

**PEMBUATAN *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
MIKRO HIDRO (PLTMH) DENGAN DAYA MAKSIMAL 100  
WATT MENGGUNAKAN TURBIN TIPE *WHIRLPOOL***

**SKRIPSI**

**OLEH:  
RISWAN TANTO HORAS SILITONGA  
178130087**



**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 21/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)21/6/22

**PEMBUATAN *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
MIKRO HIDRO (PLTMH) DENGAN DAYA MAKSIMAL 100  
WATT MENGGUNAKAN TURBIN TIPE *WHIRLPOOL***

**SKRIPSI**

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

HALAMAN JUDUL

Oleh:  
**RISWAN TANTO HORAS SILITONGA**  
**NPM. 178130087**

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Pembuatan *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLMTH) Dengan Daya Maksimal 100 Watt Menggunakan Turbin Tipe *Whirlpool*.  
Nama Mahasiswa : Riswan Tanto Horas Silitonga  
NIM : 178130087  
Bidang Keahlian : Manufaktur

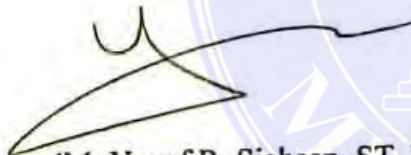
**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.**

Nama Dosen Pembimbing I : Indra Hermawan, ST, MT.  
NIDN : 0114048001  
Nama Dosen Pembimbing II : M. Yusuf R. Siahaan, ST, MT.  
NIP/NIDN : 0122078003

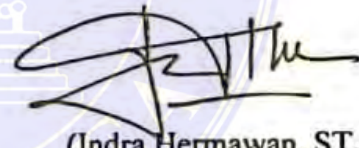
Medan, 12 April 2022

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing I



(M. Yusuf R. Siahaan, ST, MT.)  
NIDN. 0122078003



(Indra Hermawan, ST, MT.)  
NIDN. 0106058104

Diketahui Oleh :



(Kahmad Syah S.Kom, M.Kom)  
NIDN. 0105058804



(Indra Hermawan, ST, MT.)  
NIDN. 0106058104

## 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, 12 April 2022  
Hormat saya,



(Riswan Tanto Horas Silitonga)  
(178130087)



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

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

Nama : Riswan Tanto Horas Silitonga  
NPM : 178130087  
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-exclusive Royalti-free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**"Pembuatan *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLMTH) Dengan Daya Maksimal 100 Watt Menggunakan Turbin Tipe *Whirlpool*".**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas Royalti, non-eksklusif 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, 12 April 2022  
Yang menyatakan :



(Riswan Tanto Horas Silitonga)  
(178130087)

## ABSTRAK

Listrik merupakan sebagai salah satu kebutuhan yang penting bagi masyarakat. Mikro hidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro berarti air. Secara teknis mikro hidro memiliki tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin dan generator sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui proses pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLMTH) dengan daya maksimal 100 watt turbin tipe *whirlpool*, untuk membangun dan merakit *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLMTH), menganalisis proses pembuatan pembangkit listrik tenaga mikro hidro skala laboratorium, serta menganalisis rancangan anggaran biaya (RAB) pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLMTH). Pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini menggunakan turbin tipe *whirlpool* yang di mana komponennya antara lain tabung reservoir bawah, tabung *reservoir* atas, *waterway*, pintu air, tabung rumah turbin, turbin air, pompa air dan generator hasil penelitian yang di peroleh adalah proses pengerjaan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang dimana dimulai dengan proses pembuatan kerangka besi, proses pembuatan tabung *reservoir* bawah, proses pembuatan tabung *reservoir* atas, proses pembuatan *waterway*, proses pembuatan tabung rumah turbin, proses pembuatan turbin air dan kemudian proses perakitan serta menganalisis rancangan anggaran biaya (RAB). Pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro diawali dengan menganalisa kebutuhan, perancangan alat, pembuatan alat dan pengujian alat. Dari pengujian alat ini dapat beroperasi layaknya pembangkit listrik tenaga mikro hidro skala laboratorium dengan daya maksimum 100 watt maka dalam presentasi akhir 60-70 % kelayakan alat, sehingga dinyatakan layak sebagai mestinya dan proses pembuatan PLMTH dinyatakan selesai. Proses pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro menggunakan dua proses analisis yaitu: proses analisis pengerolan tabung dan proses analisis pengelasan. Dengan mengetahui rancangan anggaran biaya (RAB) maka layak dijadikan salah satu *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro skala laboratorium.

**Kata kunci :** Pembuatan, perakitan *prototype*, turbin *whirlpool*.

## ABSTRACT

*Electricity is one of the most important needs for society. Micro hydro is a term consisting of the words micro which means small and hydro means water. Technically, micro hydro has three main components, namely water as an energy source, turbine and generator as a converter of mechanical energy into electrical energy. The purpose of this study is to determine the process of making a prototype of a micro hydro power plant (PLMTH) with a maximum power of 100 watts of whirlpool type turbine, to build and assemble a prototype of a micro hydro power plant (PLMTH), to analyze the process of making a micro hydro power plant on a laboratory scale, as well as analyzing the draft budget (RAB) for micro hydro power plants (PLMTH). This micro hydro power plant uses a whirlpool type turbine whose components include the lower reservoir tube, upper reservoir tube, waterway, sluice gate, turbine housing tube, water turbine, water pump and generator. micro hydro power which starts with the process of making an iron frame, the process of making the lower reservoir tube, the process of making the upper reservoir tube, the process of making the waterway, the process of making the turbine house tube, the process of making a water turbine and then the assembly process and analyzing the design budget (RAB). Making a prototype of a micro hydro power plant begins with analyzing needs, designing tools, making tools and testing tools. From testing this tool can operate like a laboratory scale micro hydro power plant with a maximum power of 100 watts, in the final presentation 60-70% of the feasibility of the tool, so that it is declared feasible and the PLMTH manufacturing process is declared complete. The process of making a prototype of a micro hydro power plant uses two analytical processes, namely: the tube rolling analysis process and the welding analysis process. By knowing the design budget (RAB) it is appropriate to be used as one of the prototypes of a laboratory-scale micro hydro power plant.*

**Key words :** *Manufacture, prototype assembly, whirlpool turbine.*

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Riswan Tanto Horas Silitonga, dilahirkan di Medan, Kecamatan Medan Deli, Kabupaten Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara, tanggal 02 Februari 1999 dan Ayah bernama Marudut Silitonga dan Rumia BR Tampubolon, penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar pada tahun 2011 di SD SWASTA HOSANA MEDAN Kecamatan Medan Deli, Kabupaten Kota Medan, dan menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama pada tahun 2014 di SMP SWA BINA KARYA MEDAN Kecamatan Medan Timur, Kabupaten Kota Medan, dan juga penulis menyelesaikan Sekolah Menengah Atas di SMK NEGERI 5 MEDAN pada tahun 2017, Kecamatan Medan Timur, 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 ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan berupa kesehatan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penelitian ini merupakan Tugas Akhir guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Universitas Medan Area.

Dalam Penulisan dan penelitian skripsi ini banyak kendala yang penulis alami, namun berkat bantuan moril dan material dari berbagai pihak, maka skripsi ini dapat diselesaikan, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih :

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. Ibu Susilawati, S.Kom, M.Kom, selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Muhammad Idris, ST, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
5. Bapak Dr. Iswandi, ST, MT, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
6. Bapak Indra Hermawan, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II.
7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin di Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
8. Bapak Marudut Silitonga, Ibu RumiaTampubolon, Riana Nova Silitonga, S.E,

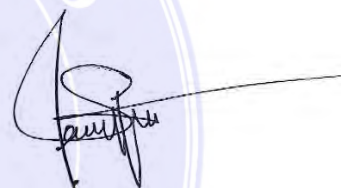
Srinani Silitonga, S.Kom dan Yesika Feronika Silitonga, selaku Orang Tua dan saudara perempuan saya yang telah memberi motivasi dan dukungan dalam pengerjaan skripsi.

