

TUGAS AKHIR

PEMBUATAN ALAT PEMBANGKIT TENAGA GELOMBANG AIR MENJADI ENRGI LISTRIK

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

**GIANTO
1607230018**



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Gianto
NPM : 1607230018
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pembuatan Alat Pembangkit Tenaga Gelombang
Air Menjadi Energi Listrik
Bidang ilmu : Kontruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji



M Yani S.T., M.T.

Dosen Penguji



Sudirman Lubis S.T., M.T.

Dosen Penguji



Chandra A Siregar S.T., M.T.

Program Studi Teknik Mesin

Ketua,



Attandi, S.T., M.T.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Gianto
Tempat /Tanggal Lahir : Teluk Panji I, 06 Mei 1998
NPM : 1607230018
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pembuatan Alat Pembangkit Tenaga Gelombang Air Menjadi Energi Listrik”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2021

Saya yang menyatakan,



Gianto

ABTRAK

Di dunia memiliki beberapa macam pembangkit listrik diantaranya Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dan sebagainya. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut sebagian besar bersumber dari hasil pembakaran energi fosil berupa energi gas alam, minyak bumi, dan batu-bara. Keseluruhan pembangkit-pembangkit yang sudah ada ini, tentu saja menimbulkan permasalahan terhadap lingkungan yang mengakibatkan berkurangnya cadangan energi fosil. Untuk mengantisipasi hal tersebut perlu dilakukan suatu upaya dalam penyediaan energi listrik berbahan bakar alternatif. Indonesia memiliki wilayah perairan yang menyimpan potensi energi gelombang laut yang sangat besar. Energi gelombang laut merupakan energi yang sifatnya dapat diperbaharui serta selalu tersedia sepanjang waktu. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan sebagai langkah awal dari pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTG). Pembuatan miniatur alat pembangkit tenaga gelombang air yang bertujuan untuk menghitung besarnya jumlah energi gelombang air yang dibutuhkan pada pembangkit listrik tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik pendulum dan kolam osilasi. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapat hasil percobaan untuk menghitung energi gelombang air. Ada tiga percobaan yang dilakukan, pada percobaan pertama dengan volume air $0,6 \text{ m}^3$ didapat energi gelombang $0,08 \text{ J}$ dan energi *density* gelombang $0,12 \text{ J/m}^2$, percobaan kedua dengan volume air $0,8 \text{ m}^3$ didapat energi gelombang $2,3 \text{ J}$ dan energi *density* gelombang $3,06 \text{ J/m}^2$, sedangkan pada percobaan yang ketiga dengan volume air $0,9 \text{ m}^3$ didapat energi gelombang $4,28 \text{ J}$ dan energi *density* gelombang $4,14 \text{ J/m}^2$.

Kata Kunci : pembuatan alat, pembangkit, gelombang Air, energi listrik

ABSTRACT

In this world there are several types of power plants including Hydro Power Plant (PLTA), Steam Power Plant (PLTU), Nuclear Power Plant (PLTN), Solar Power Plant (PLTS), Diesel Power Plant (PLTD) and so on. . To meet the demand for electrical energy, most of the sources come from the combustion of fossil energy in the form of natural gas, petroleum and coal. All of these existing generators, of course, cause problems for the environment which result in reduced reserves of fossil energy. To anticipate this it is necessary to make an effort to provide electric energy with alternative fuels. Indonesia has a water area that holds a very large potential for ocean wave energy. Ocean wave energy is energy that is renewable and is always available at all times. Therefore, this study aims to be the first step in the development of the Ocean Wave Power Plant (PLTG). Making a miniature water wave power generator that aims to calculate the amount of water wave energy required in a wave power plant by applying the pendulum technique and the oscillation column. From the results of the research that has been done, the experimental results are obtained to calculate the energy of water waves. There are three experiments conducted, in the first experiment with a water volume of 0.6 m³ a wave energy of 0.08 J and a wave energy of 0.12 J/m² was obtained, the second experiment with a volume of water of 0.8 m³ obtained a wave energy of 2.3 J and energy density wave 3.06 J/m², while in the third experiment with a water volume of 0.9 m³ obtained 4.28 J wave energy and wave density energy 4.14 J/m².

Keywords: manufacture of test equipment, generator, sea waves, electrical energy

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pembuatan Alat Pembangkit Tenaga Gelombang Air Menjadi Energi Listrik” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Chandra A Siregar S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak M Yani, S.T., M.T selaku dosen penguji 1 yang telah banyak mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak M Yani, S.T., M.T selaku dosen penguji 1 yang telah banyak mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin , Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik Mesinan kepada penulis.
7. Orang tua saya : Bapak Alm Pardamean dan Ibu Armaini, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhamadiyah Sumatera Utara.

9. Sahabat-sahabat penulis: Mhd Diki Saragih, Imam Akbar Tanjung, Fahrin Syaputra Siregar, Andri Mustafa, Syaifi, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia industri Teknik Mesin.

Medan, Maret 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to be the name 'Gianto', written in a cursive style.

Gianto

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Gelombang Laut	4
2.2. Sifat-Sifat Gelombang	6
2.2.1. Gelombang Linier	6
2.2.2. Gelombang Non-Linier	7
2.2.2.1. Gelombang <i>Stokes</i>	7
2.2.2.2. Gelombang <i>Soliter</i>	8
2.3. Proses Terjadinya Gelombang Laut	9
2.3.1. Gelombang Akibat Pengaruh Angin	9
2.3.2. Terjadinya Air Pasang	10
2.4. Penentuan Lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut	11
2.5. Komponrn Pembangkit Alat Uji Gelombang Laut	12
2.6. Teori Tambahan	12
2.7. Rumus Perhitungan pembangkit Tenaga Gelombang Air	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	16
3.1. Tempat Dan Waktu	16
3.1.1. Tempat	16
3.1.2. Waktu	16
3.2. Bahan dan Alat	17
3.2.1. Bahan	17
3.2.2. Alat	20
3.3. Prosedur Penelitian	23
3.3.1. Diagram Alir Penelitian	23
3.3.2. Uraian Penelitian	24
3.4. Langkah Pembuatan Alat Pembangkit Tenaga Gelombang Air	25
3.5. Langkah Pengujian Alat Pembangkit Tenaga Gelombang Air	26

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Pohon Objektif Untuk Pembuatan Alat Tenaga Gelombang Air	27
4.1.1. Hasil Analisa Pemilihan Bahan	27
4.1.2. Pohon Objektif Pembuatan	28
4.2. Konsep Pembuatan	28
4.2.1. Penyambungan	29
4.2.2. Material	30
4.3. Daftar Harga	31
4.4. Daftar Komponen	32
4.4.1. Daftar Komponen Yang Dibuat	32
4.4.2. Komponen Yang Dibutuhkan	35
4.4.3. <i>Packing</i>	36
4.5. Hasil Pengujian	41
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1. Kesimpulan	52
5.2. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	14
Tabel 4.1 Pemilihan Jenis Pembuatan Alat Dengan Matrik Keputsan.	26
Tabel 4.2 Daftar Harga Komponen Dalam Pembuatan Alat Pembangkit Tenaga Gelombang Air Menjadi Energi Listrik	32
Tabel 4.3 Daftar List Komponen Pembuatan Alat Pembangkit Tenaga Gelombang Air Menjadi Energi Listrik	35
Tabel 4.4 Data Pengujian Alat Pembangkit Tenaga Gelombang Air Menjadi Energi Listrik	41
Tabel 4.4 Hasil Pengujian	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gambar pergerakan air laut	4
Gambar 2.2	Gelombang linier mempunyai profil sinusoidal	6
Gambar 2.3.	Sifat-sifat gelombang pada berbagai kondisi kedalaman	6
Gambar 2.4.	Sketsa profil gelombang non-linier	7
Gambar 2.5	<i>Profile Of A Solitary Wave Near A Breaking Condition</i>	8
Gambar 2.2	Proses Pembentukan Gelombang Akibat Angin	9
Gambar 2.3.	Spektrum periode gelombang untuk berbagai kecepatan angin	10
Gambar 2.4.	Air Pasang Laut	11
Gambar 3.1	Besi Plat	17
Gambar 3.2	Besi Siku	17
Gambar 3.3	Baut dan Mur	18
Gambar 3.4	<i>Bearing Duduk</i>	18
Gambar 3.5	Motor Dinamo	19
Gambar 3.6	<i>Gearbox</i>	19
Gambar 3.7	Cat	20
Gambar 3.8	Bor Tangan	20
Gambar 3.9	Gerinda	21
Gambar 3.10	Mesin Las	21
Gambar 3.11	Alat Ukur	22
Gambar 3.12	Kuas	23
Gambar 3.13	Diagramalir Penelitian	24
Gambar 4.1	Pohon Objektif Untuk Pembuatan Alat Gelombang Air	28
Gambar 4.2	Pembuatan Alat Dengan Konsep Pengelasan	29
Gambar 4.3	Konsep Pembuatan Alat Dengan Baut Dan Mur	30
Gambar 4.4	Konsep Pembuatan Tenaga Gelombang Air Dengan Pendayung	31
Gambar 4.5	Rangka Besi	33
Gambar 4.6	Kolam Air	33
Gambar 4.7	Pendayung	34
Gambar 4.8	(A) Poros Pendayung Dan (B) Lengan Pendayung	34
Gambar 4.9	Menyatukan Rangka Utama Dan Kolam Air	37
Gambar 4.10	Memasang Motor Dinamo	37
Gambar 4.11	Memasang <i>Gearbox</i>	38
Gambar 4.12	Memasang <i>Bearing Duduk</i> , As Pendayung Dan Lengan Pendayung	38
Gambar 4.13	Memasang Pendayung	39
Gambar 4.14	Memasang <i>Pulley</i> dan <i>Belting</i>	39
Gambar 4.15	Hasil Pengecatan	40
Gambar 4.15	Hasil Pada Pembuatan Alat Pembangkit Tenaga Gelombnag Air Menjadi Energi Listrik	40

Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Volume Air Terhadap Tinggi Gelombang	49
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Volume Air Terhadap Panjang Gelombang	50
Gambar 4.19 Grafik perbandingan energi gelombang energi terhadap energi <i>density</i>	51

DAFTAR NOTASI

- P.E = Besarnya Energi Potensial (J)
K.E = Besarnya Energi Kinetik (J)
 E_{WD} = Energi *Density* (J/M^2)
W = Lebar *Chamber* Gelombang (M)
 P_{air} = Massa Jenis Air Laut ($1000 \text{ Kg}/M^3$)
G = Gravitasi Bumi ($9,81 \text{ M}/S^2$)
 λ = Panjang Gelombang (M)
H = Tinggi Gelombang (M)
T = Periode Gelombang (S)
A = Amplitudo Gelombang Dengan Persamaan $A=H/2$
V = Kecepatan (M/S)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Diera moderen saat ini, teknologi dan ilmu pengetahuan setiap tahunnya mengalami kemajuan. Seiring dengan perkebangannya, manusia sangat membutuhkan energi listrik yang besar untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari baik dalam bidang industri maupun rumah tangga. Di dunia ini memiliki beberapa macam pembangkit listrik diantaranya Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLYN), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dan sebagainya. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut sebagian besar bersumber dari hasil pembakaran energi fosil berupa energi gas alam, minyak bumi, dan batu-bara.

Energi fosil merupakan sumber cadangan energi didunia, khususnya Indonesia energi fosil setiap tahunnya mengalami penyusutan. Hal ini menimbulkan kekhawatiran akan ketergantungan energi fosil yang makin lama akan habis. Dalam penanganannya, berbagai macam penelitian telah dilakukan dalam pemanfaatan energi dimana energi tersebut diubah kedalam bentuk energi lain. Langkah ini merupakan energi terbarukan yang bertujuan untuk menggantikan energi fosil, salah satu energi terbarukan yang cukup berlimpah di Indonesia yaitu energi gelombang laut.

