang digunakan pada saat perancangan. Pembuatan desain gambar dimulai dengan membuat gambar setiap komponen yang ada dengan menggunakan *software Solidworks*. Setiap komponen digambar 3D untuk menghasilkan gambar desain yang mudah dipahami. Setiap bagian di gambar sesuai ukuran yang sudah di tentukan agar lebih mudah dalam pengujian aliran air menggunakan simulasi *solidworks*. Turbin ulir terbagi atas beberapa komponen yaitu: Blade (*screw*) dengan poros turbin, rumah (*housing*), rangka turbin dan bantalan (*bearing*) turbin.

1). *Blade* dengan poros turbin



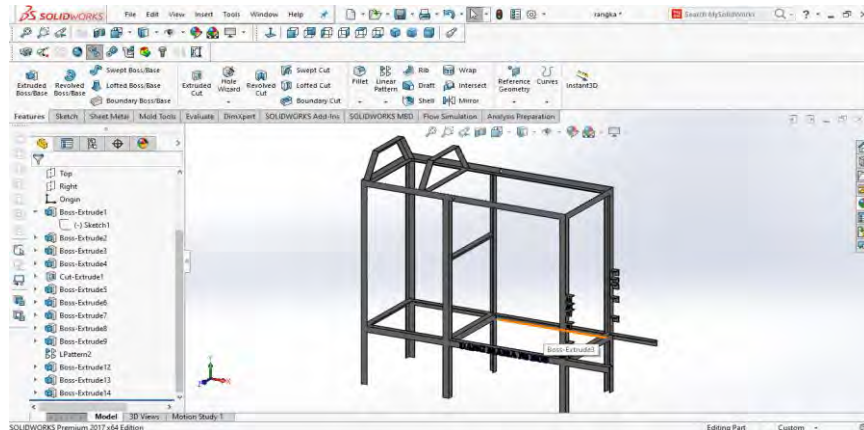
Gambar 3. 7. Blade dengan Poros Turbin Ulir

2). Rumah (*housing* turbin)



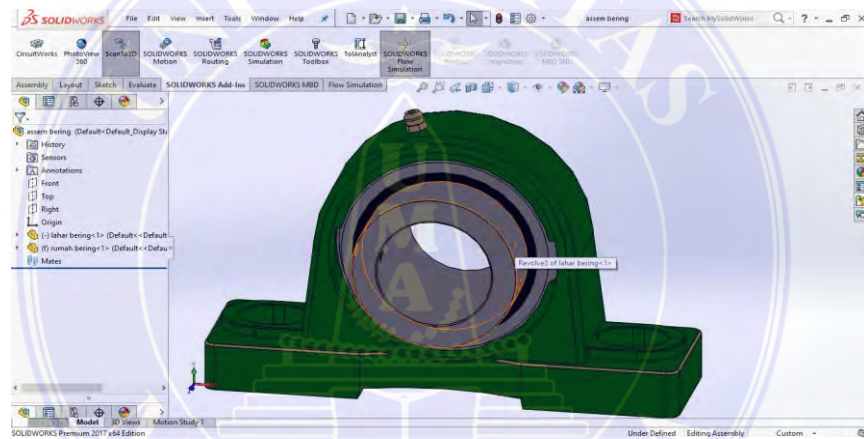
Gambar 3. 8. Rumah Turbin Ulir

3). Rangka turbin



Gambar 3. 9. Rangka Turbin Ulir

4). Bantalan (*Pillow Block*)



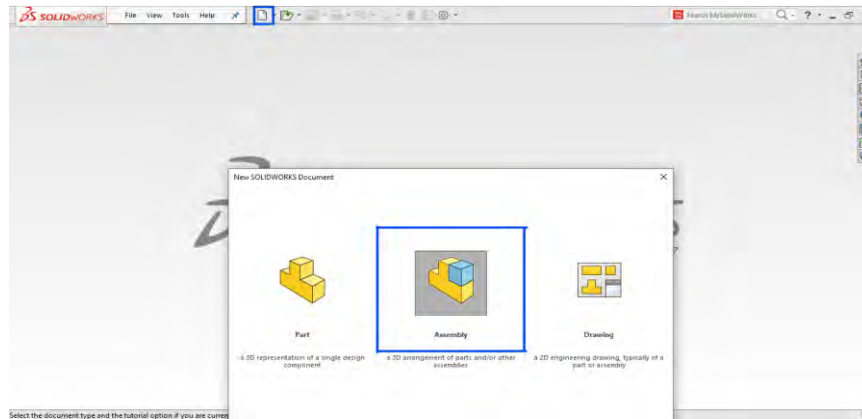
Gambar 3. 10. *Bearing* Turbin Ulir

b. Menggabungkan komponen komponen Turbin Ulir (*Assembly*)

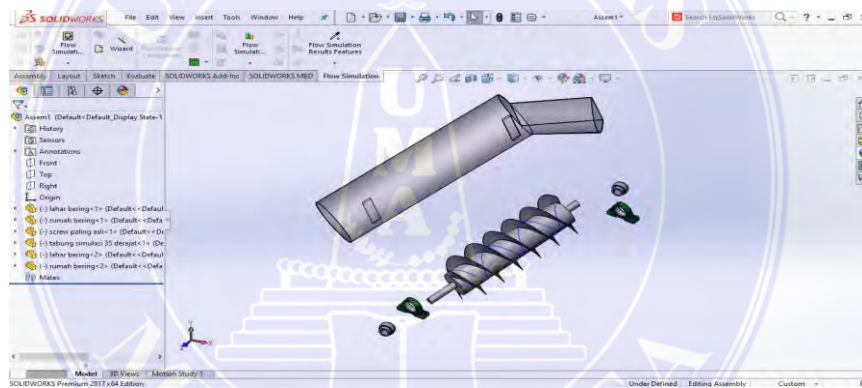
Assembly pada *solidworks* yaitu sebuah dokumen dimana komponen (*parts*), *feature* dan *assembly* lain (*sub assembly*) dipasangkan atau disatukan secara bersamaan. Penelitian turbin ulir ini meliputi beberapa langkah *assembly* yaitu :

1). *Open File Solidworks 2017*

Buka *software solidworks* klik *new file* lalu pilih *assembly*.