9. Temen-temen tim dalam pembuatan mesin PLMTH yang telah bekerja sama.

Penulis berusaha untuk memberikan yang terbaik, tetapi penulis menyadari sebagai seorang manusia tentunya tidak luput dari segala kesalahan. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis meminta maaf jika dalam skripsi ini masih terdapat berbagai kesalahan dan kekurangan. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Medan, 12 April 2022

Penulis,

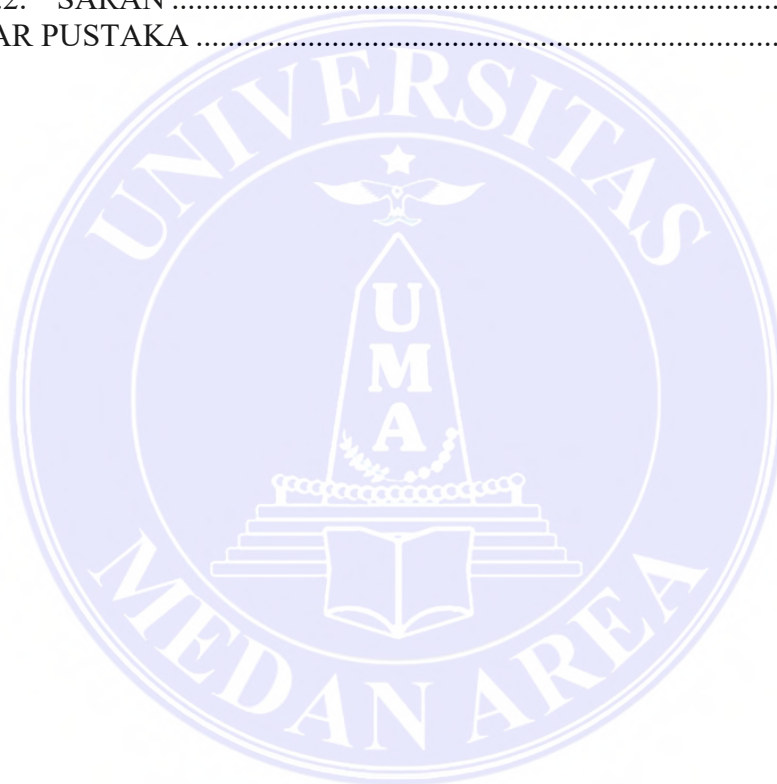


Riswan Tanto Horas Silitonga  
NPM. 178130087

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. <i>Prototype</i> .....	5
2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).....	5
2.3. Turbin <i>Whirlpool</i> .....	7
2.4. Komponen PLTMH.....	7
2.4.1. Tabung <i>Reservoir</i> Bawah .....	7
2.4.2. Tabung <i>Reservoir</i> Atas .....	8
2.4.3. <i>Waterway</i> .....	8
2.4.4. Pintu Air.....	8
2.4.5. Tabung Rumah Turbin.....	8
2.4.7. Turbin Air .....	8
2.4.7. Pompa Air .....	8
2.4.8. Generator DC .....	9
2.5. Analisis Proses Pembuatan.....	10
2.5.1 Mesin Roll .....	10
2.5.2 Pengelasan .....	10
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>12</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	12
3.1.1. Tempat Penelitian .....	12
3.1.2. Waktu Penelitian.....	12
3.2. Alat dan Bahan .....	13
3.2.1. Alat Penelitian .....	13
3.2.2. Bahan Penelitian .....	16
3.3. Prosedur Pembuatan.....	19
3.3.1. Desain Pembuatan Rangka Alat ( <i>Frame</i> ) .....	19
3.3.2. Desain Pembuatan Tabung <i>Reservoir</i> bawah .....	20
3.1.3. Desain Tabung <i>Reservoir</i> Atas .....	20

3.3.4. Desain Pembuatan <i>Waterway</i> .....	21
3.3.5. Desain Pembuatan Rumah Turbin .....	21
3.3.6. Desain Pembuatan Sudu Turbin .....	22
3.4. Diagram Alur Penelitian.....	23
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1. Hasil .....	24
4.1.1. Proses Pengerjaan <i>Prototype</i> PLMTH.....	24
4.2. Pembahasan .....	31
4.2.1. Menganalisis Proses Pembuatan PLMTH .....	31
4.2.2. Analisis Rancangan Anggaran Biaya (RAB) PLMTH.....	36
4.2.3. Unjuk Kerja <i>Prototype</i> PLMTH. ....	38
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1. KESIMPULAN .....	41
5.2. SARAN .....	42
DAFTAR PUSTAKA .....	43





## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian.....	12
Tabel 4.1. Hasil Biaya Bahan.....	37
Tabel 4.2. Hasil Biaya Produksi Alat.....	38



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Prinsip Kerja PLTMH. ....	6
Gambar 2.2.	Turbin <i>Whirpool</i> . ....	7
Gambar 2.3.	Pompa Air.....	9
Gambar 2.4.	Generator DC.....	9
Gambar 2.5.	Mesin Roll. ....	10
Gambar 2.6.	Rangka PLMTH ....	11
Gambar 3.1.	Mesin Las. ....	13
Gambar 3.2.	Gerinda Tangan. ....	14
Gambar 3.3.	Bor Tangan. ....	14
Gambar 3.4.	Mesin Roll Otomatis.....	15
Gambar 3.5.	Mesin Bending Plat Manual. ....	15
Gambar 3.6.	Besi Siku.....	16
Gambar 3.7.	Plat Besi Baja. ....	17
Gambar 3.8.	Pipa Saluran Air. ....	17
Gambar 3.9.	Elektroda.....	18
Gambar 3.10.	Pipa PVC Dan Water Mur Drat.....	18
Gambar 3.11.	Desain Pembuatan Rangka Alat ( <i>Frame</i> ).....	19
Gambar 3.12.	Desain Pembuatan Tabung <i>Reservoir</i> Bawah. ....	20
Gambar 3.13.	Desain Tabung <i>Reservoir</i> Atas.....	20
Gambar 3.14.	Desain Pembuatan <i>Waterway</i> Tampak Depan ....	21
Gambar 3.15.	Desain Pembuatan <i>Waterway</i> Tampak Atas.....	21
Gambar 3.16.	Desain pembuatan Rumah Turbin.....	21
Gambar 3.17.	Desain Pembuatan Sudu 6 Turbin. ....	22
Gambar 3.18.	Desain Pembuatan Sudu 4 Turbin. ....	22
Gambar 4.1.	Proses Pembuatan Kerangka Besi.....	24
Gambar 4.2.	Proses Pembuatan Tabung <i>Reservoir</i> Bawah.....	26
Gambar 4.3.	Proses Pembuatan Tabung <i>Reservoir</i> Atas.....	27
Gambar 4.4.	Proses Pembuatan <i>Waterway</i> .....	27
Gambar 4.5.	Proses Pembuatan Tabung Rumah Turbin.....	29
Gambar 4.6.	Proses Pembuatan Turbin Air 6 Sudu ....	30
Gambar 4.7.	Proses Pembuatan Turbin Air 4 Sudu ....	30
Gambar 4.8.	Dimensi Plat Bahan Baku.....	32
Gambar 4.9.	Sketsa Proses Pengerolan Plat Besi.....	32
Gambar 4.10.	Dimensi Plat Besi Tabung.....	33
Gambar 4.11.	<i>Prototype</i> Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLMTH).....	39
Gambar 4.12.	Uji Coba <i>Prototype</i> Pembangkit Listrik Mikro Hidro.....	40

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Listrik merupakan sebagai salah satu kebutuhan yang penting bagi masyarakat. Menyangkut kepentingan masyarakat luas terhadap penyediaan energi listrik harus terpenuhi dalam skala besar maupun skala kecil dengan harga yang murah tapi bermutu. Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hidro (PLTMH) adalah sumber energi terbarukan dan layak di implementasikan dalam dunia masyarakat.

Mikro hidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro berarti air. Secara teknis mikro hidro memiliki tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin dan generator sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pembangkit listrik tenaga air saat ini banyak menggunakan dalam skala besar. Untuk mengatasi penggunaan listrik yang sangat di perlukan maka pembangkit listrik tenaga mikro hidro dengan skala kecil adalah solusi terbaik.

Klasifikasi umum kapasitas pembangkit listrik air dibagi atas beberapa bagian antara lain tipe mikro hidro dengan kapasitas lebih kecil dari 100 kW, Mini Hidro dengan kapasitas 101-2000 kW, Small Hidro dengan kapasitas 2001-25000 kW dan Large Hidro dengan kapasitas lebih dari 25000 kW[1].