Gelombang laut merupakan sumber energi yang cukup besar, gelombang laut merupakan gerakan air laut yang naik-turun yang mengarah ke bibir pantai. Energi gelombang laut adalah energi yang dibangkitkan melalui efek gerakan tekanan udara akibat fluktuasi pergerakan gelombang. Permintaan akan ketersediaan energi listrik diperkirakan mengalami peningkatan dan perlu diadakan penelitian untuk menemukan sebuah metode dalam mengekstrak energi listrik yang bersumber dari energi terbarukan seperti gelombang laut. Penelitian untuk mempelajari kemungkinan pemanfaatan energi yang tersimpan dalam gelombang laut sudah mulai banyak dilakukan, salah satu negara yang sudah banyak meneliti hal ini adalah Inggris. Berdasarkan hasil pengamatan yang ada,

deretan gelombang yang ada di Selandia Baru dengan tinggi rata-rata 1 m dan periode 9 detik mempunyai daya sebesar 4,3 kW per meter panjang gelombang. Sedangkan deretan gelombang serupa dengan tinggi 2 m dan 3 m dayanya sebesar 39 kW per meter panjang gelombang. Untuk gelombang dengan ketinggian 10 m dan periode 12 detik menghasilkan daya 600 kW per meter.

Wilayah perairan Indonesia yang menyimpan potensi energi gelombang laut yang sangat besar, diantaranya adalah perairan yang membentang dari barat Sumatera, selatan Jawa, hingga Nusa Tenggara, perairan ini berbatasan langsung dengan Samudera Hindia. Indonesia telah berhasil membangun prototipe pertama Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut sistem *oscilating water column* (PLTGL-OWC) dibangun dengan luas *Chamber* 3 m x 3 m dan mampu menghasilkan 19 kW/panjang gelombang dengan efisiensi 11%.

Dari penjabaran diatas, maka akan dibuat penelitian tentang pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik secara miniatur dikarenakan Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melihat karakteristik lebih lanjut dari pembangkit listrik tenaga gelombang laut dan dapat direalisasikan di Indonesia, sehingga Indonesia menjadi negara yang dapat menerapkan energi terbarukan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang belakang di atas adapun rumusan masalah penelitian ini dilakukan sebagai berikut :

- a. Bagaimana pembuatan miniatur alat pembangkit tenaga gelombang air.
- b. Bagaimana menguji kinerja alat uji pembangkit gelombang air yang dibangun.

1.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

- a. Pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air dibuat sesuai dari perancang.
- b. Membuat tenaga gelombang air secara miniatur.

1.4. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Membuat alat pembangkit tenaga gelombang air secara miniatur.
- b. Menguji kinerja alat pembangkit tenaga gelombang air yang dibuat.

1.5. Manfaat

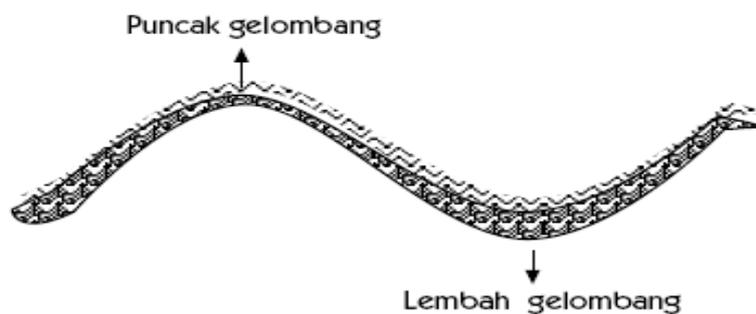
Hasil dari pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air ini selanjutnya akan dimanfaatkan menjadi sumber tenaga utama dari Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang (PLTG) dengan metode pendulum dan kolam osilasi.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gelombang Laut

Menurut Priiliawan R. A. gelombang laut adalah energi dalam transisi yang merupakan energi yang dibawa oleh sifat aslinya. Prinsip dasar terjadinya gelombang laut adalah jika ada dua massa benda berbeda kerapatannya (densitasnya) bergesekan satu sama lain maka pada bidang gerakanya makan terbentuk gelombang (Priiliawan R. A., 2017).

Susanto I. M. menyatakan gelombang laut adalah energi dalam, merupakan energi yang dibawa oleh sifat aslinya. Prinsip dasar terjadinya gelombang laut adalah sebagai berikut (Susanto, I. M., 2015):”Jika ada dua massa benda yang berbeda kerapatannya (densitasnya) bergesekan satu sama lain, maka pada bidang gerakanya akan terbentuk gelombang”. Gelombang merupakan gerakan naik turunnya air laut. Hal ini seperti ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Gambar pergerakan air laut. (Wijaya, I. W. A.,2010)

Pendapat dari J. F. Ludji, dan V. A. Koehuan, dan Nurhayati gelombang laut merupakan pergerakan naik turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva atau grafik sinusoidal. Angin di atas lautan memindahkan tenaganya ke permukaan perairan, menyebabkan riak-riak, alunan atau bukit, dan berubah menjadi apa yang disebut sebagai gelombang atau ombak. Prinsip dasar terjadinya gelombang laut adalah jika dua massa yang berbeda kerapatannya (densitasnya) bergesekan satu sama lain, maka pada bidang

gerakannya akan terbentuk gelombang (J. F. Ludji, dan V. A. Koehuan, dan Nurhayati, 2008).

Lain halnya dari L. P. Kurniawan, S. Sarwito, and R. Kusuma menyebutkan gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Gelombang laut disebabkan oleh angin. Angin di atas lautan mentransfer energinya ke perairan, menyebabkan riak-riak, alun/bukit, dan berubah menjadi apa yang kita sebut sebagai gelombang (L. P. Kurniawan, S. Sarwito, and R. Kusuma, 2014). Sebuah gelombang terdiri dari beberapa bagian antara lain:

1. Puncak gelombang (*Crest*) adalah titik tertinggi dari sebuah gelombang.
2. Lembah gelombang (*Trough*) adalah titik terendah gelombang, diantara dua puncak gelombang.
3. Panjang gelombang (*Wave length*) adalah jarak mendatar antara dua puncak gelombang atau antara dua lembah gelombang.
4. Tinggi gelombang (*Wave height*) adalah jarak tegak antara puncak dan lembah gelombang.
5. Priode gelombang (*Wave period*) adalah waktu yang diperlukan oleh dua puncak gelombang yang berurutan untuk melalui satu titik.

Selain hal diatas, Rudi Arnax Priliawan menambahkan terjadinya gelombang laut bisa dibangkitkan oleh angin, gaya tarik menarik matahari dan bulan atau pasang surut antara lain:

1. Gelombang Angin

Gelombang angin adalah gelombang yang ditimbulkan oleh tiupan angin diatas permukaan laut.

2. Gelombang Pasang Surut

Gelombang pasang surut adalah gelombang yang timbul oleh gaya tarik menarik bumi dan planet lain seperti bulan dan matahari.

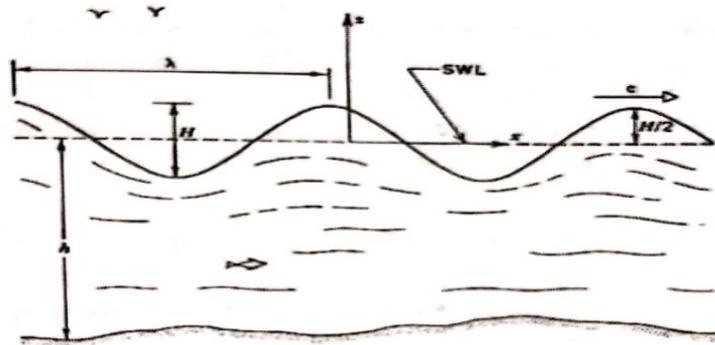
Maka, dalam melakukan pembuatan alat uji pembangkit listrik tenaga gelombang, gelombang pada *prototype* ini menggunakan gelombang buatan dengan memanfaatkan gerak pada motor , sehingga manimbulkan gerak naik turunnya pada air dan membentuk gelombang (Rudi Arnax Priliawan, 2017).

2.2. Sifat-Sifat Gelombang

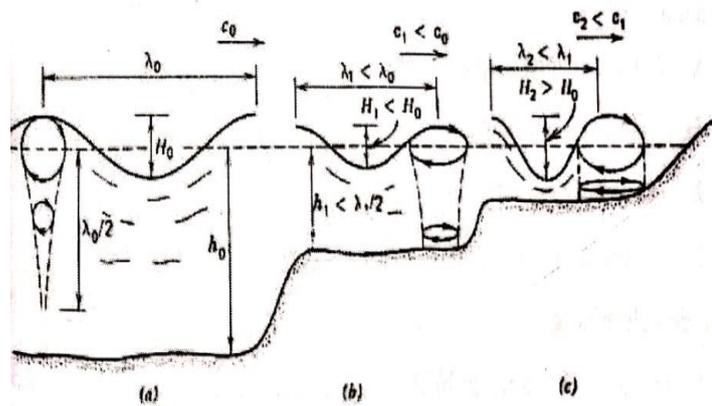
Mengutip dari buku mesin konversi energi Pudjanarsa Astu dan Nursuhud Djati menerangkan bahwa gelombang laut sukar dijabarkan dengan pasti, tetapi dapat diinformasikan dengan pendekatan. Berbagai teori pendekatan digunakan untuk memberikan informasi ilmiah tentang sifat gelombang laut pada suatu tingkat fenomena yang aktual. Suatu teori sederhana tentang gelombang laut dikenal sebagai teori gelombang linier dan gelombang non linier.

2.2.1. Gelombang Linier

Gelombang Linier merupakan gelombang berbentuk sinusoidal dengan panjang gelombang yang lebih besar dari tinggi gelombangnya, dapat dilihat pada gambar 2.2. Potensi dari gelombang linier tergantung kedalaman dari dasar lautnya. Sifat dari gelombang laut linier ditinjau dari berbagai kedalaman dapat ditunjukkan pada gambar 2.3.



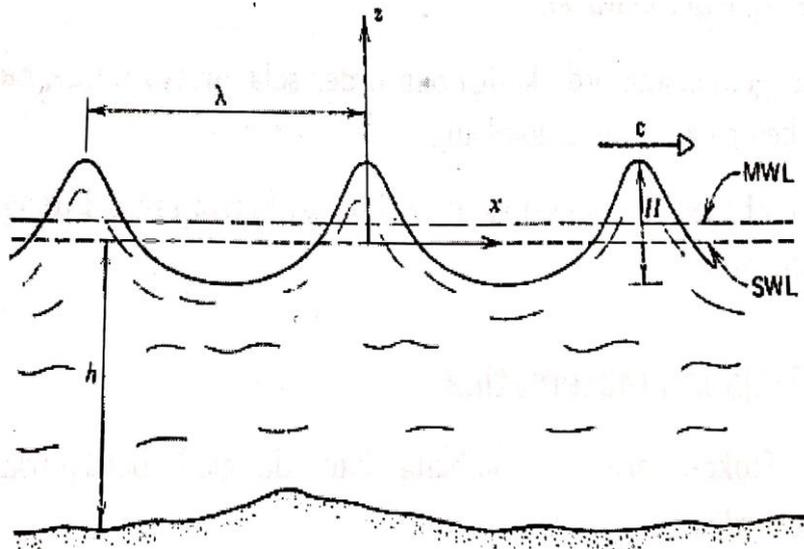
Gambar 2.2 Gelombang linier mempunyai profil sinusoidal
(Pudjanarsa Astu dan Nursuhud Djati, 2013)



Gambar 2.3 Sifat-sifat gelombang pada berbagai kedalaman:
 (a) Kedalaman air, (b) Kedalaman Menengah, dan (c) *Shallow Water*
 (Pudjanarsa Astu dan Nursuhud Djati, 2013)

2.2.2. Gelombang Non-Linier

Suatu gelombang di laut yang dalam dengan kedalaman lautnya lebih besar dan panjang gelombang kecil mengalir dengan profil sinusoidal merupakan gelombang linier, tetapi bila alunannya telah mencapai kedangkalan tertentu maka profil gelombangnya akan berubah dengan puncak gelombang yang meruncing disertai dengan panjang gelombang yang mengecil (lihat gambar 2.7).



Gambar 2.4 Sketsa profil gelombang non-linier (Pudjanarsa Astu dan Nursuhud Djati, 2013)

Perubahan tersebut disebabkan oleh pengaruh besar lautan, profil gelombang yang terjadi disebut gelombang non-linier. Pada gelombang non-linier, permukaan air laut (SWL) dan muka air rata-rata (MWL) mempunyai selisih tertentu, bila batas tersebut berhimpitan maka gelombang non-linier akan berubah kembali menjadi gelombang linier. Selanjutnya pengertian gelombang non-linier dibedakan secara teoritis menurut gelombang Stokes dan gelombang Soliter.