Gambar 3. 11. Pemilihan menu *Assembly*2). *Input file* gambar

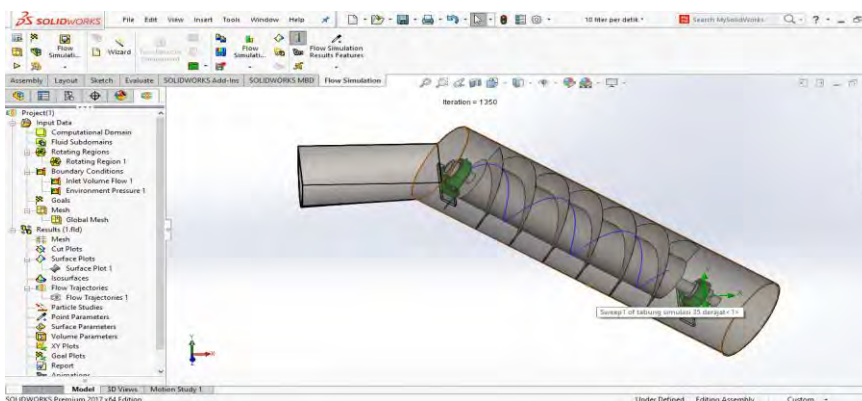
Klik *insert* komponen lalu masukkan komponen komponen turbin ulir yang sudah digambar.



Gambar 3. 12. Pengeinputan Komponen Turbin Ulir

3). *Mate* komponen

Gunakan *tools mate* untuk menyatukan komponen gambar satu persatu.

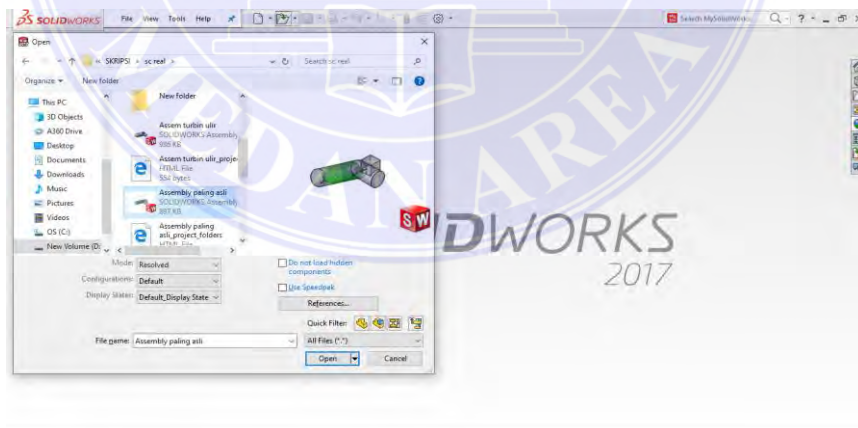
Gambar 3. 13. *Assembly* Komponen Turbin Ulir

c. Membuat *flow simulation solidworks* (pemodelan geometri)

Flow Simulation solidworks merupakan program analisis *thermal* dan aliran fluida pada alat atau bahan yang sudah di desain. Dengan adanya *flow simulaton* pada *solidworks* maka Peneliti bisa mensimulasikan aliran cairan dan gas seperti dalam kondisi di dunia nyata, sehingga Peneliti lebih mudah untuk menganalisa efek dari aliran fluida, perpindahan panas, dan dorongan atau paksaan terkait pada komponen yang diredam atau komponen disekitarnya. *Solidworks Flow Simulation* akan menghilangkan kebutuhan untuk memodifikasi desain yang dibuat untuk aplikasi *computational fluid dynamics* (CFD) lainnya, sehingga akan menghemat waktu dan biaya. Pada penelitian aliran air turbin ulir ini, beberapa langkah yang dilakukan membuat simulasi ini antara lain :

1). Buka *software solidworks* 2017

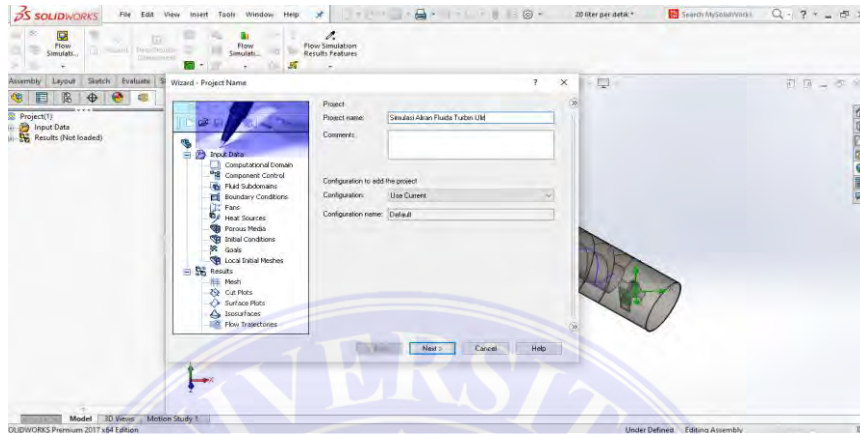
Buka *Software solidwork* lalu klik *open*, masukkan gambar desain yang sudah digabungkan (*assembly*).