Berdasarkan penelitian terdahulu telah dilakukan implementasi *prototype* pembangkit listrik mikrohidro (PLMTH) dengan kinerja dari *prototype* pembangkit listrik tenaga dengan mikro hidro dengan debit air sebesar 8,5 lt/s di dapatkan

kecepatan putaran turbin 412 rpm, dengan kecepatan putaran sebesar 412 rpm tersebut dapat memutar generator yang dapat menghasilkan tegangan sebesar 17 volt, arus pengisian 0,196 ampere baterai dengan beban pengisian baterai 0,280 ampere [2].

Penelitian lainnya telah melakukan pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro menggunakan turbin *Cross-flow* yang menghasilkan 574,6 rpm putaran turbin sebelum disambungkan ke generator, 486 rpm putaran turbin setelah dihubungkan ke generator, 3309,2 rpm putaran turbin yang menghasilkan tegangan output 36,25 volt pada saat tanpa beban, serta 386,4 rpm putaran turbin maksimal dan 2584,4 rpm putaran generator maksimal yang menghasilkan tegangan output maksimal 28,18 volt dan arus output maksimal 0,422 ampere [3].

Kemudian penelitian lainnya telah menciptakan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang memiliki panjang 35 cm, lebar 21 cm, tinggi 26 cm secara matematis volume tersebut  $19110 \text{ cm}^3$  atau 19,11 liter yang generator digunakan mampu menghasilkan arus listrik Dc 12 volt dengan daya input maksimum 10 volt. Daya yang dihasilkan yaitu 1,91 Watt, 1,51 Watt dan 0,45 Watt untuk tiga variasi debit yang daya tertinggi terdapat pada debit masukan sebesar 2000 L/h yang berhasil menyalakan lampu led sedangkan daya terendah pada debit 1000L/h [4].

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan di jurusan teknik mesin Universitas Medan Area dalam mata kuliah sistem pembangkit listrik mahasiswa stambuk 2017 membuat *prototype* untuk menunjang salah satu proses praktikum di Universitas Medan Area. Pada *prototype* pembangkit listrik ini menggunakan



media air sebagai penggerak mula untuk memutar turbin dan generator sehingga dapat menghasilkan listrik. Penggunaan *prototype* tersebut mendukung dalam proses belajar mengajar.

Menanggapi permasalahan diatas peneliti bermaksud melakukan pembuatan *prototype* dengan judul:

“Pembuatan *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH) Dengan Daya Maksimal 100 Watt Menggunakan Turbin Tipe *Whirlpool*”.

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah bagaimana membuat dan merakit *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLMTH) dengan daya maksimal 100 Watt menggunakan turbin tipe *whirlpool*?

### 1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka batasan permasalahan yang akan diteliti dalam skripsi ini adalah :

1. Pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan daya maksimal 100 Watt.
2. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dengan menggunakan turbin tipe *whirlpool*.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui proses pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro

- (PLMTH) dengan daya maksimal 100 Watt turbin tipe *whirlpool*.
2. Untuk membangun dan merakit *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLMTH) dengan turbin tipe *whirlpool*.
  3. Menganalisis proses pembuatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro skala laboratorium.
  4. Menganalisis (RAB) Rancangan Anggaran Biaya pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagi penulis, dapat menyelesaikan program perkuliahan Sarjana Universitas Medan Area.
2. Memberikan sumbangsih ilmiah dalam pengembangan Ilmu Pengetahuan.
3. Untuk membantu mempelajari dan memahami pembangkit tenaga listrik. Serta mampu menjadi buku tambahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. *Prototype*

*Prototype* adalah model awal atau contoh yang dibuat untuk melakukan uji coba terhadap konsep yang sudah diperkenalkan ataupun yang sudah ada. *Prototype* merupakan sebuah alat ataupun benda nyata yang mengekspresikan benda tersebut yang dalam proses perencanaan.

Penggunaan *prototype* dapat membantu dan memahami meningkatkan pemahaman dan daya serap mahasiswa terhadap materi pelajaran yang dipelajari. Beberapa manfaat dalam membuat *prototype* adalah:

1. Mendapatkan gambaran konkret.
2. Hemat biaya dalam proses pembuatan dan pengujian.
3. Pengembangan produk baru.

#### 2.2. **Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)**

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) atau disebut dengan mikro hidro adalah salah satu pembangkit listrik dengan tergolong *renewable energy*. Pembangkit mikro hidro tergolong pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai penggerak mula pada turbin. contoh dari tempat mikro pada turbin. contoh dari tempat mikro hidro yaitu seperti saluran irigasi, air terjun, sungai pada hidro yaitu seperti saluran irigasi, air terjun, sungai pada alam dengan memanfaatkan *head* pada aliran air dan jumlah debit air[5].

$$P = \rho \times g \times Q \times H \times \eta \dots \dots \dots \text{(Pers 2.1.)}$$

dinamika:

$P$  = Daya yang dibangkitkan PLTMH (Watt)

$\rho$  = Massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

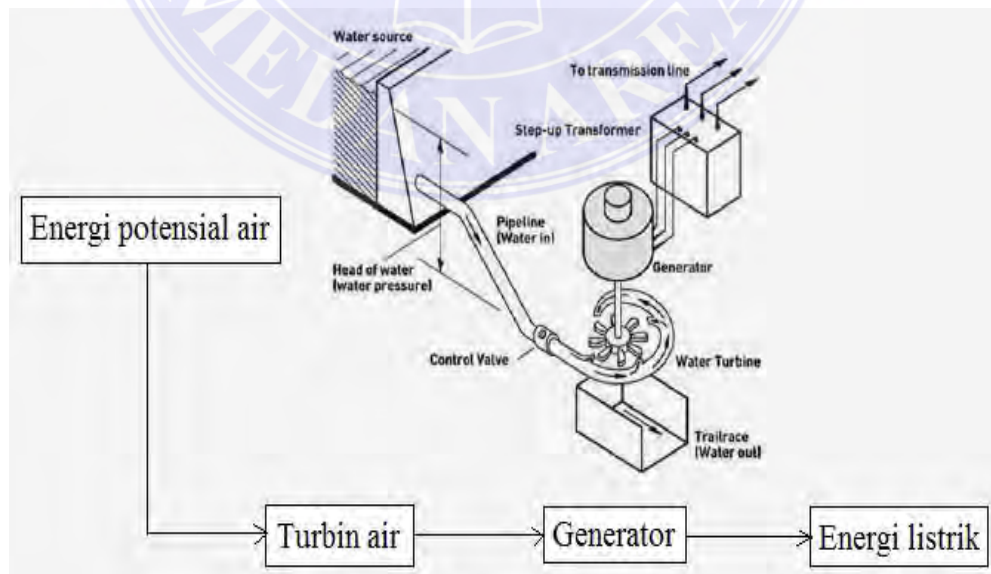
$g$  = Gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

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

$H$  = Ketinggian (m)

$\eta$  = Efisiensi Sistem PLTMH

Pembangkit listrik memiliki prinsip kerja dengan memanfaatkan beda ketinggian air dan jumlah debit aliran air yang di manfaatkan untuk pembangkit listrik tersebut. Secara teknik mikro hidro memiliki 3 komponen utama yaitu: air sebagai sumber energi, turbin dan generator. Turbin air adalah mesin konversi energi yang mengubah energi mekanik energi kinetik lalu menjadi energi potensial dan dari energi potensial menjadi energi listrik[3]. Skema prinsip kerja PLTMH terdapat pada gambar 2.1.

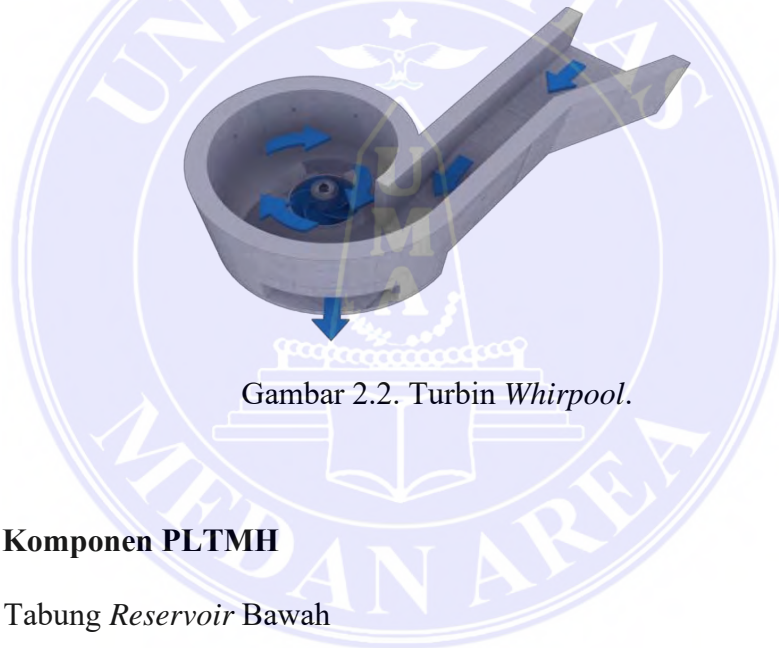


Gambar 2.1. Prinsip Kerja PLTMH.