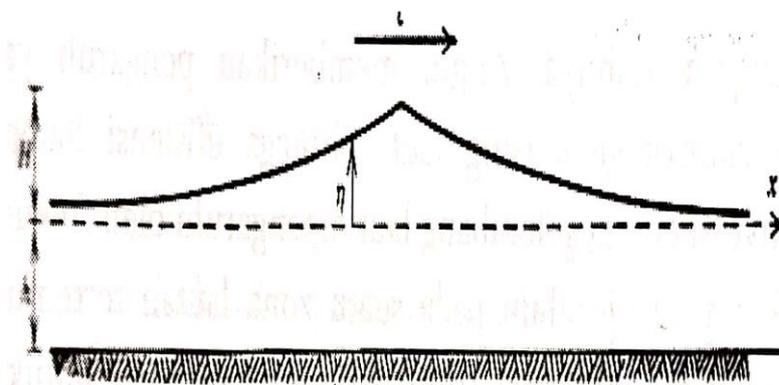
2.2.2.1. Gelombang Stokes

Didalam buku mesin konversi energi Stokes memperkenalkan tentang irrotasional yang konsepnya berlandaskan sifat-sifat dari rangkaian bentuk gelombang yang terjadi. Selanjutnya Stokes membagi teorinya menjadi:

1. Teori gelombang orde pertama yang dikenal juga dengan teori gelombang linier yang telah dibicarakan sebelumnya.
2. Teori gelombang orde kedua, terutama untuk menentukan ketepatan profil gelombang, disamping untuk menentukan kecepatan konveksi transportasi massa dan kondisi perubahan gelombang (*breaking condition of the wave*).
3. Teori gelombang orde ketiga dan orde selanjutnya untuk menentukan ketepatan profil gelombang.

2.2.2.2. Gelombang Soliter

Pudjanarsa Astu dan Nursuhud Djati (2013) menunjukkan suatu profil dari gelombang soliter (lihat gambar 2.8). suatu gelombang linier dengan panjang relatif pada laut dangkal merupakan gejala gelombang terisolasi karena gelombang linier berkedudukan mendekati daerah puncak gelombang sehingga perpindahan permukaan bebas dari gelombang seluruhnya berada diatas SWL. Gejala tersebut bisa disebut *wave stup* yang disebabkan adanya *pilling up* dari partikel air oleh gelombang laut dangkal secara konvensi disertai adanya gerak gelombang dari gelombang-gelombang terputus. Gelombang linier yang terisolasi mendekati gelombang disebut sebagai gelombang soliter.



Gambar 2.5 *profile of a solitary wave near a breaking condition*
(Pudjanarsa Astu dan Nursuhud Djati, 2013)

2.3. Proses Terjadinya Gelombang Laut

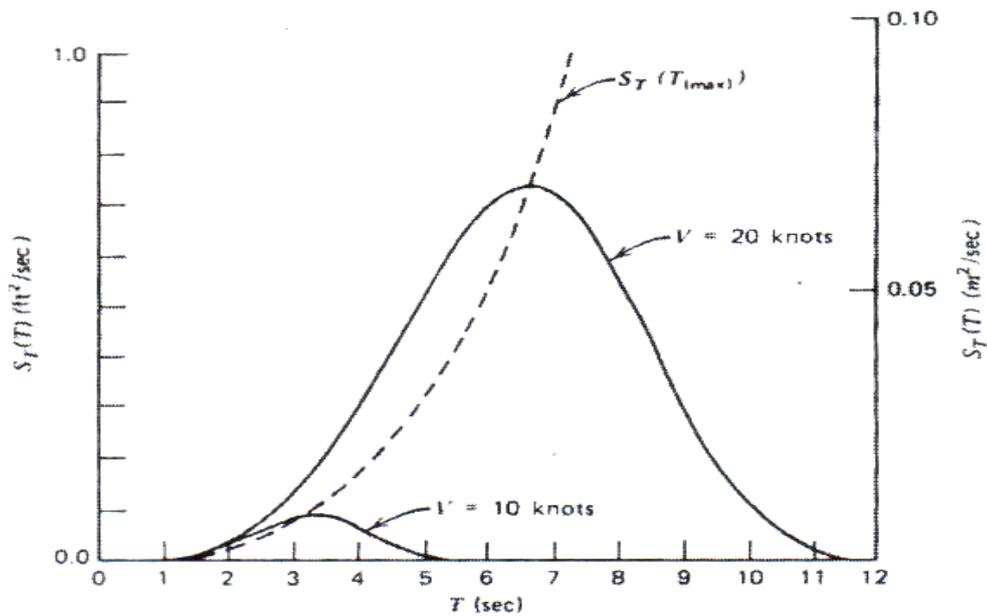
2.3.1. Gelombang Akibat Pengaruh Angin

Lain halnya dengan pernyataan I Made Susanto yang menyatakan bahwa proses terbentuknya gelombang laut oleh gerakan angin belum sepenuhnya dapat dimengerti, atau dapat dijelaskan secara terperinci. Tetapi menurut perkiraan, gelombang terjadi karena hembusan angin secara teratur, terus-menerus di atas permukaan air laut. Hembusan angin yang demikian akan membentuk riak permukaan, yang bergerak searah dengan hembusan angin (lihat Gambar 2.2).



Gambar 2.6 Proses Pembentukan Gelombang Akibat Angin (I Made Susanto,2015)

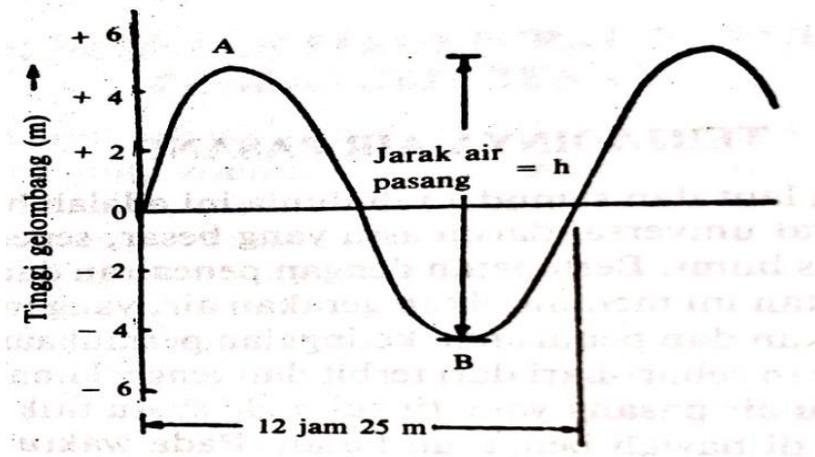
Merujuk pernyataan Wijaya I. W. A. angin merupakan sumber utama terjadinya gelombang lautan. Dengan demikian tinggi gelombang, periode, dan arah gelombang selalu berhubungan dengan kecepatan dan arah angin. Angin dengan kecepatan rendah akan menyebabkan kecilnya tinggi gelombang dan rendahnya periode gelombang yang terjadi, sedangkan angin yang kuat dan angin ribut akan menyebabkan variasi tinggi serta periode gelombang serta mengarah ke berbagai penjuru. Pada kondisi angin yang baik, gelombang laut dapat diobservasi secara random, baik untuk tinggi, periode, maupun arahnya. Angin memberikan pengaruh yang besar terhadap terjadinya gelombang laut sehingga efisiensi hampir semua pesawat konversi energi gelombang laut dipengaruhi oleh frekuensi angin yang terjadi sepanjang tahun pada suatu zone lautan tertentu(I Wayan Arta Wijaya,2010). Gambar 2.3 menunjukkan suatu spektrum periode gelombang untuk berbagai variasi kecepatan angin.



Gambar 2.7 Spektrum periode gelombang untuk berbagai kecepatan angin
(Wijaya I. W. A., 2010)

2.3.2. Terjadinya Air Pasang

Dari M.M. Dandekar dan K.N. Sharma, gelombang air pasang pada laut adalah hasil dari pengaruh gaya berat universal dari masaa esar, seperti matahari dan bulan di atas bumi. Bertepatan dengan dari massa air, pengaruh kekuatan ini menimbulkan gerakan air yang memperlihatkan suatu kenaikan dan penurunan ketinggian permukaan laut sesuai dengan perputaran sehari-hari dari terbit dan tenggelamnya matahari dan bulan. Suatu air pasang yang tinggi pada suatu titik akan diatur secara langsung dibawah pengaruh bulan. Pada waktu yang sama, sebuah titik diametrikal yang berlawanan diatas permukaan bumi juga mengalami air pasang tinggi yang disebabkan karena keseimbangan dinamik. Dalam preode 24 jam 50 menit terjadi dua peristiwa air pasang tinggi dan air pasang surut, ini disebut sebagai air pasang semi (*semi-diurnal tides*) (M.M. Dandekar dan K.N. Sharma,1991). Disamping itu kenaikan dan penurunan permukaan air ternyata mengikuti sebuah kurfa sinus yang dapat diperhatikan pada gambar berikut:



Gambar 2.8 Air Pasang Laut (M.M. Dandekar dan K.N. Sharma,1991)

2.4. Penentuan Lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut

Utami S. R. Menyebutkan dalam menentukan lokasi PLTGL ini ada banyak hal yang harus dipertimbangkan, baik kriteria gelombang ataupun juga topografi daerah lokasi (Utami S. R.,2010).

c. Tinggi Gelombang Laut

Tinggi gelombang yang dapat dimanfaatkan untuk PLTGL sistem *Oscillating Water Column* (OWC) ini adalah gelombang yang selalu terbentuk sepanjang tahun dengan tinggi minimal satu sampai dua meter. Gelombang yang sesuai dengan kriteria tinggi tersebut adalah gelombang Swell dimana mengandung energy yang besar.

b. Arah Datang Gelombang

Mulut konektor harus sesuai dengan arah datang gelombang, jika tidak searah maka energi gelombang yang masuk akan berkurang sebab banyak yang hilang akibat sifat refleksi, difraksi maupun refraksi pada gelombang.

c. Syarat Gelombang Baik

Gelombang baik adalah gelombang yang tidak pecah akibat pendangkalan. Pada saat gelombang terpecah ada energi yang terbuang dimana masa air akan mengandung gelembung udara sehingga mempengaruhi besar kerapatan massa.

d. Keadaan Topografi Lautan

Optimasi terhadap desain akhir PLTGL sistem owc tergantung topografi kelautan atau barimetri disekitar lokasi. Apabila kondisi dasar lautan atau

permukaannya kurang memenuhi persyaratan maka dapat dilakukan pengerukan atau penambalan area.

2.5. Komponen Pembangkit Alat Uji Gelombang

Dalam pembuatan pembangkit alat uji gelombang digunakan beberapa komponen penting untuk menghasilkan frekuensi gerakan gelombang air yang akan dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin. Adapun komponen penting pembangkit alat uji gelombang adalah motor dinamo. Motor dinamo adalah suatu perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Pada aplikasi robotika pergerakan robot beroda pada umumnya menggunakan motor dinamo sebagai alat penggerakannya, karena motor ini mudah untuk dikendalikan. Sistem kerja pembangkit gelombang laut pada penelitian ini sangat tergantung pada motor dinamo. Dengan mengadopsi gerak cara kerja pada piston kendaraan bermotor untuk mendapatkan gerak gelombang laut yang dihasilkan. Sehingga dibuatlah miniatur pembangkit gelombang laut sebagai pengembangan awal dari pembangkit listrik tenaga gelombang laut secara miniatur.