Gambar 3. 14. Penginputan Gambar yang akan disimulasikan

2). *Wizard and Project name*

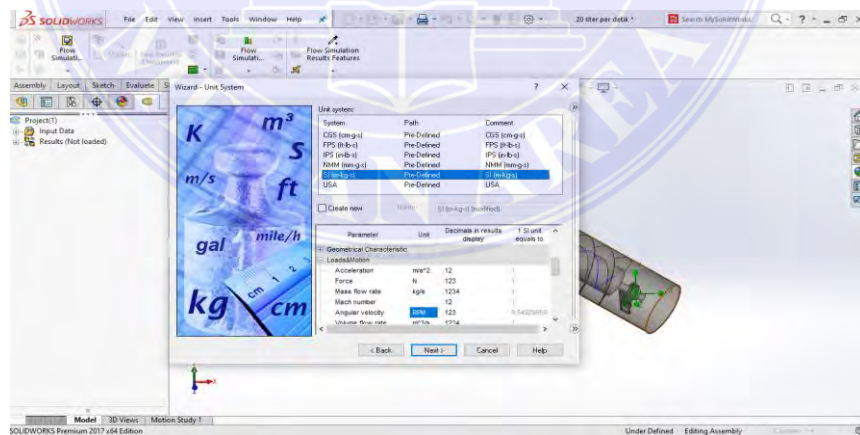
Setelah gambar *assembly* dimasukkan kemudian klik *flow simulation* pada menu *toolbar solidwork* kemudian pilih *wizard* dan masukkan nama dari *project* yang akan diuji “Simulasi Aliran Fluida Turbin Ulir” kemudian klik *next*.



Gambar 3. 15. Wizard and Project Name Simulasi

3). Unit System

Menentukan Unit System, yaitu langkah pemilihan suatu parameter yang akan digunakan, pilih SI (m-kg-s) pada kolom unit system. Pada kolom parameter pilih satuan suhu °C, dan satuan kecepatan Putaran RPM, lalu klik *next*.

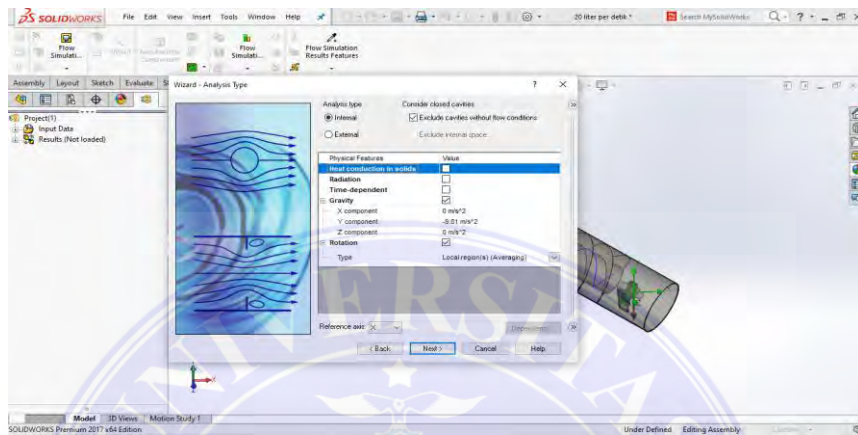


Gambar 3. 16. Unit Sistem

4). Analysis Type

Langkah selanjutnya adalah *Analysis Type*, yaitu langkah yang digunakan untuk menentukan laju aliran yang akan digunakan. Pada kolom *Analysis Type* pilih

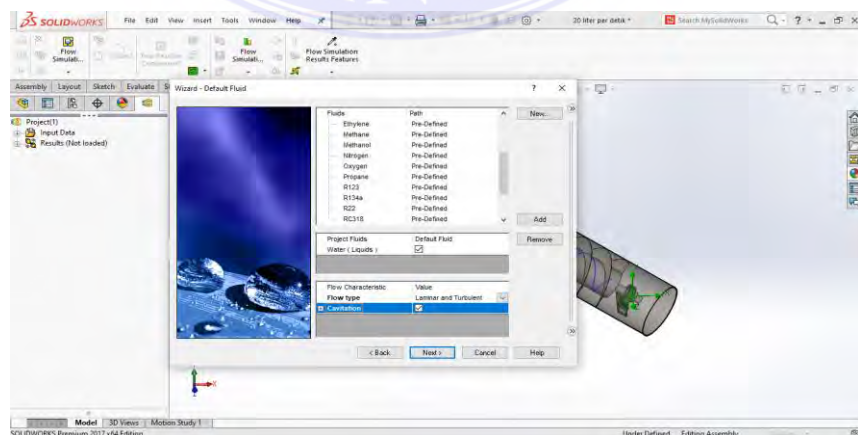
Internal kemudian centang pada kolom gravitasi, ketikkan gravitasi terhadap sumbu Y = -9.81 m/s^2 , kemudian centang pada kolom *rotation*, pilih “*local region averaging*”. Untuk menentukan arah alirannya, pada kolom *Referance Axis* pilih “X”. Lalu klik *next*.