### 2.3. Turbin Whirlpool

Turbin *whirlpool* adalah suatu rotor sederhana dimana hanya memiliki satu komponen yang bergerak, sehingga memiliki perawatan yang mudah dan umur yang panjang. Turbin ini memanfaatkan pusaran air untuk menggerakkan turbin dengan bantuan rumah keong. Menurut Turbulent seiring dengan berjalannya waktu pembangkit listrik dengan kapasitas yang besar semakin berkurang ke berlanjutannya dan turbin ini bisa mengatasi keberlanjutan energi air[6]. Turbin *Whirlpool* terdapat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Turbin *Whirlpool*.

### 2.4. Komponen PLTMH

#### 2.4.1. Tabung *Reservoir* Bawah

Pada umumnya pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini menggunakan bendungan, namun dalam pembuatan skala prototype pembangkit listrik tenaga mikro menggantikan bendungan dengan bak penampung atau tabung *reservoir*. Tabung *reservoir* adalah tabung penampungan air pertama sebelum air di naikan ketabung *reservoir* atas yang menggunakan pompa. Tabung reservoir bawah memiliki jumlah 2 tabung, yang menghubungkan kedua tabung adalah sebuah pipa besi.

#### 2.4.2. Tabung *Reservoir* Atas

Tabung *Reservoir* atas adalah tabung yang digunakan untuk menampung air dari tabung *reservoir* bawah menuju tabung *reservoir* atas. Tabung *reservoir* atas ini yang akan terhubung dengan tabung turbin melalui jalur air atau disebut dengan jalur *waterway*.

#### 2.4.3. *Waterway*

*Waterway* atau disebut dengan jalur air yang berfungsi sebagai tempat jalur aliran air yang berasal dari tabung *reservoir* menuju tabung rumah turbin.

#### 2.4.4. Pintu Air

Pintu Air berfungsi untuk mengatur volume air yang akan masuk ke tabung turbin melalui *waterway*.

#### 2.4.5. Tabung Rumah Turbin

Tabung Rumah Turbin adalah tabung jalur air terakhir yang akan jatuh kedalam tabung *reservoir* bawah. Tabung rumah turbin yang digunakan untuk menempatkan 2 buah turbin dengan sudu yang berbeda yaitu: 4 sudu dan 6 sudu.

#### 2.4.6. Turbin Air

Turbin Air adalah turbin air yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Energi mekanis tersebut diubah dengan generator listrik yang menghasilkan arus listrik. Tipe turbin air yang dipakai pada *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro adalah tipe turbin *whirlpool* dengan menggunakan turbin 4 buah sudu dan 6 buah sudu.

#### 2.4.7. Pompa Air

Pompa air adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan atau fluida dari tabung *reservoir* bawah ke tabung *reservoir* atas melalui saluran (pipa)

dengan menggunakan tenaga listrik untuk mendorong air yang dipindahkan secara terus menerus yang pasang dengan alat tekanan air (pressure gauge). Pompa air yang digunakan adalah pompa air untuk sumur dengan jenis Sumizu PS-135 E. Gambar pompa air dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Pompa Air.

#### 2.4.8. Generator DC

Generator DC adalah sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator DC disebut juga arus searah[7]. Generator yang dipakai dalam pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLMTH) dengan kapasitas 100 Watt. Gambar generator DC dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Generator DC.

## 2.5. Analisis Proses Pembuatan

Proses pembuatan mesin menetapkan langkah dalam proses pembuatan dengan berdasarkan tahapan pengerjaan dan waktu pembuatan yang diketahui sebagai berikut :

### 2.5.1. Mesin Roll

Proses pengerolan merupakan bagian dari proses pembentukan PLTMH yang bekerja merubah bentuk benda kerja menjadi produk yang diinginkan.

Proses pengerolan dilakukan dengan menggunakan mesin rol, mesin rol membentuk plat menjadi tabung menggunakan rol penekan dan rol penahan. Gambar proses mesin rol dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Proses Mesin Roll.

Waktu pengerolan  $t$  (dt), dapat menggunakan rumus:

$$t = h/V \dots\dots\dots(2.2.)$$

dimana :

$h$  = Panjang benda kerja yang diroll = (mm) = (m)

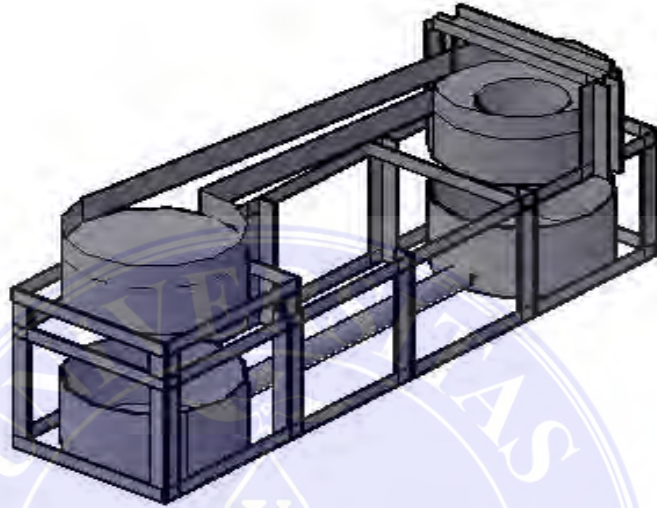
$V$  = Kecepatan Pengerolan (m/dt)

### 2.5.2. Pengelasan

Pengelasan merupakan salah satu jenis penyambungan diantara penyambungan yang lain seperti baut dan keling. Berbeda antara keduanya bahwa



pengelasan PLTMH membutuhkan perhatian yang khusus diantaranya jenis pengelasan, klasifikasi pengelasan, dan karakteristiknya. Gambar rangka PLTMH dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Rangka PLMTH

Energi panas yang diberikan pada operasi pengelasan tergantung pada aliran arus listrik, resistansi rangkaian, dan panjang waktu arus dialirkan, seperti rumus berikut ini.

$$H = I^2 R t \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

H = panas yang dihasilkan, W-sec. atau J (1 J= 1/1055 Btu)

I = arus listrik, A;

R = resistansi listrik,  $\Omega$ ;

t = waktu, detik (sec.)

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

##### 3.1.1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area yang beralamat di Jalan Kolam No.1 Medan Estate. Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan oleh pengelola program studi sampai dinyatakan selesai yang direncanakan berlangsung selama waktu yang akan ditentukan.

##### 3.1.2. Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2021, dengan detail jadwal tugas akhir seperti terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian.

No	Kegiatan	Tahun 2022											
		Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	
1.	Studi Literatur	■											
2.	Penyusunan Proposal	■	■										
3.	Seminar Proposal			■									
4.	Pembuatan Alat			■	■								
5.	Pengujian Alat				■	■							
6.	Analisa Data					■	■						
7.	Penulisan Laporan					■	■	■	■	■	■	■	■
8.	Seminar Hasil											■	■
9.	Ujian Sidang												■

## 3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

### 3.2.1. Alat Penelitian

#### a. Mesin Las

Mesin Las adalah mesin yang dapat menyambung besi menjadi satu rangkaian utuh sehingga dapat membentuk sebuah bentuk yang anda inginkan atau butuhkan. Prinsip kerjanya adalah dengan cara membakar besi atau menyambung dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Mesin las yang digunakan dalam proses pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) Dengan Daya 300 Watt Dengan menggunakan mesin las Lakoni Basic dengan voltase 220V/50Hz dengan daya listrik 450 Watt. Gambar mesin las dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Mesin Las.