2.6. Teori Tambahan

Ada banyak cara dalam memanfaatkan energi yang ada di Indonesia, C A Siregar¹ dan A Marabdi Siregar menyatakan bahwa bukan hanya luas lautannya yang dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif, tetapi Indonesia juga merupakan negara dengan iklim tropis yang memiliki sinar/radiasi matahari yang berlimpah dan sangat menjanjikan. Hal ini mendasari bahwa seluruh wilayah/daerah yang berada di iklim tropis sangat berpotensi untuk memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi alternatif. Pemanfaatan energi matahari dapat dilakukan dengan 2 cara yakni konversi panas dan konversi pembangkit listrik tenaga surya (fotovoltaik) (C A Siregar A M Siregar,2019). Selain itu, energi lain yang terdapat di Indonesia begitu banyak yang dapat dimanfaatkan untuk dijadikan energi listrik contohnya tenaga angin, C A Siregar A M Siregar juga menambahkan sejumlah besar penelitian sedang dilakukan pada energi terbarukan, khususnya pada ekstraksi tenaga angin. Dengan pesatnya perkembangan industri tenaga angin, keandalan turbin angin telah menjadi

hotspot dalam tenaga angin. Tenaga angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang paling melimpah di negara kita dan ramah lingkungan karena menekan emisi CO₂, oleh karena itu kita dapat memperoleh listrik tanpa batas dari energi angin. Tenaga angin adalah energi yang berguna dari angin. Pembangkit listrik tenaga angin mengubah tenaga angin menjadi energi listrik dengan menggunakan kincir angin atau turbin angin. Cara kerjanya cukup sederhana yaitu putaran turbin angin diteruskan ke rotor generator dimana generator tersebut memiliki lilitan tembaga yang berfungsi sebagai stator (C A Siregar A M Siregar, 2019)

Pemanasan global terjadi bukan karena sendirinya tetapi ada beberapa faktor pemicu seperti gas buang dari hasil pembakaran mesin industri. A M Siregar, C. A. Siregar, dan M. Yani menjelaskan Emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap merupakan salah satu sumber polusi udara. Emisi gas buang yang dihasilkan berupa karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrokarbon (HC), dan oksida nitrogen (NO_x). Bahan bakar secara umum mengandung unsur-unsur karbon, hydrogen, oksigen, nitrogen dan belerang. Dalam pembakaran sempurna, gas buang hasil pembakaran berupa karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O) serta udara yang tidak terlibat pembakaran. Namun pembakaran sempurna sulit dicapai, sehingga terdapat gas buang hasil pembakaran lain seperti CO, HC, dan juga NO_x, karena 79% udara untuk pembakaran terdiri dari nitrogen (A M Siregar, C. A. Siregar, dan M. Yani, 2019). Dengan merealisasikan pembangkit listrik tenaga gelombang laut dapat mencegah dan mengurangi pemanasan global juga pencemaran udara dari emisi gas buang yang dihasilkan dari pembakaran pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

2.7. Rumus Perhitungan Pembangkit Tenaga Gelombang Air

Pendapat dari Priliawan R. A. dalam mengitung potensi besarnya energi gelombang laut yang dihasilkan, hal pertama yang perlu diperhatikan adalah potensi ketersediaan gelombang laut. Sedangkan untuk mencari total energi gelombang laut dapat diketahui dengan menjumlahkan energi potensial dan besarnya energi kinetik yang diperoleh dari gelombang tersebut.

Energi potensial adalah energi yang ditimbulkan oleh posisi relatif atau konfigurasi gelombang laut pada suatu sistem fisik. Bentuk energi yang memiliki potensi untuk mengubah keadaan objek-objek lain disekitarnya. Sedangkan energi kinetik adalah bentuk energi dari gerakan yang ditimbulkan oleh gelombang laut atau bagian energi dari pergerakan gelombang laut. Besarannya energi potensial dan energi kinetik dari gelombang laut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$P.E = \frac{1}{4}w\rho g a^2 \lambda \quad (2.1)$$

Untuk energi kinetik lebi dari satu periode adalah sebanding dengan besarnya energi potensial yang dihasilkan:

$$K.E = \frac{1}{4}w\rho g a^2 \lambda \quad (2.2)$$

Energi kinetik itu sendiri merupakan bagian dari naik turun atau gerak gelombang laut. Setelah energi potensial dan energi kinetik diketahui, maka dapat melakukan perhitungan total energi yang dihasilkan pada saat lebih 1 periode (total energi yang dihasilkan gelombang laut) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_w = P.E + K.E = \frac{1}{4}w\rho g a^2 \lambda \quad (2.3)$$

Maksud dari energi total yang dihasilkan dari persamaan tersebut adalah penjumlahan antara energi potensial dan energi kinetik sehingga menghasilkan total energi yang dihasilkan oleh gelombang laut. Melalui persamaan tersebut, maka dapat menghitung besaran *energy density* (E_{wD}), daya listrik (P_w), dan *power density* (P_{wD}) yang dihasilkan gelombang laut. Jadi untuk menentukan nilai besaran *energy density* (E_{wD}) yang dihasilkan gelombang laut menggunakan persamaan sebagai berikut (Priliawan R. A,2017):

$$E_{wD} = \frac{E_w}{\lambda W} = \frac{1}{2}w\rho g a^2 \quad (J/m^2) \quad (2.4)$$

Keterangan:

P.E = besarnya energi potensial (J)

K.E = besarnya energi kinetik (J)

E_{WD} = Energi *Density* (J/m^2)

W = Lebar *Chamber* Gelombang (m)

P_{air} = Massa Jenis Air Laut ($1000 \text{ Kg}/m^3$)

G = Gravitasi Bumi ($9,81 \text{ m}/s^2$)

λ = Panjang Gelombang (m)

H = Tinggi Gelombang (m)

T = Periode Gelombang (s)

A = Amplitudo Gelombang Dengan Persamaan $a=h/2$

v = Kecepatan (m/s)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu

3.1.1. Tempat

Tempat pembuatan alat uji dan pelaksanaan penelitian ini di laksanakan di Laboratorium Proses Produksi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jl. Kapten Mukhtar Basri , Medan, Sumatera Utara.

3.1.2. Waktu

Dalam menyelesaikan penelitian ini dibutuhkan waktu 6 bulan, terhitung dari disah kannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sampai dengan selesainya penulisan laporan tugas akhir. Lihat tabel 3.1 dibawah ini:

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No.	Uraian Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1.	Pengajuan Judul	■					
2.	Studi Literatur	■	■	■	■	■	■
3.	Penulisan BAB 1 s/d BAB 5	■	■	■	■	■	■
4.	Seminar Proposal			■			
5.	Pembuatan Konsep				■		
6.	Pembuatan Alat Uji					■	
7.	Pengujian dan Menganalisa Alat Uji						■
8.	Seminar Hasil						■

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air ini sebagai berikut :

1. Besi Plat

Besi plat berfungsi untuk membuat kolam air dan pendayung pada alat pembangkit gelombang air.



Gambar 3.1 Besi Plat

2. Besi Siku

Besi siku berfungsi untuk membuat rangka utama dan dudukan motor dinamo, *gearbox*, dan *bearing* duduk pada alat pembangkit gelombang air.



Gambar 3.2 Besi Siku

3. Baut dan Mur

Baut dan mur berfungsi untuk mengikat komponen alat uji yang dapat dibongkar dan dipasang kembali, baut dan mur yang digunakan berukuran 14 mm dan 19 mm.



Gambar 3.3 Baut dan Mur

4. *Bearing Duduk*

Bearing Duduk berfungsi untuk mengurangi gaya gesekan pada poros atau as pen-dayung saat berputar.



Gambar 3.4 *Bearing Duduk*

5. Motor Dinamo

Motor Dinamo berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi putar poros sebagai penggerak utama pada pembuatan alat pembangkit gelombang air.



Gambar 3.5 Motor Dinamo

6. Gearbox

Gearbox berfungsi untuk meneruskan dan mengubah daya gerak putar yang dihasilkan oleh motor dinamo.



Gambar 3.6 Gearbox

7. Cat

Cat berfungsi untuk memberi warna pada alat uji pembangkit tenaga gelombang, mencegah kebocoran, dan melindungi alat pembangkit tenaga gelombang air dari karat.



Gambar 3.7 Cat

3.2.2. Alat

Adapun alat yang digunakan pada pembuatan alat uji ini yaitu sebagai berikut :

1. Bor Tangan

Bor tangan berfungsi sebagai alat pembuat lubang untuk dudukan motor dinamo, *gierbox*, *bearing* duduk, dan pendayung.



Gambar 3.8 Bor Tangan

2. Grenda

Gerinda berfungsi untuk memotong dan meratakan permukaan pada bahan yang akan digunakan dalam pembuatan alat pembangkit gelombang air.



Gambar 3.9 Gerinda

3. Mesin Las

Mesin las berfungsi untuk menyambungkan besi plat dan besi siku dengan cara dipanaskan.



Gambar 3.10 Mesin Las

4. Alat Ukur

Alat ukur berfungsi untuk mengukur dimensi bahan yang akan digunakan dalam pembuatan alat pembangkit gelombang air.



Gambar 3.11 alat ukur

5. Alat Perkakas

Alat perkakas berfungsi untuk mengencangkan baut dan mur dalam pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air.



Gambar 3.12 Alat Perkakas

6. Kuas

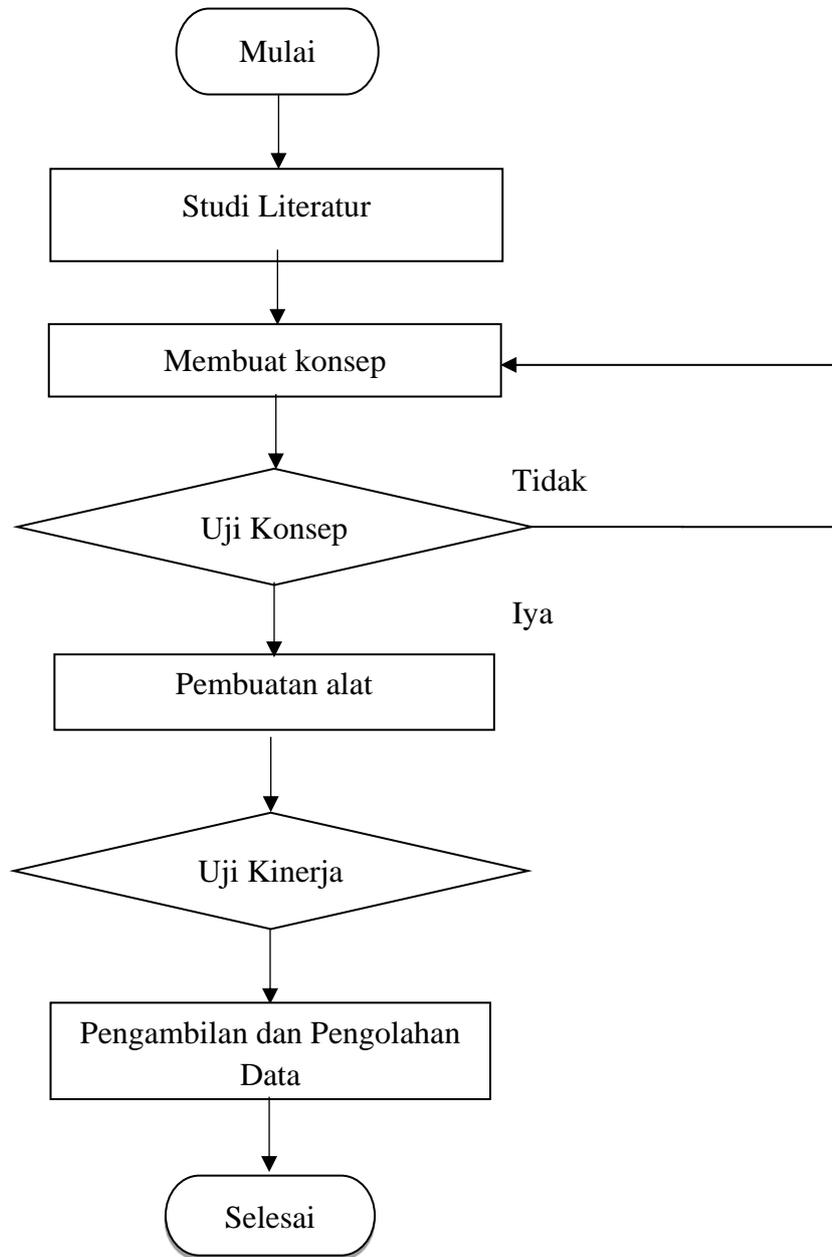
Kuas berfungsi untuk menempelkan cat pada permukaan alat uji pembangkit tenaga gelombang air.



Gambar 3.13 Kuas

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.14 Bagan Alir Penelitian

3.3.2. Uraian Diagram Alir

Penelitian pada pembuata alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik memiliki prosedur atau langkah-langkah penelitian yaitu sebagai berikut :

1. Mulai

Pada langkah pertama merupakan tahapan persiapan dari pengurusan pengajuan judul, administrasi, dan menyusun rencana penelitian.