Gambar 3. 17. Analysis Type

5). Default Fluid

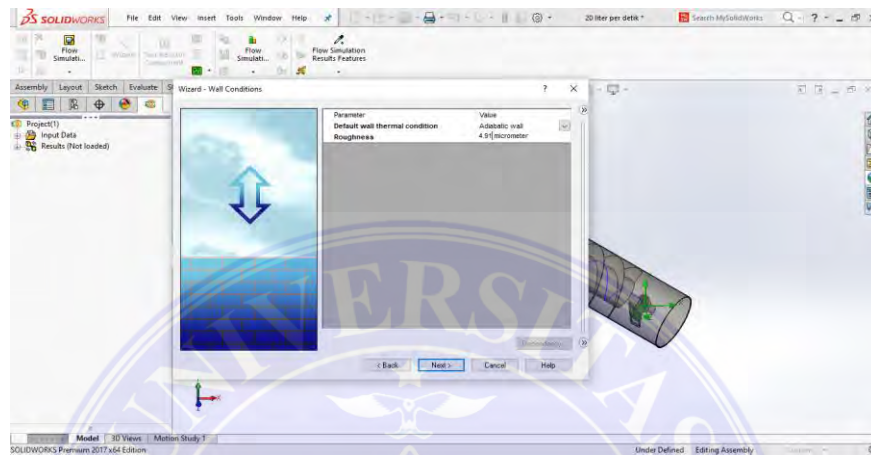
Menentukan *Default Fluid*, yaitu menentukan fluida apa yang akan digunakan dalam pengujian dan juga untuk menentukan jenis aliran fluida yang akan digunakan. Fluida yang digunakan pada saat penelitian yaitu air (*water*) menggunakan tipe aliran *laminar and turbulent*, centang pada kolom *cavitation*. Kemudian klik *next*.



Gambar 3. 18. Default Fluida

6). *Wall conditions*

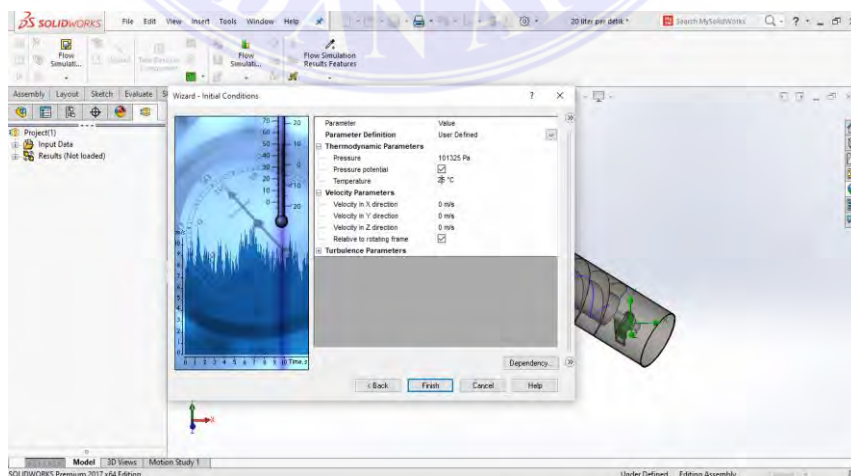
Menentukan *wall conditions* yaitu menentukan tingkat kekasaran (*roughness*) dari material yang digunakan. Tingkat kekasaran material adalah 0.49 kgf/mm, lalu klik *next*.



Gambar 3. 19. *Wall Conditions*

7). *Initial and Ambient Conditions*

Langkah berikutnya menentukan *Initial and Ambient Conditions*, dimana ini adalah langkah untuk menentukan kondisi atau parameter yang akan digunakan dalam proses simulasi. Centang pada kolom *relative to rotating frame*, temperature yang digunakan yaitu rata rata temperature lingkungan 25°C. Lalu klik *finish*.



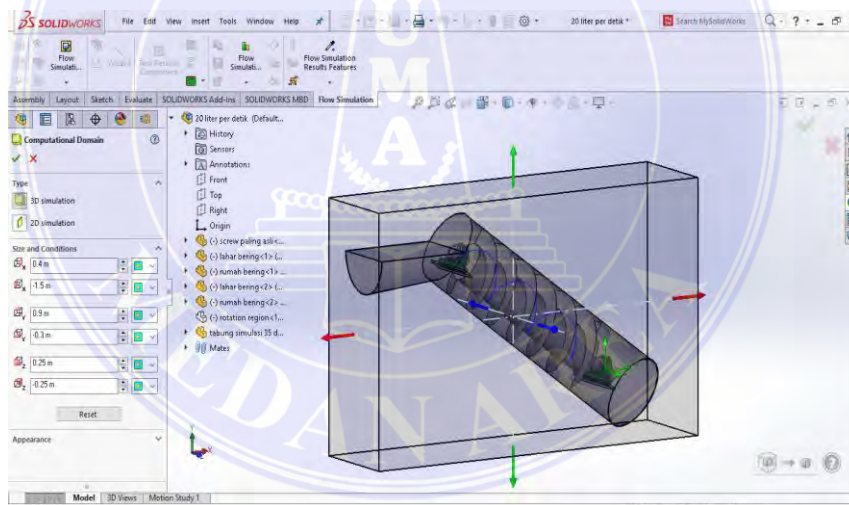
Gambar 3. 20. *Initial and Ambient Conditions*