#### b. Mesin Gerinda Tangan

Mesin gerinda adalah salah satu mesin perkakas yang digunakan untuk mengasah/memotong ataupun menggerus benda kerja dengan tujuan atau kebutuhan tertentu. Prinsip kerja mesin gerinda adalah batu gerinda berputar

bersentuhan dengan benda kerja sehingga terjadi pengikisan, penajaman, pengasahan, atau pemotongan. Mesin gerinda tangan yang dilakukan untuk pemotongan besi plat dan plat siku dengan menggunakan mesin gerinda tangan makita dengan daya listrik 600 Watt. Gambar gerinda tangan dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Gerinda Tangan.

c. Mesin Bor Tangan

Mesin Bor merupakan alat yang bisa digunakan untuk membuat lubang, alur, perluasan, dan penghalusan dengan presisi dan keakuratan. Mesin gerinda tangan yang dilakukan untuk pegelubangan terhadap plat dengan menggunakan mesin bor tangan RYU dengan daya 600 Watt. Gambar bor tangan dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Bor Tangan.



d. Mesin Roll Otomatis.

Mesin roll plat atau gulung plat adalah mesin yang penting dalam pembuatan plat bulat atau tangki karena mesin ini mampu menggulung plat sehingga membentuk profil kurva lingkaran. Gambar mesin roll otomatis dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Mesin Roll Otomatis.

e. Mesin Bending Plat Manual

Mesin bending adalah mesin dengan proses dalam pembengkokan atau penekukan plat dengan manual ataupun otomatis. Proses bending adalah proses perubahan bentuk dari plat yang mengalami perubahan luas permukaan dengan menggunakan bantuan cetakan dan pembentuk. Gambar mesin bending plat manual dapat dilihat pada gambar 3.5.



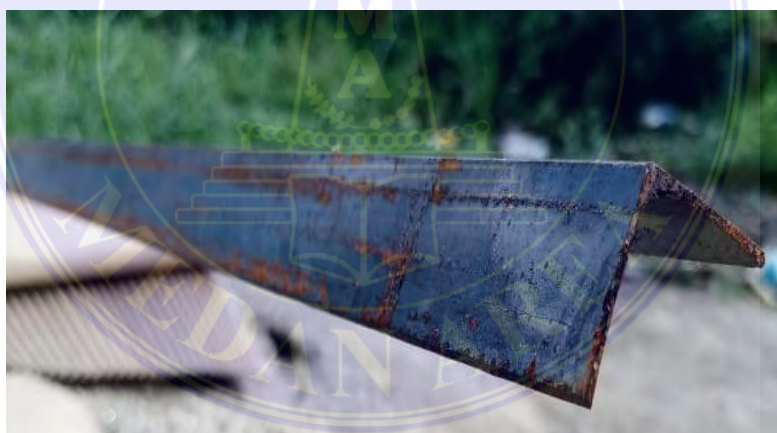
Gambar 3.5. Mesin Bending Plat Manual.



### 3.2.2. Bahan Penelitian

#### a. Besi Siku

Besi siku adalah batang material yang terbuat dari logam besi berpenampang siku membentuk sudut  $90^\circ$  besi siku salah satu material penting dalam industri konstruksi yang diproduksi dengan panjang standart 6 meter. Namun besi siku memiliki ukuran lebar penampang dan ketebalan yang bervariasi antara lain 2 cm, 3 cm, 4 cm dan 5 cm, sementara tebalnya sekitar 1,4 mm hingga 3,4 mm. Sebagai contoh besi siku dengan penampang 40 x 40 mm dan ketebalan 2,2 mm. Besi siku yang digunakan dalam pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) adalah besi siku L50 dengan ketebalan 2,5 mm. Gambar siku L50 dengan tebal 2,5 mm dapat ditunjukkan pada gambar 3.6.

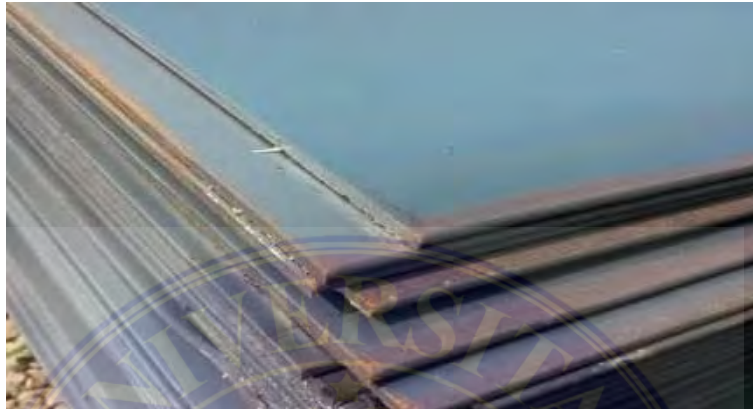


Gambar 3.6. Besi Siku.

#### b. Plat Besi Baja

Plat besi baja merupakan jenis plat yang digunakan sebagai material untuk konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penyambung konstruksi profil, pembuatan tangki ataupun tabung air dan *waterway*. Plat besi hitam yang digunakan dalam pembuatan tangki ataupun tabung dan *waterway* pada *prototype* pembangkit

listrik mikro hidro (PLTMH) dengan ukuran 3 mm sebagai plat tabung, 1,2 mm sebagai plat *waterway* dan ukuran plat 1 mm sebagai sudu turbin. Gambar plat besi baja dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Plat Besi Baja.

c. Pipa Untuk Saluran Air

Pipa besi baja terbuat dari baja yang banyak digunakan sebagai pipa saluran air limbah ataupun gas. Bahannya sangat kuat dan kokoh sehingga dijamin tidak mengalami kebocoran. Pipa besi saluran air yang digunakan dalam pembuatan *prototype* pembangkit listrik mikro hidro (PLMTH) memakai ukuran ketebalan 2,5 mm dan diameter 4 inch. Gambar pipa besi saluran air dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8. Pipa Saluran Air.

d. Elektroda.

Kawat las atau yang sering disebut dengan elektroda adalah suatu material yang digunakan untuk melakukan pengelasan listrik yang berfungsi sebagai pembakar yang akan menimbulkan busur nyala. Sebagai salah satu bagian penting dalam proses pengelasan. Elektroda yang digunakan dalam pengelasan pembuatan *prototype* pembangkit listrik mikro hidro (PLMTH) memakai kawat las ukuran NK-68  $\varnothing 2.6 \times 350$  mm. Gambar elektroda dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Elektroda

e. Pipa PVC Dan Water Mur Drat

Pipa air berfungsi sebagai media penyalur dari pompa yang berukuran 3/4 dan water mur berfungsi sebagai penyambungan mesin pompa ke pipa yang berukuran 3/4. Gambar pipa dan water mur dapat dilihat pada gambar 3.10.



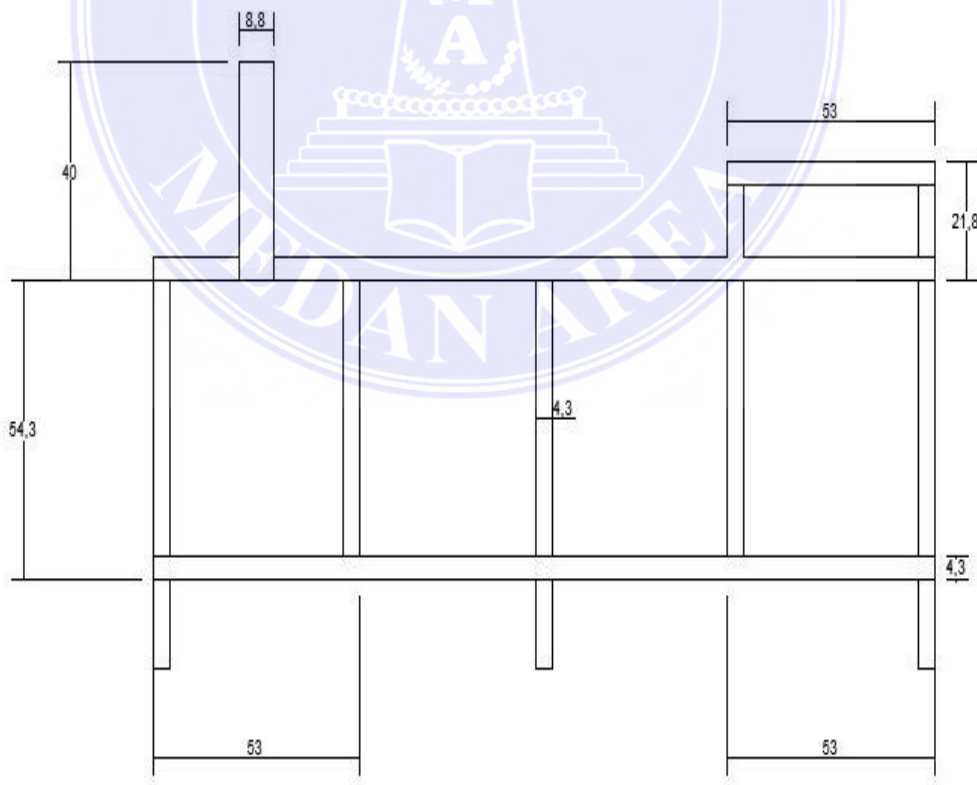
Gambar 3.10. Pipa PVC Dan Water Mur Drat