2. Studi Literatur

Pada langkah ini merupakan proses mencari dan mempelajari materi dari jurnal dan buku lokal maupun internasional untuk menunjang penelitian yang dijadikan sebagai rujukan dalam pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik.

3. Membuat Konsep

Membuat konsep bertujuan bagaimana cara pembuatan alat pembangkit gelombang air, ada tiga konsep yang sudah disiapkan yaitu konsep penyambungan dengan teknik pengelasan, penyambungan dengan konsep baut dan mur, dan pembuatan gelombang air dengan konsep pendayung.

4. Uji Konsep

Menguji konsep yang telah ditentukan dalam pembuatan alat pembangkit gelombang air, apabila konsep berhasil maka lanjut ketahap berikutnya, dan apabila konsep tidak berhasil atau gagal maka langkah selanjut mencari studi literatur dan membuat konsep yang baru.

5. Pembuatan Alat Uji

Membuat alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik sesuai dengan konsep yang telah ditentukan.

6. Uji Kinerja

Alat uji selesai dibuat, berikutnya dilakukan uji coba untuk melihat sejauh mana kinerja dari miniatur alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik.

7. Pengambilan dan Pengolahan Data

Mengambil dan pengolahan data untuk menentukan kinerja dari alat pembangkit tenaga gelombang air.

8. Selesai

Pada langkah terakhir penelitian adalah dilakukan pengambilan kesimpulan dari alat uji pembangkit gelombang yang telah dibuat.

3.4. Langkah Pembuatan Alat Pembangkit Gelombang Air

Langkah-langkah dalam pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik sebagai berikut :

1. Mengukur dan memotong besi plat dan besi siku yang telah ditentukan.
2. Menyambungkan plat besi untuk membuat bak air dengan konsep pengelasan.
3. Menyambungkan besi siku untuk membuat rangka utama sekaligus membuat dudukan pendayung, motor dinamo, *bearing* duduk dan *gearbox* dengan konsep pengelasan.
4. Memasang motor dinamo, *bearing* duduk, *gearbox* dan pendayung sesuai dudukan yang telah dibuat dengan konsep baut dan mur.
5. Memasang poros dan lengan penghubung pada dudukan.
6. Memasang *fully* dan *belting*
7. Pengecatan/pewarnaan
8. Selesai

3.5. Langkah Pengujian Alat Pembangkit Gelombang Air

Adapun langkah-langkah pengujian alat pembangkit tenaga gelombang air sebagai berikut :

1. Menyiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan.
2. Menyalakan motor dinamo.
3. Mengatur volume air sesuai kebutuhan.
4. Mengukur tinggi dan panjang gelombang air.
5. Mencatat hasil pengujian alat uji pembangkit gelombang laut.
6. Mengulang kembali langkah ke-3 sampai ke-5 dengan perbedaan volume air.
7. Matikan motor dinamo.
8. Rapikan alat uji gelombang air.
9. selesai

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pohon Objektif Untuk Pembuatan Alat Tenaga Gelombang Air

4.1.1. Hasil Analisa Pemilihan Bahan

Tujuan dari pembuatan alat uji ini untuk menghasilkan tenaga gelombang laut sehingga diperlukan analisa terlebih dahulu. Hasil lengkap analisa pememilihan bahan dapat dilihat pada table 4.1, didalam setiap analisa terdapat beberapa faktor pemberat, faktor pembarat pada setiap kriteria dalam pemilihan adalah hasil perkalian factor kualitas yang telah diberikan yaitu 1,0, lihat gambar 4.1. Sebagai contoh faktor pemberat untuk biaya pembuatan/pembelian adalah $0,25 \times 4 = 1,0$ dengan demikian seterusnya untuk semua perhitungan factor pemberat.

Dari analisa keenam factor pemberat pada metode dorong mendapatkan nilai yang tinggi berkisar 2,95 factor pemberat metode tekan mendapatkan nilai 2,8 dan factor pemberat pada metode angin mendapatkan nilai 2,6. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada table 4.1 dibawah ini.

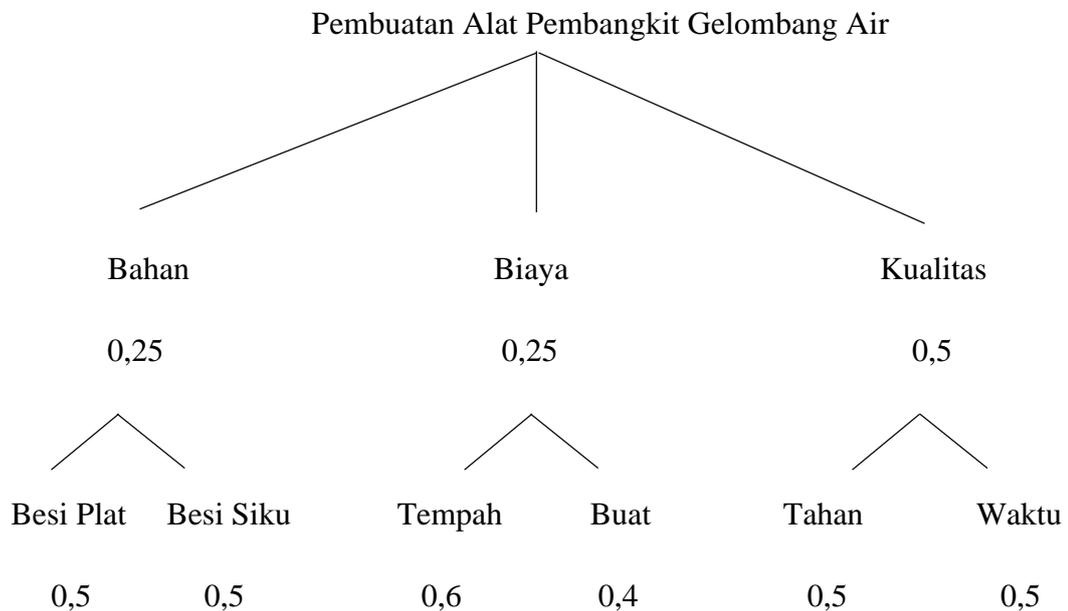
Table 4.1 Pemilihan Jenis Pembuatan Alat uji Dengan Metode Matrik Keputusan.

Kriteria	Factor Pemberat	Konsep Pengelasan			Konsep Baut dan Mur			Konsep Dorong		
		Besaran	Angka	Nilai	Besaran	Angka	Nilai	Besaran	Angka	Nilai
Biaya Pembuatan/ Pembelian	0,25	Murah	4	1,0	Mahal	2	0,5	Mahal	2	0,5
Biaya pemasangan	0,1	Mahal	2	0,2	Mahal	2	0,2	Mahal	2	0,2
Biaya Perawatan	0,15	Sedang	3	0,45	Murah	4	0,6	Sedang	2	0,3
Material	0,3	Sedang	3	0,9	Sedang	3	0,9	Sedang	3	0,9
Kepraktisan	0,1	Mahal	2	0,2	Sedang	3	0,3	Sedang	3	0,3
Daya tahan	0,1	Mahal	2	0,2	Sedang	3	0,3	Rendah	4	0,4
Hasil				2,95			2,8			2,6

4.1.2. Pohon Objektif Pembuatan

Pemilihan bahan dalam pembuatan alat uji tenaga gelombang laut menjadi energi listrik dilakukan menggunakan metode matriks keputusan, metode ini umumnya dilakukan dalam bidang teknik untuk membuat keputusan dalam perancangan produk tetapi juga dapat dipakai dalam berbagai tujuan. Bahan yang dipilih dalam pembuatan alat uji pembangkit gelombang laut ada 2 opsi yaitu (1) plat besi lembaran, (2) besi siku, bahan ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing – masing berdasarkan 6 kriteria yang dianggap sesuai seperti yang akan diperlihatkan dalam bentuk pohon objektif, faktor dalam pembuatan alat uji pembangkit gelombang laut ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu : faktor bahan 0,25%, faktor biaya 0,25 %, dan faktor manfaat kualitas 0,5 %.

Faktor bahan merupakan material yang dipilih untuk mempreoritakan ketahanan dan usia alat pembangkit tenaga gelombang laut terhadap korosi, faktor biaya terdiri dari biaya pembelian dan pembuatan alat uji pembangkit gelombang laut dari awal sampai akhir, dan faktor kualitas menekan terhadap pembangkit gelombang yang dihasilkan. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Pohon Objektif Untuk Pembuatan Alat Pembangkit Tenaga Gelombang Air Menjadi Energi Listrik

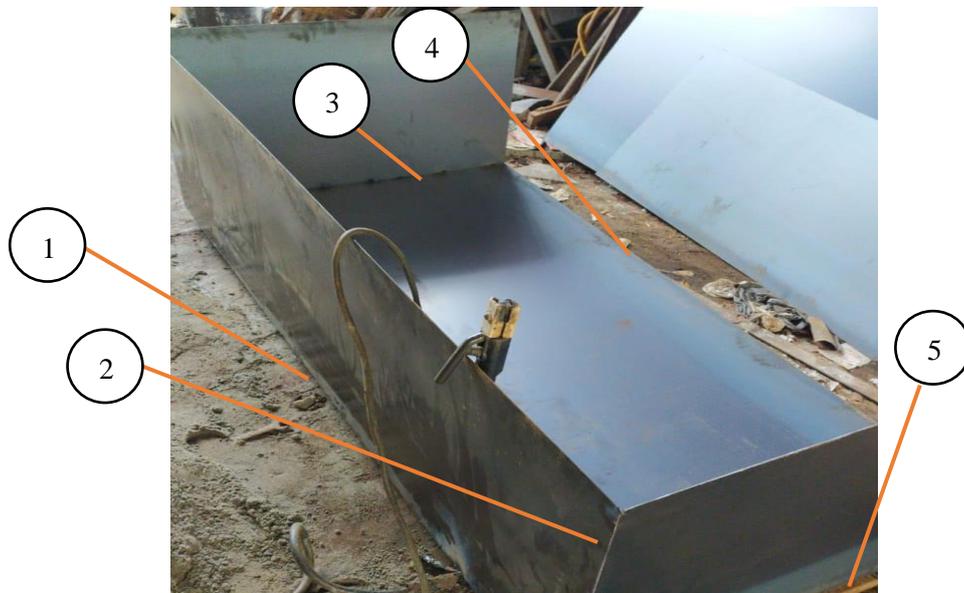
4.2. Konsep Pembuatan

4.2.1. Penyambungan

Dalam pembuatan alat pembangkit gelombang Air menjadi energi listrik menggunakan 2 metode penyambungan yaitu konsep dengan pengelasan dan metode penyambungan dengan baut dan mur.

1. Konsep Penyambungan Dengan Pengelasan

Pada pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik ini dilakukan dengan konsep pengelasan, dimana setiap sisi dibagian tepi plat besi disambung dengan las assetelin, contoh bagian sisi yang akan dilas dapat dilihat pada gambar 4.2.

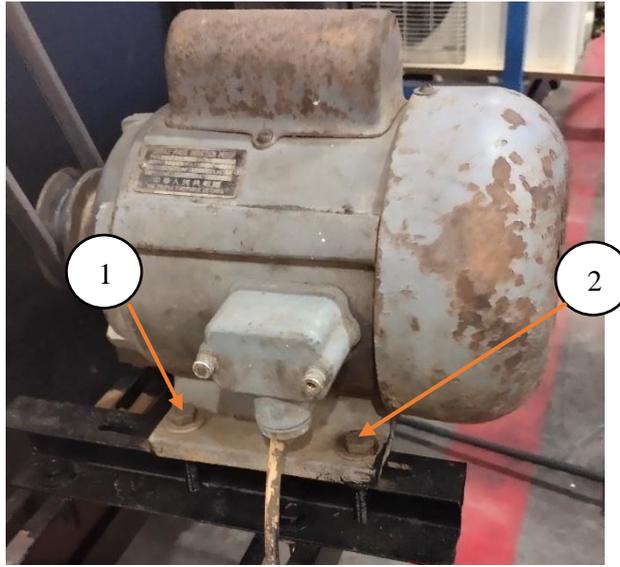


Gambar 4.2 Pembuatan Alat Uji Dengan Konsep Pengelasan

Nomor pada gambar 4.2 menunjukkan bagian sisi yang akan disambung dengan metode pengelasan, karena konsep pengelasan pada pembuatan alat uji ini memiliki kelebihan yaitu mampu mencegah terjadinya kebocoran dan tahan lama, sedangkan kekurangannya alat ini tidak dapat dibongkar pasang dan dipasang kembali.