8). *Computational Domain*

Setelah seluruh parameter yang digunakan dimasukkan, kemudian langkah selanjutnya yaitu menentukan volume (*Computational Domain*) dari simulasi yang akan dibuat. Ukuran computain domain dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4. *Computain Domain*

Sumbu	Ukuran
X	0.4 m
-X	-1.5 m
Y	0.9 m
-Y	-0.3 m
Z	0.25 m
-Z	-0.25 m



Gambar 3. 21. *Computain Domain*

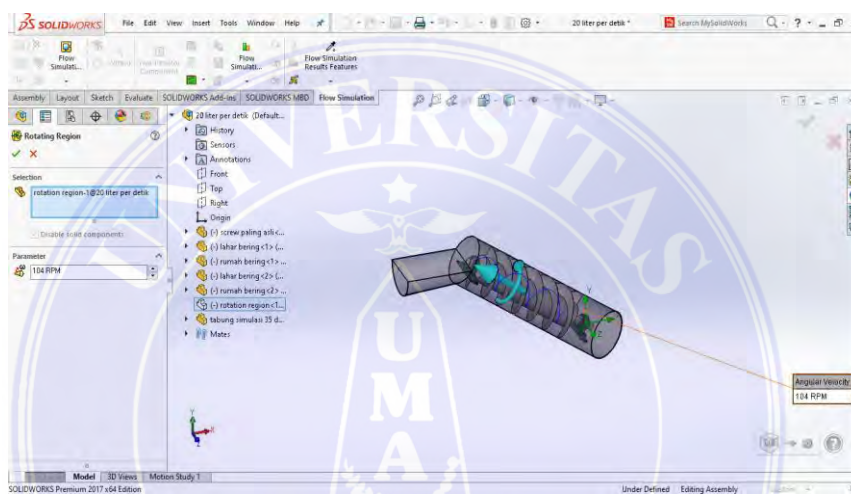
9). *Rotation region*

Selanjutnya yaitu menentukan komponen yang berputar dengan cara klik kanan pada *rotation region* pilih *insert rotation region*. klik komponen yang berputar yaitu poros turbin dan beri kecepatan putar turbin (tanda negatif hanya menentukan putaran berlawanan arah jarum jam). Penelitian ini memiliki variasi debit yang akan mempengaruhi putaran turbin, data putaran turbin diperoleh pada

saat pengujian alat secara langsung menggunakan *tachometer*. Putaran turbin yang diperoleh saat pengujian dilapangan dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3. 5. Putaran Turbin pada saat Pengujian Dilapangan

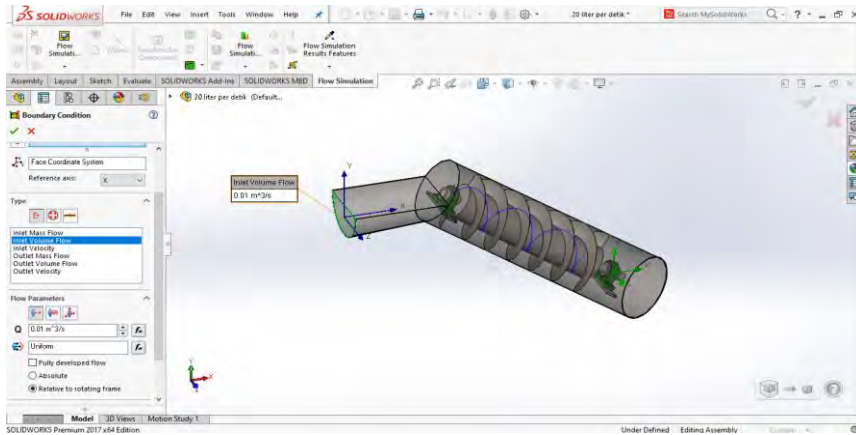
No	Debit (m ³)	Sudut Poros Turbin	Putaran poros turbin (rpm)
1	0.01	35°	104
2	0.015	35°	258
3	0.02	35°	277