### 3.3. Prosedur Pembuatan

Proses pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLMTH) menggunakan turbin *whirlpool* meliputi proses pembuatan. Proses ini sangat penting dalam pengerjaan yang akan dilakukan dalam pembuatan mesin *prototype* tenaga listrik mikro hidro. Pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro dibuat berdasarkan desain rangka dan komponen yang ada pada pembangkit listrik. Proses pembuatannya meliputi desain sebagai berikut:

#### 3.3.1 Desain Pembuatan Rangka Alat (*Frame*)

Proses pembuatan rangka yang akan dilakukan dengan cara mengetahui desain dan dimensi yang akan dibuat terlebih dahulu. Gambar desain rangka dapat dilihat pada gambar 3.11. dan lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 3.11. Desain Pembuatan Rangka Alat (*Frame*)



### 3.3.2 Desain Pembuatan Tabung *Reservoir* bawah

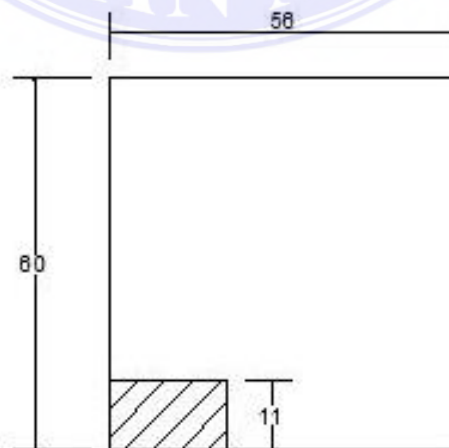
Proses pembuatan tabung *reservoir* bawah dilakukan dengan cara mengetahui desain dan dimensi yang akan dibuat terlebih dahulu. Gambar desain tabung *reservoir* bawah dapat dilihat pada gambar 3.12. dan lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 3.12. Desain Pembuatan Tabung *Reservoir* Bawah.

### 3.1.3. Desain Tabung *Reservoir* Atas

Tabung *reservoir* atas menggunakan drum minyak berdiameter 56 cm. Gambar desain tabung *reservoir* atas dapat dilihat pada gambar 3.13. dan lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran.

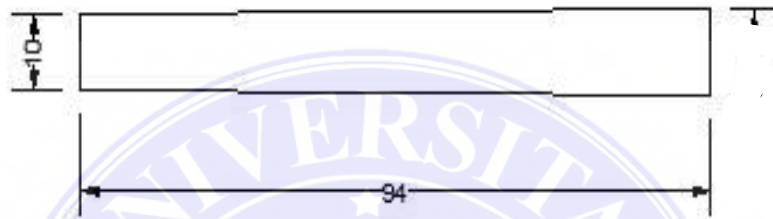


Gambar 3.13. Desain Tabung *Reservoir* Atas



### 3.3.4. Desain Pembuatan *Waterway*

Proses pembuatan *waterway* dilakukan dengan cara mengetahui desain dan dimensi yang akan dibuat terlebih dahulu. *Waterway* atau jalur air dibuat dari plat besi baja dengan proses bending (lekukan). Gambar desain *waterway* dapat dilihat pada gambar 3.14 dan gambar 3.15. lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran.



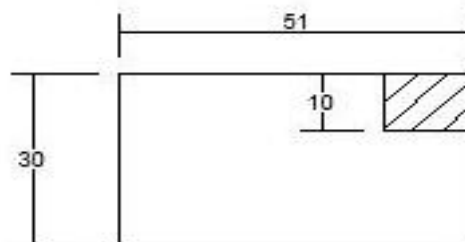
Gambar 3.14. Desain Pembuatan *Waterway* Tampak Depan



Gambar 3.15. Desain Pembuatan *Waterway* Tampak Atas

### 3.3.5. Desain Pembuatan Rumah Turbin

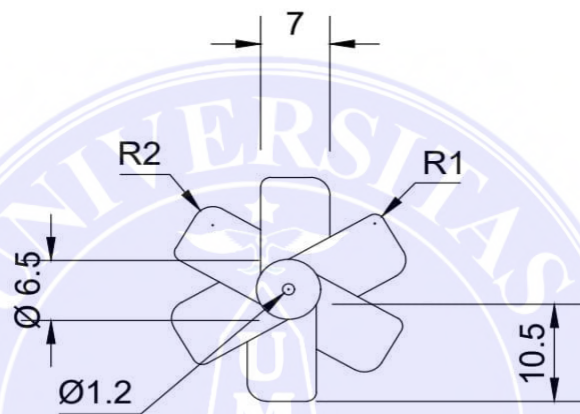
Proses pembuatan rumah turbin dilakukan dengan cara mengetahui desain dan dimensi yang akan dibuat terlebih dahulu. Gambar desain rumah turbin dapat dilihat pada gambar 3.16. dan lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran.



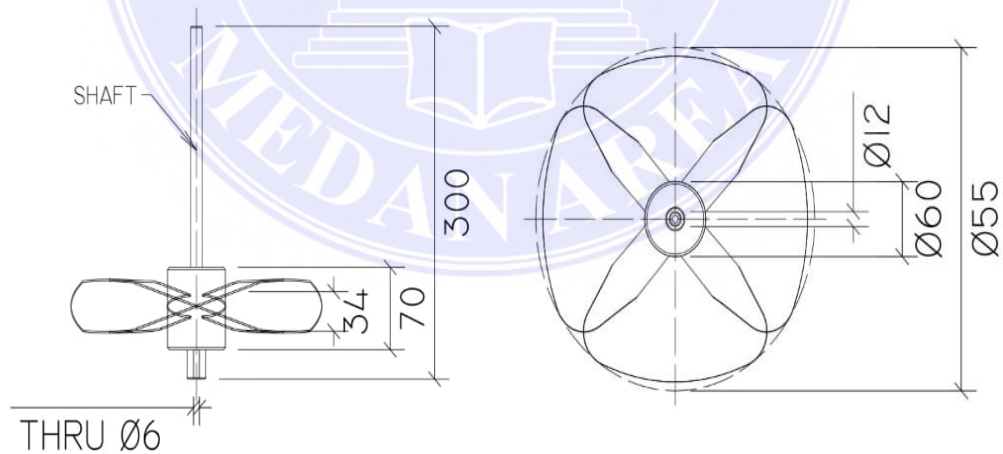
Gambar 3.16. Desain pembuatan Rumah Turbin

### 3.3.6. Desain Pembuatan Sudu Turbin

Proses pembuatan sudu turbin menggunakan besi plat baja dengan jumlah sudu 4 buah sudu dan 6 buah sudu yang di sambungan As. Gambar desain pembuatan sudu turbin dapat dilihat pada gambar 3.17 dan gambar 3.18. dan lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran.