2. Konsep Pembuatan Disambung Dengan Baut Dan Mur

Lain halnya dengan konsep pertama, pada pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik ini disambung dengan menggunakan baut dan mur. Contoh bagian yang akan disambung menggunakan konsep ini dapat diperlihatkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Konsep Pembuatan Alat Uji Dengan Baut Dan Mur

Nomor pada gambar 4.3 menunjukkan bagian sisi yang akan disambung dengan konsep penyambungan baut dan mur, karena konsep ini pada pembuatan alat ini memiliki kelebihan yaitu bahan dan alat dapat dibongkar pasang kembali, sedangkan kekurangannya ulir pada baut bisa aus dan korosi.

3. Konsep Pembuatan Tenaga Gelombang Dengan Pendayung

Terjadinya tenaga gelombang air dalam pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik ini dilakukan dengan konsep pendayung, dimana air didayung secara bolak – balik dengan perlahan sampai terjadi gerak gelombang air secara berkala.



Gambar 4.4 Konsep Pembuatan Tenaga Gelombang Dengan Pendayung

Tanda panah pada gambar 4.4 menunjukkan arah gerak bolak – balik pendayung yang digerakkan oleh lengan pendayung, karena konsep ini dalam pembuatan alat uji memiliki kelebihan yaitu tenaga gelombang air yang dihasilkan searah dan lebih stabil, sedangkan kekurangannya langkah pada pendayung tergantung pada panjang lengan pendayung.

4.2.2. Material

Bahan yang digunakan pada pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik adalah besi plat dan besi siku SS400 dengan standar SNI, dengan ukuran plat besi yaitu lebar 120 cm, panjang 240 cm, dan tinggi 2 mm. sedangkan untuk ukuran besi siku yaitu lebar 40 mm, tinggi 40 mm, panjang 6 m dan tebal 4 mm.

4.3. Daftar Harga

Komponen – komponen yang digunakan dalam pembuatan alat uji pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik memiliki perbedaan harga pada setiap komponen yang akan digunakan. Contohnya harga pada besi plat yaitu Rp 515.000,- perlembarnya, sedangkan harga pada besi siku yaitu Rp 135.000,- perbatangnya. Selanjutnya harga pada setiap komponen dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Daftar Harga Komponen Dalam Pembuatan Alat Uji Pembangkit Tenaga Gelombang Laut Menjadi Energi Listrik

No.	Bahan	Harga (Rp)	Banyak
1.	Plat Besi	515.000	3
2.	Besi Siku	135.000	6
3.	Motor Dinamo	800.000	1
4.	<i>Gearbox</i>	600.000	1
5.	Besi As	95.000	1
6.	<i>Bearing</i>	30.000	2
7.	<i>Bearing</i> Duduk	45.000	2
8.	Baut dan mur 14 mm	2.100	15
9.	Baut dan mur 19 mm	4.000	3
10.	<i>Pulley</i>	40.000	2
11.	<i>Fan belt</i>	30.000	1
12.	Cat	65.000	2
	Jumlah	4.283.500	

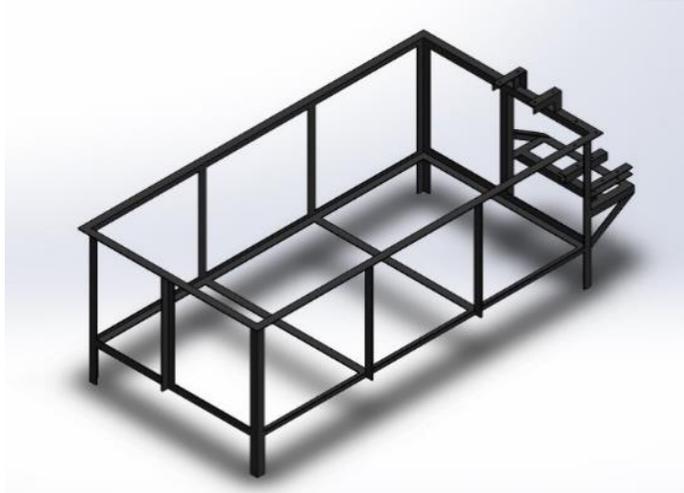
4.4. Daftar Komponen

4.4.1. Komponen Yang Dibuat

Pelaksanaan pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik terdapat komponen – komponen yang dapat dibuat diantaranya sebagai berikut:

1. Rangka Besi

Rangka besi pada pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik yang terbuat dari besi siku berukuran 40 mm x 40 mm dan tebal 4 mm dengan konsep pengelasan yang berfungsi sebagai penyangga utama dan dudukan untuk bak air, motor dinamo, *gearbox*, dan *bearing* duduk.



Gambar 4.5 Rangka Besi

2. Kolam Air

Kolam air dalam pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik terbuat dari besi plat berukuran 1200 mm x 2400 mm dengan konsep pengelasan yang berfungsi sebagai tempat penampung air dan dudukan pendayung gelombang air.



Gambar 4.6 Kolam Air

3. Pendayung

Pendayung pada pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik dibuat dari besi plat dan besi siku dengan konsep pengelasan yang berfungsi sebagai pendayung air untuk menghasilkan tenaga gelombang air.



Gambar 4.7 pendayung

4. Poros Pendayung dan Lengan Pendayung

Poros pendayung dan lengan pendayung dalam pembuatan alat uji pembangkit tenaga gelombang laut menjadi energi listrik dibuat dari besi as berdiameter 25 mm dengan konsep pengelasan yang berfungsi untuk meneruskan gerak putar dari gearbox ke lengan pendayung, sehingga lengan pendayung mampu menggerakkan pendayung secara bolak – balik.



(a)

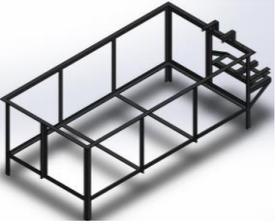
(b)

Gambar 4.8 (a) Poros Pendayung dan (b) Lengan Pendayung

4.4.2. Komponen Yang Dibutuhkan

Pada saat pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik terdapat komponen yang sangat perlu dibutuhkan dalam proses perakitannya, beberapa komponen yang dibutuhkan dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Daftar List Komponen Pembuatan Alat Uji Pembangkit Tenaga Gelombang Laut Menjadi Energi Listrik

No.	Komponen	Keterangan
1.		Motor Dinamo
2.		<i>Gearbox</i>
3.		Rangka Besi
4.		Kolam Air

5.



Pendayung air

6.



Poros
Pendayung dan
lengan
pendayung

7.



Bearing Duduk

8.



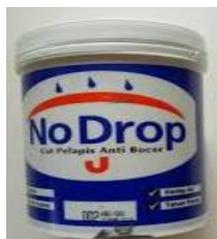
Pulley & Belting

11.



Baut & Mur
14 mm, 19 mm

12.



Cat

4.4.3. *Packing*

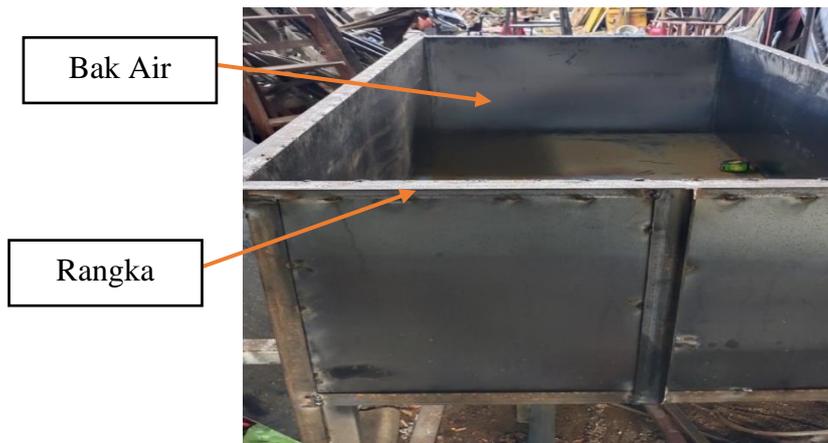
Setelah komponen telah dibuat, ditahap ini akan dibahas proses *packing* atau penyatuan pada setiap komponen untuk dijadikan alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik, alat pembangkit gelombang air ini nantinya

akan dimanfaatkan sebagai sumber tenaga dari Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut dengan mengaplikasikan teknik pendulum dan kolom osilasi.

Berikut ini merupakan tahapan dari proses *packing* atau penyatuan :

1. Menyatukan Rangka Utama dan Bak Air

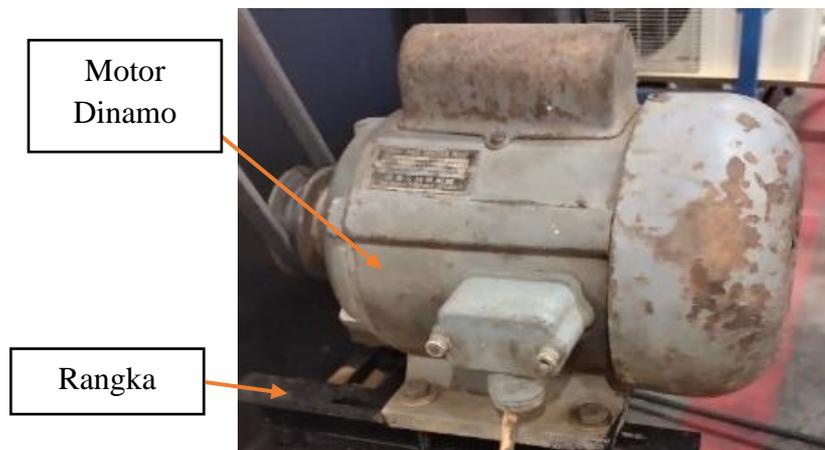
Pada langkah awal, untuk menggabungkan rangka utama dengan bak air akan dilakukan proses penyambungan dengan konsep pengelasan, yang bertujuan supaya kolam air dapat menyatu secara permanen pada rangka utama.



Gambar 4.9 Menyatukan Rangka Utama dan Bak Air

2. Memasang Motor Dinamo

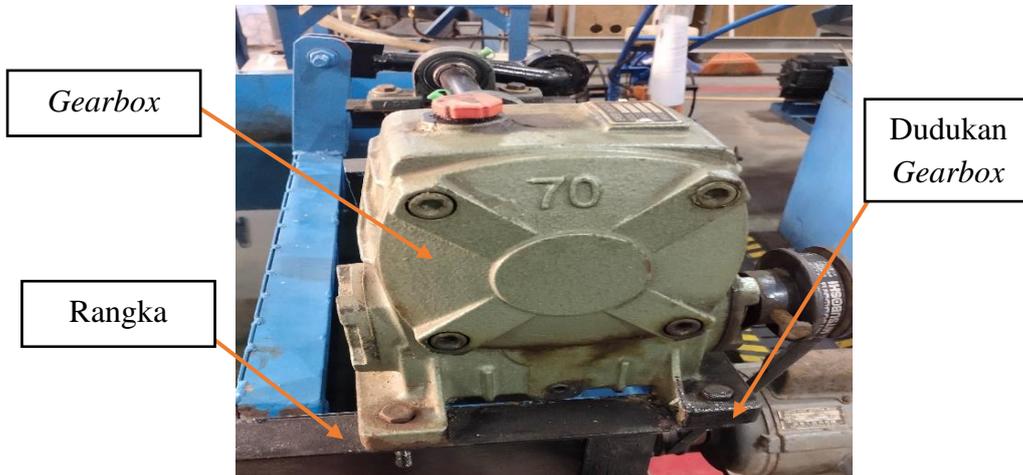
Pasang motor dinamo ke dudukan yang telah dibuat pada rangka dengan konsep baut dan mur, baut dan mur yang digunakan untuk mengikat dengan ukuran 14 mm.



Gambar 4.10 Memasang Motor Dinamo

3. Memasang *Gearbox*

Memasang *gearbox* kedudukan yang telah dibuat pada rangka dengan menggunakan konsep baut dan mur, untuk mengikat *gearbox* digunakan baut dan mur berukuran 14 mm.