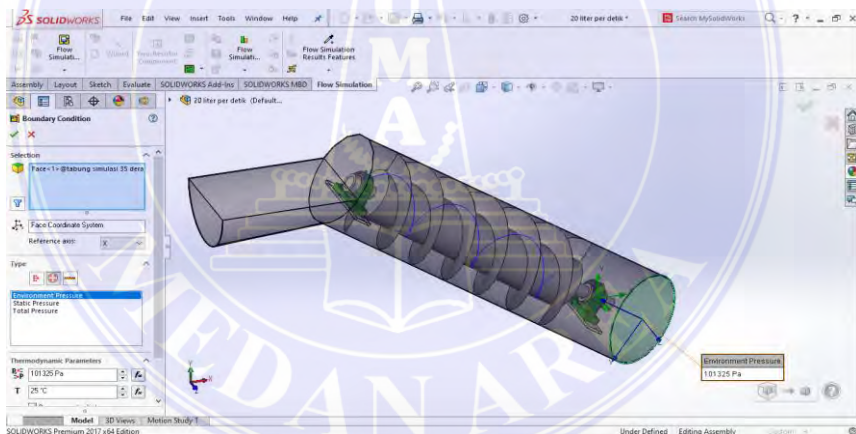
Gambar 3. 22. Rotation Region

10). *Boundary condutions and insert mass flow*

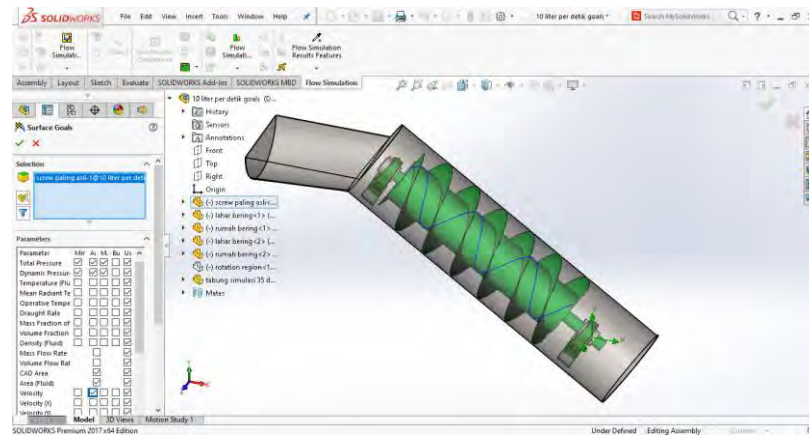
Langkah selanjutnya yaitu kondisi batas (*boundary conditions*) dengan cara klik kanan pada menu *boundary condutions*. Select pada dinding rumah belakang turbin bagian atas dan Pilih “*insert mass flow*”, centang “*relative to rotating frame*”. Pengujian ini dilakukan dengan tiga variasi debit yaitu: 0.01 m³, 0.015 m³ dan 0.02 m³. Kemudian klik tanda centang.

Gambar 3. 23. *Boundary Conditions inlet mass flow*12). *Environment pressure*

Selanjutnya klik kanan kembali pada boundary condutions. Select pada dinding rumah bagian depan lalu Pilih “*environment pressure*” 101325 Pa dan suhu lingkungan 25 °C. Kemudian klik tanda centang.

Gambar 3. 24. *Boundary Conditions Environment Pressure*13). *Goals*

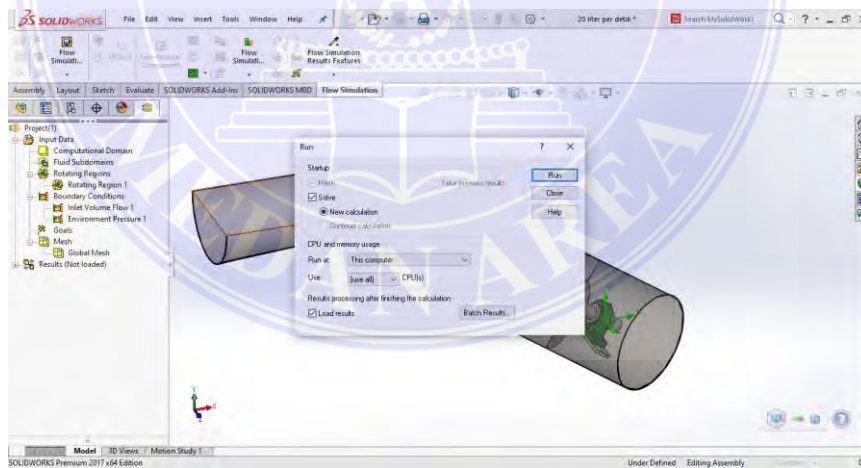
Setelah kondisi batsanya dimasukkan semua, langkah selanjutnya yaitu memasukkan hasil yang akan dicapai (*goals*). Dengan cara klik kanan pada menu *goals* pilih *insert surface goals*, select pada *assembly* poros turbin ulir. Centang pada parameter hasil yang akan ditampilkan seperti tekan dinamis fluida, kecepatan aliran fluida, dan temperature fluida. kemudian klik tanda centang.



Gambar 3. 25. Goals

14). Running

Setelah seluruh tahap penginputan selesai maka selanjutnya lanjut ketahap *running*. Proses *running* bertujuan untuk mengkalkulasikan data yang telah ditentukan pada tahap penginputan data. Proses running akan memakan waktu yang cukup lama tergantung dari level *mesh* yang dipilih sebelumnya. Setelah *running* maka proses penginputan data telah selesai.



Gambar 3. 26. Running

2. Procecing

Pada *software solidworks flow simulation*, komputer memproses data-data yang telah dimasukkan pada tahapan, *wizard*, *boundary condition*, dan *goals* mulai mengkalkulasi mesh dan selanjutnya melakukan solving.

a. *Meshing*

Pada *Wizard mesh* yang telah ditentukan adalah *meshing* skala level 3. Semakin rapat selnya maka akan semakin akurat hasil perhitungan yang di dapat, namun akan menambah waktu penyelesaian simulasi. Oleh karena itu sebelum di *running*, *mesh* pada model diperiksa terlebih dahulu agar tidak ada ukuran *mesh* yang besar meliputi ujung model yang berukuran jauh lebih kecil dari ukuran *mesh*. Setelah dilakukan pengecekan maka *solver* akan melakukan *meshing* dan memperhalus bagian-bagian yang dibutuhkan penghalusan *mesh*, seperti pada ujung-ujung atau sudut, bagian yang berkurva dan bagian-bagian yang sangat kecil dibandingkan dengan ukuran bagian lainnya pada model. Hasil akhir dari penghalusan *mesh* tergantung berdasarkan level *mesh* yang dipilih, semakin tinggi levelnya maka akan semakin halus.