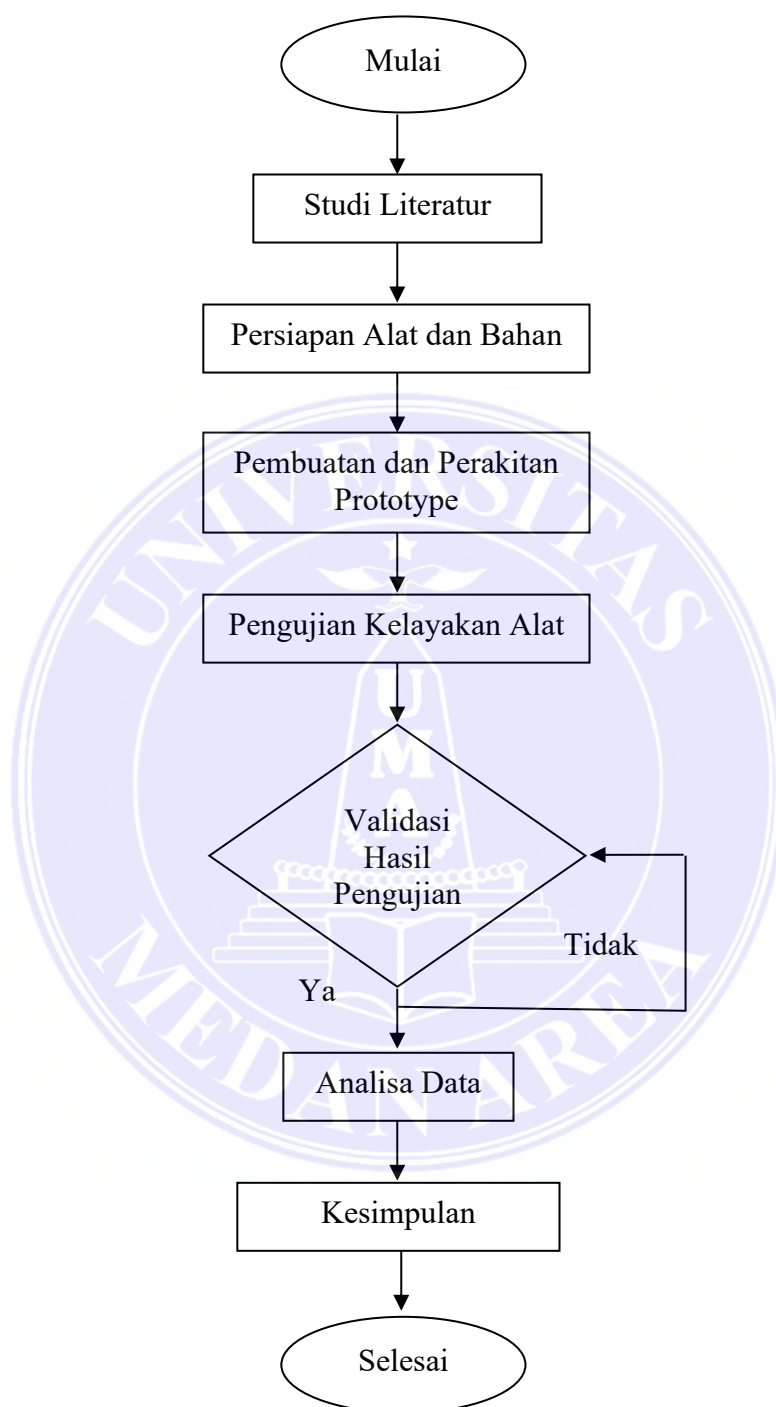


Gambar 3.17. Desain Pembuatan Sudu 6 Turbin.



Gambar 3.18. Desain Pembuatan Sudu 4 Turbin.

### 3.4. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.19. Diagram Alur Penelitian.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

Setelah selesai mengerjakan proyek akhir dengan judul “Pembuatan *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH) Dengan Daya Maksimal 100 Watt Menggunakan Turbin Tipe *Whirlpool* sampai dengan akhir penyusunan ini maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro diawali dengan menganalisa kebutuhan, perancangan alat, pembuatan alat dan pengujian alat. Dari pengujian alat ini dapat beroperasi layaknya pembangkit listrik tenaga mikro hidro skala laboratorium dengan daya maksimum 100 watt maka dalam presentasi akhir 60-70 % kelayakan alat, sehingga dinyatakan layak sebagai mestinya dan proses pembuatan PLMTH dinyatakan selesai.
2. Dari proses pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro diketahui proses pembuatannya dimulai dari pembuatan kerangka besi, pembuatan tabung *reservoir* bawah, tabung *reservoir* atas, pembuatan *waterway*, pembuatan tabung rumah turbin, pembuatan sudu turbin.
3. Berdasarkan proses pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro menggunakan dua proses analisis yaitu: proses analisis pengerolan tabung dan proses analisis pengelasan.
4. Berdasarkan analisis rancangan anggaran biaya (RAB) dengan total biaya pembuatan alat *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro adalah sebesar Rp8.911.000. Dengan mengetahui rancangan anggaran biaya (RAB)

maka layak dijadikan salah satu *prototype* PLMTH skala laboratorium.

## 5.2. SARAN

Bedasarkan pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro, saran penulis yang ingin di sampaikan adalah sebagai berikut :

1. Diharapkan bagi penelitian selanjutnya memperhatikan bagian kebocoran di bagian pintu air dan *waterway* karena dapat mengurangi efisiensi debit air yang di peroleh.
2. Menggunakan pompa air yang daya keluaranya pompa lebih besar agar debit air yang di hisap dan keluar continue.
3. Dalam pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro membuat *waterway* yang bervariasi.
4. Diharapkan pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini bisa di implementasikan di aliran arus air yang deras.

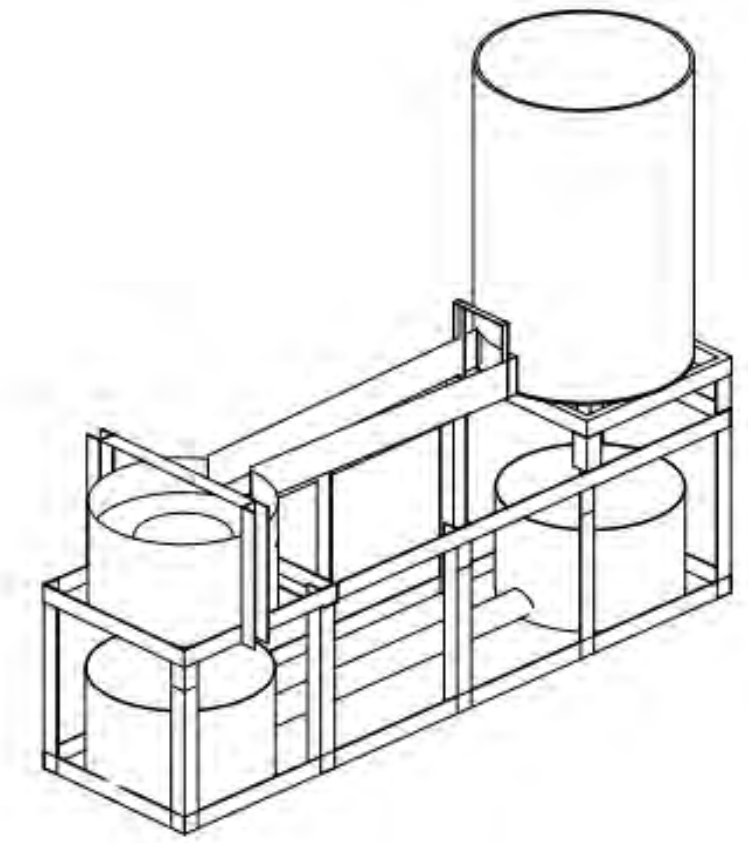
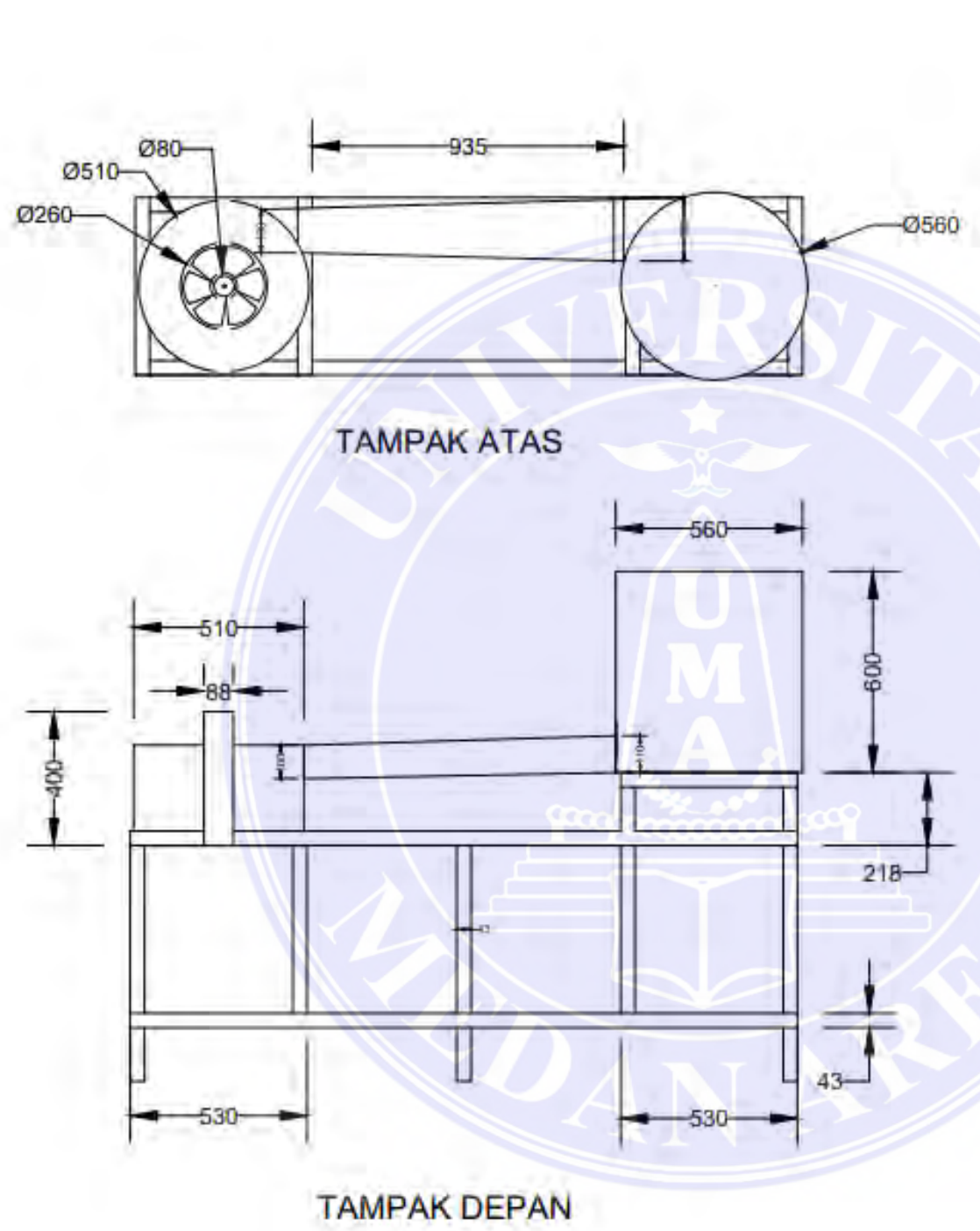


## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Aida S, Sahrul, Lety T, "Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro ( PLTMH ) Turbin Pelton Kapasitas 300 Watt Kajian Debit Dan Arah Aliran Pada Alat," *Jurnal Seniati*, vol. 02, no.01, pp. 118–122, 2019.
- [2] D. Setiawan Wie, "Perencanaan Dan Implementasi Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh)," *Jurnal. Teknik. Elektro*, vol. 7, no. 01, 2017.
- [3] Putu Andrian Wiranata, I Gusti Ngurah Janardana, I Wayan Arta Wijaya, D. Program, S. Teknik, F. Teknik, and K. B. Jimbaran, "Output Pada Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro ( Pltmh ) Dengan Menggunakan Turbin Crossflow," vol. 7, no. 3, 2020.
- [4] D. S. Wahyuni, "Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (pltmh)," *Jurnal Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, vol. 5, no. 1, p. 55, 2020.
- [5] B. Sutanto, Y. D. Herlambang, Bono, A. S. Alfauzi, and D. A. Munawwaroh, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun," *Teknik Energi Vol.17 No.1 Januari 2021 15*," *J. Tek. Energi*, vol. 17, no. 1, pp. 15–24, 2021.
- [6] K. Umurani, A M Siregar, Surya Al-Amin," Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja," *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi Pengaruh*," vol. 3, no. 2, pp. 103–111, 2020.
- [7] P. Ayu Armi and Sepdian, "Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro," *Jurnal Elektronika, Listrik dan Teknologi Informasi Terapan.*, vol. 1, no. 1, pp. 28–32, 2019.

**LAMPIRAN**



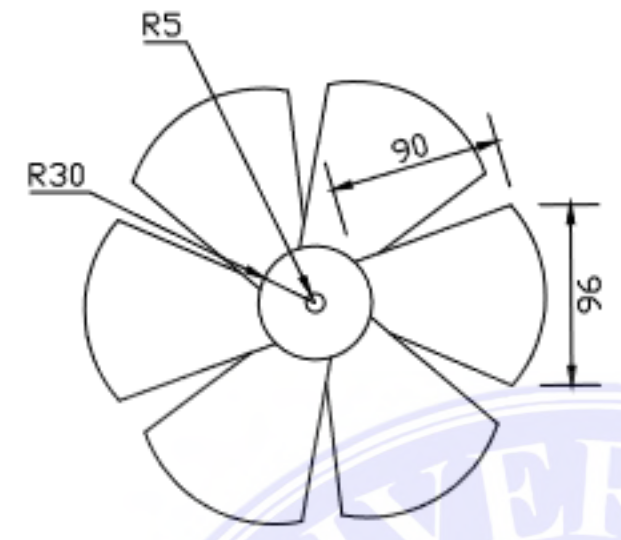


NO	JUM LAH	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
KEKASARAN DALAM		TOLERANSI SNI		DIGAMBAR : Riswan Tanto Silitonga	
		SKALA : 1:20	NPM : 178130087		PERINGATAN
		UKURAN : mm	DIPERIKSA 1 : INDR A HERMAWAN ST, MT		
		TANGGAL : 12-01-2022	DIPERIKSA 2 : M. YUSUF RAHMANSYAH SUHMAN ST, MT		
UNIVERSITAS MEDAN AREA			RANGKA TURBIN WHIRLPOOL		NO : 01 A3

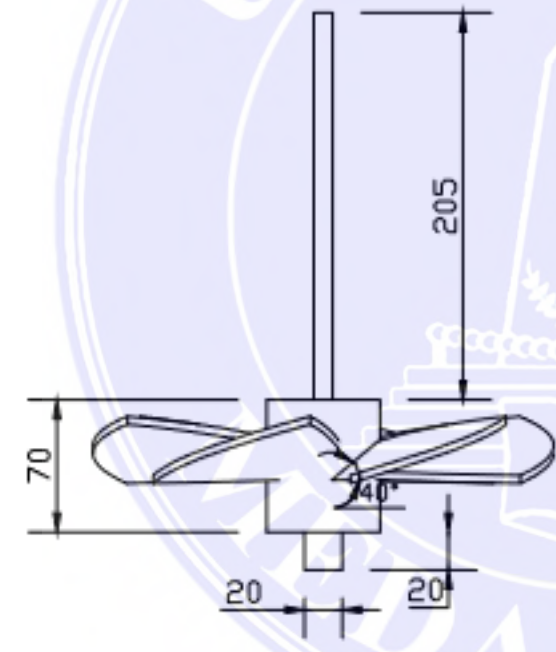
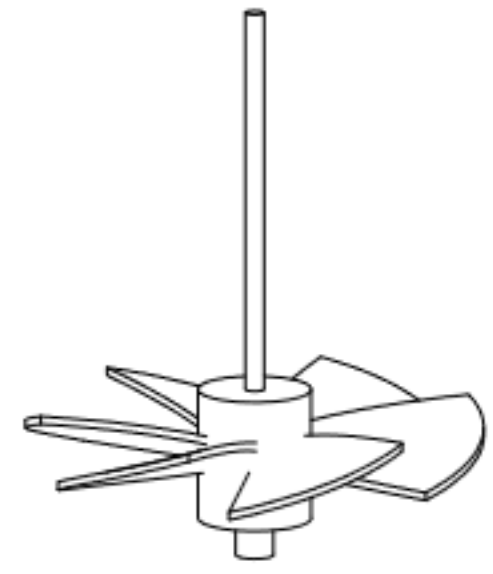
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© 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



TAMPAK ATAS



TAMPAK DEPAN

NO	JUM LAH	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
		KEKASARAN DALAM	TOLERANSI SNI	DIGAMBAR : Riswan Tanto Horas	
				NPM : 178130087	PERINGATAN
				DIPERIKSA 1 : INDRA HERMAWAN , ST, MT	
				DIPERIKSA 2 : M Yusuf Rahmansyah Siahaan ST, MT	
		UNIVERSITAS MEDAN AREA	SUDU TURBIN WHIRLPOOL		NO . 01
					A3