Gambar 4.11 Memasang Gearbox

4. Memasang *Bearing Duduk*, Poros Pendayung Dan Lengan Pendayung

Masukan terlebih dahulu poros pendayung kedalam *bearing duduk*, kemudian memasang *Bearing duduk* kedudukan yang telah dibuat pada rangka dengan menggunakan konsep baut dan mur, untuk mengikat *Bearing duduk* digunakan baut dan mur berukuran 14 mm.



Gambar 4.12 Memasang *Bearing Duduk*, Poros Pendayung, Dan Lengan Pendayung

5. Memasang pendayung

Memasang pendayung kedudukan yang telah dibuat pada kolam air dan ke lengan pendayung dengan menggunakan konsep baut dan mur, untuk mengikat pendayung digunakan baut dan mur berukuran 19 mm.



Gambar 4.13 memasang pendayung

6. Memasang *Pulley* dan *Belting*

Dudukan terlebih dahulu *pulley* pada motor dinamo dan *gearbox* kemudian pasang belting dengan nomor A 36, selanjutnya setel belting dengan menggeser dudukan motor dinamo sampai ketat.



Gambar 4.14 Memasang *Pulley* Dan *Belting*

7. Pengecatan/Pewarnaan

Pengecatan/Pewarnaan dilakukan dengan cara manual menggunakan kuas, langkah ini bertujuan untuk memberi warna sekaligus mencegah kebocoran pada bak air dan melindungi alat dari karat.



Gambar 4.15 Hasil Pengecatan

8. Finising

Setelah komponen – komponen pada pembuatan alat uji pembangkit gelombang laut menjadi energi listrik telah selesai dibuat sesuai dari siperancang. Maka, dapat dilihat pada gambar 4.16 merupakan tampak dari alat uji pembangkit tenaga gelombang menjadi energi listrik yang sudah terisis air dan digabungkan pada pembangkit listrik dengan metode pendulum dan kolom osilasi.



Gambar 4.16 Hasil Pembuatan Alat Uji Pembangkit Tenaga Gelombnag Air Menjadi Energi Listrik

4.5. Hasil dan Analisa Pengujian

Untuk mendapatkan hasil pengujian yang efektif perlu dilakukan pengambilan data pada percobaan alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik. Ada tiga variasi perbedaan volume air yang akan diuji yaitu pada volume air pertama sebanyak 50 % = 0,6 m³, volume air kedua 66,67% = 0,8 m³, dan volume air ketiga 75 % = 0,9 m³. Hasil data pengujian dapat dilihat pada tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Data Pengujian Alat Pembangkit Tenaga Gelombang Air Menjadi Energi Listrik

Percobaan	Volume Air (m ³)	Tinggi gelombang (m)	Panjang Gelombang (m)	Periode Gelombang (s)
1	0,6	0,01	0,66	1,25
2	0,8	0,05	0,75	1
3	0,9	0,06	0,97	0,6

Berdasarkan data percobaan diatas, maka dapat dihitung berapa nilai energi gelombang air yang akan dihasilkan :

1. Menghitung Energi Gelombang Air Percobaan Pertama

- Menghitung Kecepatan Gelombang

$$\text{Dik : } \lambda = 0,66 \text{ m}$$

$$T = 1,25 \text{ s}$$

$$\text{Dit : } v = \dots?$$

$$\text{Jawab : } v = \frac{\lambda}{T}$$

$$= \frac{0,66 \text{ m}}{1,25 \text{ s}}$$

$$= 0,53 \text{ m/s}$$

- Menghitung Energi Potensial (P.E)

Dik : $h = 0,01 \text{ m}$

$\lambda = 0,66 \text{ m}$

$\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

$T = 1,25 \text{ s}$

Volume air = $0,6 \text{ m}^3$

$g = 9,81 \text{ m/s}$

$W = 1 \text{ m}$

Dit : P.E =?

$$\begin{aligned} \text{Jawab = P.E} &= \text{P.E} = \frac{1}{4} W \rho g a^2 \lambda \\ &= \frac{1}{4} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot \left(\frac{0,01}{2}\right)^2 \text{ m} \cdot 0,66 \text{ m} \\ &= 0,04 \text{ J} \end{aligned}$$

- Menghitung Energi Kinetik (K.E)

Dik : $h = 0,01 \text{ m}$

$\lambda = 0,66 \text{ m}$

$\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

$T = 1,25 \text{ s}$

Volume air = $0,6 \text{ m}^3$

$g = 9,81 \text{ m/s}$

$W = 1 \text{ m}$

Dit : K.E =?

$$\begin{aligned} \text{Jawab = K.E} &= \frac{1}{4} W \rho g a^2 \lambda \\ &= \frac{1}{4} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot \left(\frac{0,01}{2}\right)^2 \text{ m} \cdot 0,66 \text{ m} \\ &= 0,04 \text{ J} \end{aligned}$$

- Menghitung Total Energi (E_w)

Dik : P.E = 0,04 J

K.E = 0,04 J

Dit : E_w =?

Jawab : $E_w = P.E + K.E$
 $= 0,04 J + 0,04 J$
 $= 0,08 J$

- Menghitung Energi *Density* (E_{wD})

Dik : h = 0,01 m

$\rho_{air} = 1000 \text{ kg/m}^3$

g = 9,81 m/s

W = 1m

Dit : E_{wD} =?

Jawab : $E_{wD} = \frac{1}{4} W \rho g a^2$
 $= \frac{1}{4} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot \left(\frac{0,01}{2}\right)^2 \text{ m}$
 $= 0,12 \text{ J/m}^2$

2. Menghitung Energi Gelombang Air Percobaan Kedua

- Menghitung Kecepatan Gelombang

Dik : $\lambda = 0,75 \text{ m}$

T = 1 s

Dit : v =?

Jawab : v = $\frac{\lambda}{T}$
 $= \frac{0,75 \text{ m}}{1 \text{ s}}$
 $= 0,75 \text{ m/s}$

- Menghitung Energi Potensial (P.E)

Dik : $h = 0,05 \text{ m}$

$\lambda = 0,75 \text{ m}$

$\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

$T = 1 \text{ s}$

Volume air $= 0,8 \text{ m}^3$

$g = 9,81 \text{ m/s}$

$W = 1 \text{ m}$

Dit : P.E $= \dots ?$

Jawab = P.E $= P.E = \frac{1}{4} W \rho g a^2 \lambda$

$$= \frac{1}{4} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot \left(\frac{0,05}{2}\right)^2 \text{ m} \cdot 0,75 \text{ m}$$

$$= 1,15 \text{ J}$$

- Menghitung Energi Kinetik (K.E)

Dik : $h = 0,01 \text{ m}$

$\lambda = 0,66 \text{ m}$

$\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

$T = 1,25 \text{ s}$

Volume air $= 0,8 \text{ m}^3$

$g = 9,81 \text{ m/s}$

$W = 1 \text{ m}$

Dit : K.E $= \dots ?$

Jawab = K.E $= \frac{1}{4} W \rho g a^2 \lambda$

$$= \frac{1}{4} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot \left(\frac{0,05}{2}\right)^2 \text{ m} \cdot 0,75 \text{ m}$$

$$= 1,15 \text{ J}$$

- menghitung total energi (E_w)

Dik : P.E = 1,15 J

K.E = 1,15 J

Dit : E_w =?

Jawab : $E_w = P.E + K.E$
 $= 1,15 J + 1,15 J$
 $= 2,3 J$

- menghitung energi *density* (E_{wD})

Dik : h = 0,01 m

$\rho_{air} = 1000 \text{ kg/m}^3$

g = 9,81 m/s

W = 1m

Dit : E_{wD} =?

Jawab : $E_{wD} = \frac{1}{4} W \rho g a^2$
 $= \frac{1}{4} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot \left(\frac{0,05}{2}\right)^2 \text{ m}$
 $= 3,06 \text{ J/m}^2$

3. Menghitung Energi Gelombang Air Percobaan Ketiga

- Menghitung Kecepatan Gelombang

Dik : $\lambda = 0,97 \text{ m}$

T = 0,6 s

Dit : v =?

Jawab : v = $\frac{\lambda}{T}$
 $= \frac{0,97 \text{ m}}{0,6 \text{ s}}$
 $= 1,62 \text{ m/s}$

- Menghitung Energi Potensial (P.E)

Dik : $h = 0,06 \text{ m}$

$\lambda = 0,97 \text{ m}$

$\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

$T = 0,6 \text{ s}$

Volume air $= 0,9 \text{ m}^3$

$g = 9,81 \text{ m/s}$

$W = 1 \text{ m}$

Dit : P.E =.....?

Jawab = P.E $= P.E = \frac{1}{4} W \rho g a^2 \lambda$

$$= \frac{1}{4} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot \left(\frac{0,06}{2}\right)^2 \text{ m} \cdot 0,97 \text{ m}$$

$$= 2,14 \text{ J}$$

- Menghitung Energi Kinetik (K.E)

Dik : $h = 0,06 \text{ m}$

$\lambda = 0,97 \text{ m}$

$\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

$T = 0,6 \text{ s}$

Volume air $= 0,9 \text{ m}^3$

$g = 9,81 \text{ m/s}$

$W = 1 \text{ m}$

Dit : K.E =.....?

Jawab = K.E $= \frac{1}{4} W \rho g a^2 \lambda$

$$= \frac{1}{4} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot \left(\frac{0,06}{2}\right)^2 \text{ m} \cdot 0,97 \text{ m}$$

$$= 2,14 \text{ J}$$

menghitung total energi (E_w)

Dik : P.E = 2,14 J

K.E = 2,14 J

Dit : E_w =?

Jawab : $E_w = P.E + K.E$

$$= 2,14 \text{ J} + 2,14 \text{ J}$$

$$= 4,28 \text{ J}$$

- menghitung energi density (E_{WD})

Dik : h = 0,06 m

$\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

g = 9,81 m/s

W = 1m

Dit : E_{WD} =?

Jawab : $E_{WD} = \frac{1}{4} W \rho g a^2$

$$= \frac{1}{4} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot \left(\frac{0,06}{2}\right)^2 \text{ m}$$

$$= 4,41 \text{ J/m}^2$$

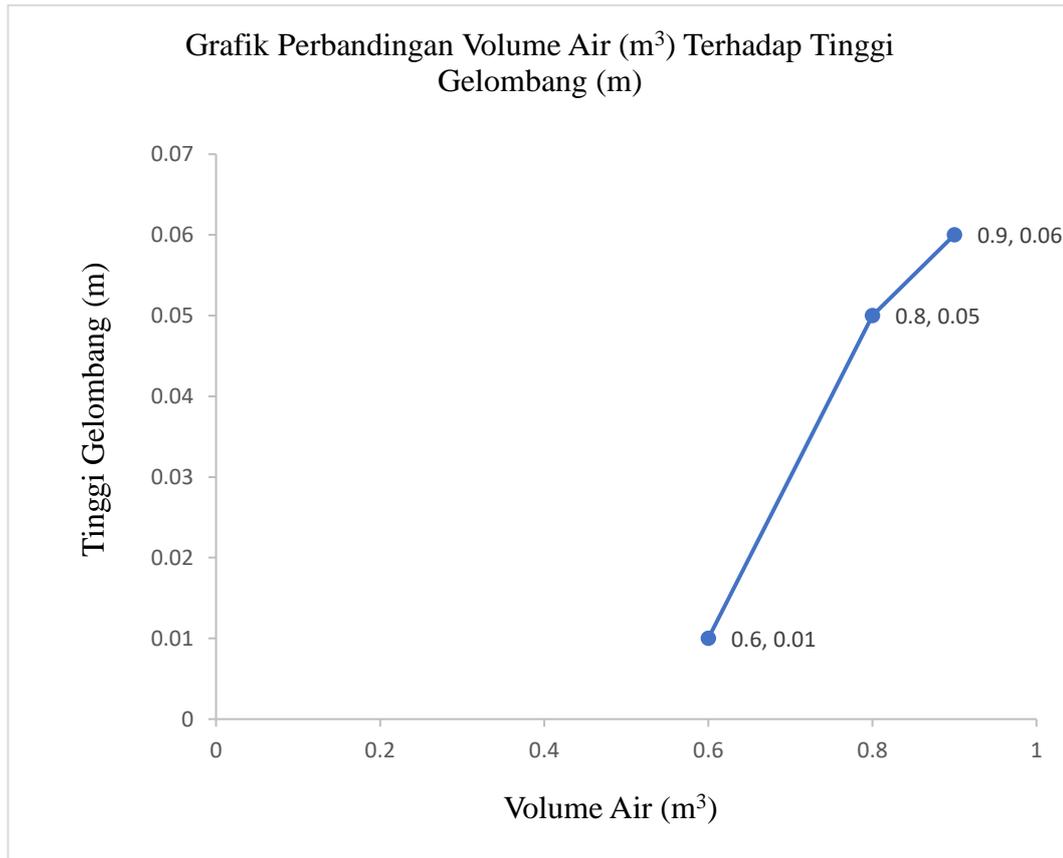
Setelah dilakukan pengujian terhadap alat pembangkit tenaga gelombang air, maka didapat nilai perbandingan volume air terhadap energi gelombang air yang dihasilkan, perbedaan energi gelombang air yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian energi Gelombang Air