b. *Solving*

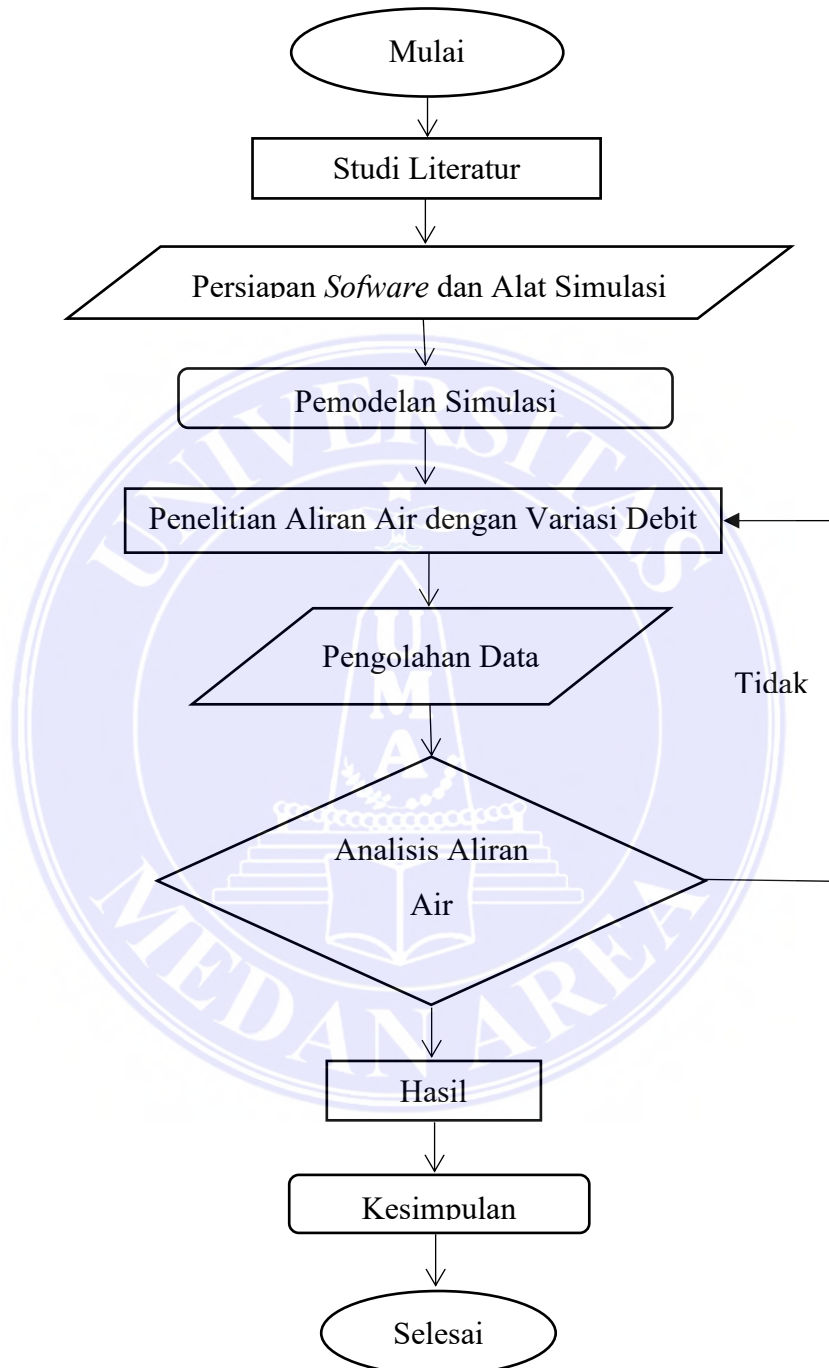
Setelah proses *meshing* selesai maka selanjutnya proses *solving*. Proses *solving* memakan waktu yang cukup lama tergantung dari jumlah *mesh*. Proses *solving* berlangsung dengan mengkalkulasi literasi-literasi yang telah ditentukan pada tahap *mesing*.

3. Analisis data dan kesimpulan

Analisis data dilakukan berdasarkan hasil simulasi yang dikalkulasikan dengan melihat struktur aliran berupa distribusi tekanan air dan arah kecepatan aliran air. Data hasil simulasi yang diperoleh berupa kontur tekan, dan kontur kecepatan. Selanjutnya data dan hasil simulasi yang diperoleh ditabelkan dan diplot ke dalam grafik. Dari tabel dan grafik dilakukan analisa yang menggambarkan hasil simulasi. Kemudian dari hasil analisa tersebut dapat ditarik kesimpulan.

D. Bagan Alur Penelitian

Diagram bagan alur dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3. 27. Diagram Alur Penelitian.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan tentang simulasi aliran air turbin ulir pembangkit listrik mikrohidro dengan variasi debit dapat disimpulkan :

1. Hasil simulasi aliran dan tekanan dinamik air pada turbin ulir yaitu, pada debit air $0.010 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat kecepatan aliran air terbesar terdapat pada sudu turbin bagian luar dengan nilai kecepatan 1.97 m/s dan kecepatan rata-rata air terdapat pada sudu bagian tengah turbin dengan nilai 1.357 m/s . Tekanan dinamik air terbesar terjadi pada sudu turbin bagian luar dengan nilai 1800 Pa dan tekanan dinamik rata-rata terjadi pada bagian tengah sudu turbin dengan nilai 1167.10 Pa . Kemudian pada debit $0.015 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat kecepatan tertinggi 4.63 m/s dan kecepatan rata-rata airnya 2.998 m/s . Tekanan dinamik air pada debit $0.015 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat tekanan dinamik air terbesar 10810.87 Pa dan tekanan dinamik rata-ratanya 7667.61 Pa . Kemudian pada debit $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat kecepatan terbesar 4.97 m/s dan kecepatan rata-rata 3.623 m/s . Tekanan dinamik air pada debit $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$ didapat tekanan terbesar terjadi pada sudu turbin bagian luar dengan nilai 12400.66 Pa dan tekanan dinamik rata-rata terdapat pada sudu bagian tengah turbin dengan nilai 9644.96 Pa
2. Pada peralatan screw archimedes yang kami buat ditemukan bahwa tekanan dinamik terbesar terdapat pada debit aliran air $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$. Letak titik kritis terjadi disepanjang ujung sudu-sudu screw, dengan tekanan dinamik terbesar 12.400 Pa dan tekanan dinamik rata-ratanya 9644.96 Pa . Tekanan maksimum ini masih bisa ditanggung bahan, karena pada bagian screw turbin kami

membuat bahan material AISI 1010 dengan yield strength 305×10^6 Pa dan Tensiel Stength 365×10^6 Pa.

3. Dampak dari aliran air turbin ulir ini adalah, tekanan dinamik yang dialami turbin ulir fokus pada bagian sudu turbin paling luar, tekanan dinamik maksimum yang diterima sudu turbin ini tidak membuat kerusakan material yang digunakan. Karena tekanan yang diterima sudu turbin masih berada pada batas tegangan ijin material.

B. Saran

1. Bagi peneliti berikutnya disarankan membuat desain ukuran rumah turbin lebih panjang keatas untuk meminimalisir terjadinya turbulensi air.
2. Penulis menyarankan agar peneliti berikutnya menggunakan komputer dengan spesifikasi yang lebih tinggi, karena performa komputer sangat mempengaruhi waktu penelitian. Semakin bagus spesifikasi komputer makan proses penelitian akan semakin cepat. Meshing penelitian juga bisa dipilih lebih kecil untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saputra, Made Agus Trisna, Antonius Ibi Weking, Wayan Artawijaya. 2019. " *Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir Pada Turbin Ulir (Archimedean Screw) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dengan Head Rendah*" dalam majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol. 18, No.1. DOI: <https://doi.org/10.24843/MITE.2019.v18i01.P12>.
- [2] Rinanda, Vico dan Rosyda Permatasari. 2018. " *Optimasi Desain Turbin Air Tipe Vortex Dengan 5 Variasi Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi*" dalam Semin. Nas. Cendekiawan ke 4 Tahun 2018 Buku 1 "Teknik, Kedokt. Hewan, Kesehatan, Lingkung. dan Lanskap", no. 4, pp. 785–790. Available: <https://www.event.lemlit.trisakti.ac.id/semnas/article/view/3543>.
- [3] Saefudin, Encu, Tarsisius Kristyadi, Muhammad Rifki, dan Syaiful Arifin. 2017. " *Turbin Screw Untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan*,". Jurnal Rekayasa Hijau, vol. 1, no. 3, pp. 233–244, Bandung: doi: 10.26760/jrh.v1i3.1775.
- [4] Buyung S. 2013. " *Analisis Pengaruh Tinggi Jatuhnya Air Terhadap Daya Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro Tipe Turbin Pelton*," pp1-8
- [5] Kusnadi, Agus Mulyono, Gunawan Pakki, dan Gunarko. 2018. " *Rancang Bangun Dan Uji Performansi Turbin Air Jenis Kaplan Skala Mikrohidro*,". Lampung: Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro, vol. 7, no. 2.
- [6] Yani, Ahmad. 2017. " *Rancang Bangun Alat Praktikum Turbin Air Dengan Pengujian Bentuk Sudu Terhadap Torsi Dan Daya Turbin Yang Dihasilkan*,". Lampung: Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro. URL: <http://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo>.
- [7] Mulyono, Swarty. 2105. " *Karakteristik Turbin Kaplan Pada Sub Unit Pembangkit Listrik Tenaga Air Kedungombo*." Eksergi. Jurnal Teknik Energi Vol 11 No. 3 September 69-74.
- [8] Ointu, Susanto, Frengki Eka Putra Surusa, dan Muhammad Zainuddin. 2020. " *Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air yang Ada di Desa Pinogu*,". Jambura Jurnal Electrical and Electronics Engineering, vol. 2, no. 2, pp. 30–38, 2020, doi: 10.37905/jjee.v2i2.4618.
- [9] Nasrul. 2016. " *Studi Analisis Pengaruh Debit Air Terhadap Daya yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Kecamatan IV Nagari Bayang Utara*," Jural Ilmiah Poli Rekayasa, vol. 11, no. 2, p. 53, 2016, doi: 10.30630/jipr.11.2.27.

- [10] Slameto, Budi Suharto, Ervina Fitriana Bekt. 2016 “*Pembuatan Dan Pengujian Turbin Ulir Dua Sudu*,”. Jurnal Teknik Energi, li 6 No 2.
- [11] Houghton,Edward Lewis, and Peter William Carpenter Jones. 2003. “*Aerodynamics For Engineering Students Fifth Edition*.Page (62-63). Great Britania : Butterworth-Heinemann.
- [12] Budynas,Richard G, J. Keith Nisbett. *Shigley’s Mechanical Engineering Design. Ninth Edition*.Page (219-220). United States: McGraw-Hill.
- [13] Imran,Muhammad, Naser Ahmed, and V. V Silberschmidt. 2010. “*2D finite element analysis of slot milling*,” Jurnal Machining Forming Technologies, vol. 2, no. 3–4, pp. 33–48.