Percobaan	Volume air/ V (m ³)	Tinggi Gelombang h (m)	panjang Gelombang λ (m)	Kecepatan Gelombang v (m/s)	Energi Potensial P.E (J)	Energi Kinetik K.E (J)	Total Energi E _{WD} (J)	Energi Density P _{WD} (J/m ²)
1	0,6	0,01	0,66	0,53	0,04	0,04	0,08	0,12
2	0,8	0,05	0,75	0,75	1,15	1,15	2,3	3,06
3	0,9	0,06	0,97	1,62	2,14	2,14	4,28	4,14

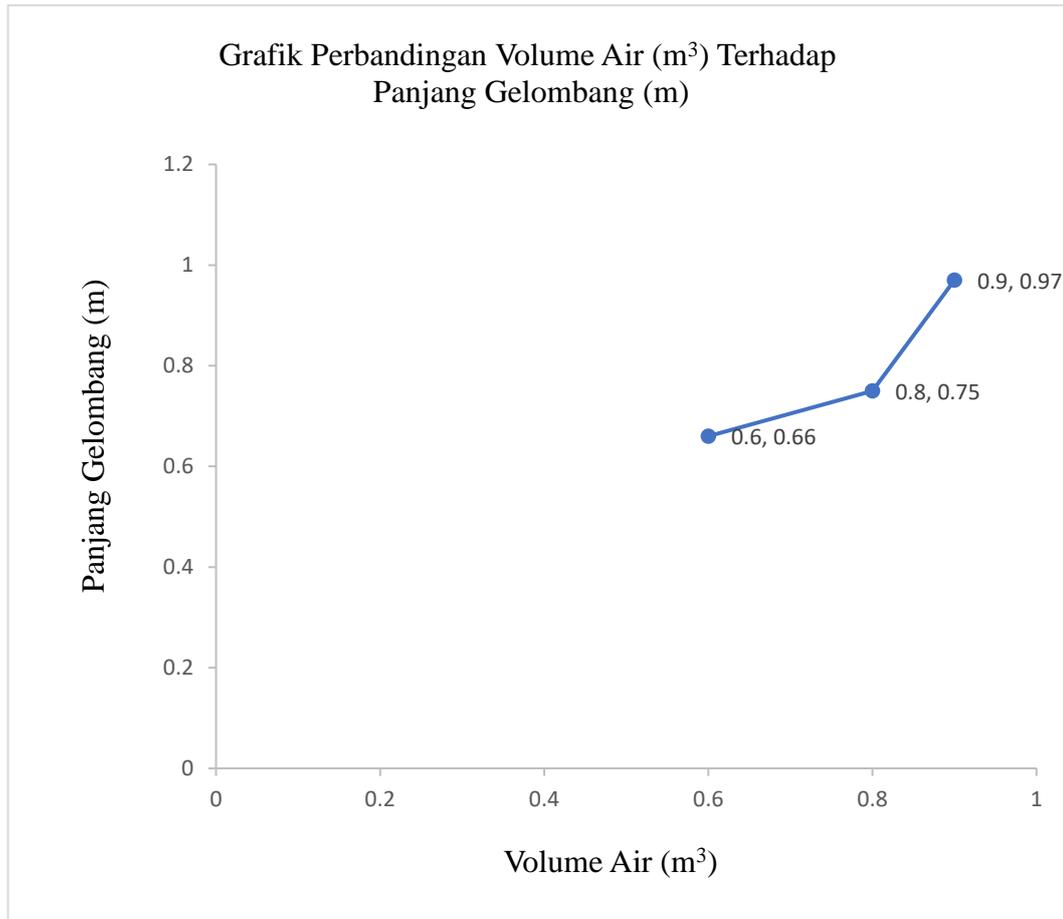
Pada tabel 4.5 memperlihatkan hasil pengujian dari alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik dengan tiga perbededa volume air yaitu dengan volume 0,6 cm³, 0,8 cm³, dan 0,9 cm³. Pada percobaan pertama dengan volume air 0,6 m³ didapat tinggi gelombang 0,01 m, panjang gelombang 0,66 m , Kecepatan gelombang 0,53 m/s, energi potensial 0,04 J, Energi Kinetik 0,04 J, total energi 0,08 J, dan energi *density* gelombang 0,12 J/m². Percobaan kedua dengan volume air 0,8 m³ didapat tinggi gelombang 0,05 m panjang gelombang 0,75 m, kecepatan gelombang 0,74 m/s, energi potensial 1,15 J, Energi Kinetik 1,15 J, total energi (E_{WD}) 2,3 J, dan energi *density* gelombang 3,06 J/m². Sedangkan pada pengujian yang ketiga dengan volume air 0,9 m³ didapat tinggi gelombang 0,06 m, panjang gelombang 0,97 m, Kecepatan gelombang 1,62 m/s, energi potensial 2,14 J, Energi Kinetik 2,14 J, dan energi *density* gelombang 4,14 J/m².

Selanjutnya untuk melihat perbandingan volume air terhadap tinggi gelombang dan panjang gelombang serta perbandingan total energi terhadap energi *density* akan ditampilkan pada grafik dibawah ini :



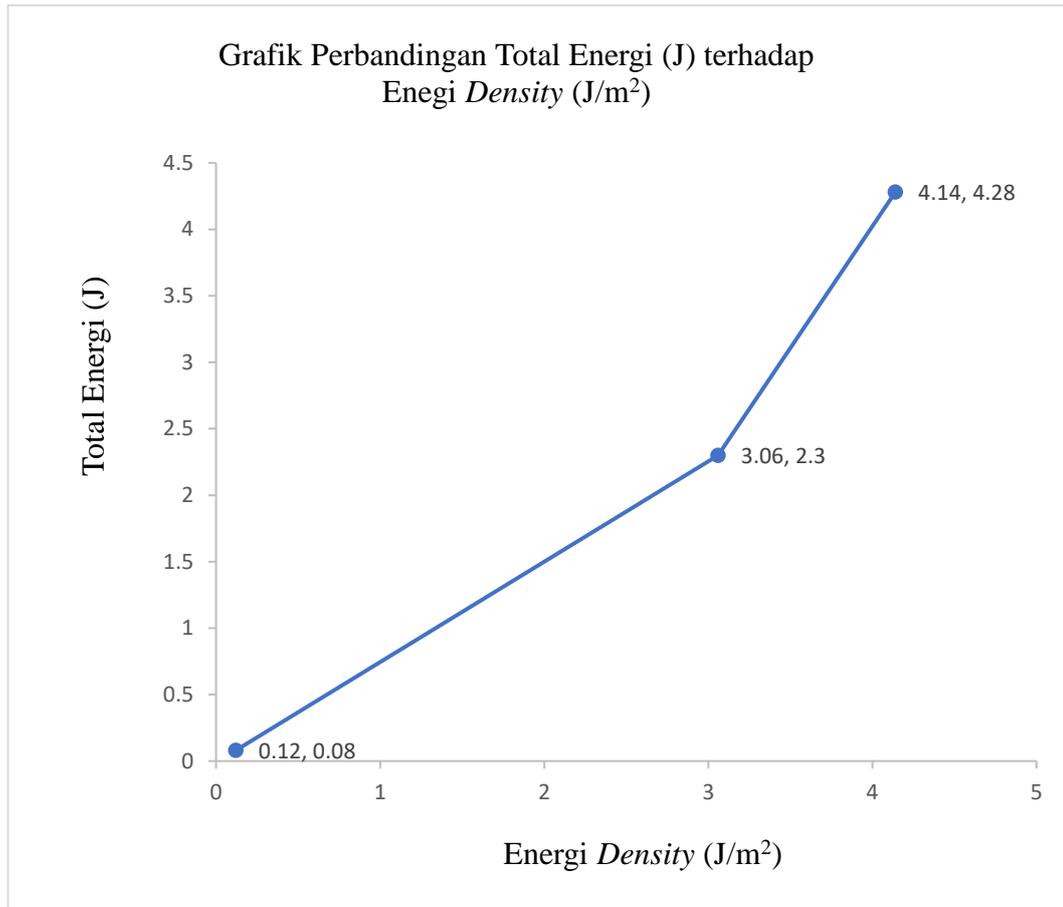
Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan Volume Air terhadap Tinggi Gelombang

Dari hasil pengamatan pada gambar 4.17 diatas dapat dijelaskan bahwa volume air sangat berpengaruh terhadap tingginya gelombang air yang dihasilkan, dikarenakan semakin banyak volume air maka semakin tinggi pula gelombang air yang dihasilkan. Pada volume air yang pertama sebesar 0,6 m³ didapat tinggi gelombang air 0,01 m, untuk volume air yang kedua sebesar 0,8 m³ mengalami kenaikan yang signifikan terhadap tinggi gelombang air yaitu sebesar 0,5 m, sedangkan untuk volume air yang ketiga sebesar 0,9 m³ didapat tinggi gelombang 0,06 m.



Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Volume Air terhadap Panjang Gelombang

Hasil dari pengamatan pada gambar 4.18 dapat dijelaskan bahwa volume air sangat berpengaruh terhadap panjangnya gelombang air yang dihasilkan, dikarenakan semakin banyak volume air maka semakin panjang pula gelombang yang dihasilkan. Pada volume 0,6 m³ air didapat panjang gelombang 0,66 cm, volume air 0,8 m³ didapat panjang gelombang air 0,75 m, dan volume air 0,9 m³ didapat panjang gelombang 0,97 m.



Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Total Energi (J) terhadap Energi Density (J/m²)

Sedangkan hasil dari pengamatan pada gambar 4.19 dapat dijelaskan juga bahwa volume air sangat berpengaruh terhadap energi gelombang air yang dihasilkan. Pada percobaan pertama menunjukkan total energi yang didapat 0,08 J dengan energi *density* 0,12 J/m², percobaan kedua menunjukkan total energi yang didapat 02,3 J dengan energi *density* 3,06 J/m², sedangkan pada percobaan ketiga menunjukkan total energi yang didapat 4,28 J dengan energi *density* 4,14 J/m².

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan pada alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Pembuatan alat pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik ini telah selesai dibuat dan mampu menghasilkan tenaga gelombang air, guna memfasilitasi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTG) dengan mengaplikasikan teknik pendulum dan kolom osilasi dalam bentuk miniatur.
2. Hasil dari pengujian alat pembangkit tenaga gelombang air ini sangat bergantung terhadap volume air, semakin banyak volume air maka akan semakin besar pula energi gelombang air yang akan dihasilkan. Ada tiga percobaan yang dilakukan, pada percobaan pertama dengan volume air 0,6 m³ didapat tinggi gelombang 0,01 m dan panjang gelombang 0,66 m dengan energi gelombang 0,08 J dan energi *density* gelombang 0,12 J/m², percobaan kedua dengan volume air 0,8 m³ didapat tinggi gelombang 0,05 m dan panjang gelombang 0,75 m energi didapat energi gelombang 2,3 J dan energi *density* gelombang 3,06 J/m², sedangkan pada percobaan yang ketiga dengan volume air 0,9 m³ didapat tinggi gelombang 0,06 m panjang gelombang 0,97 m total energi 4,28 J dan energi *density* gelombang 4,14 J/m².

5.2. Saran

Penelitian ini masih sangat banyak memiliki kekurangan. Oleh karena itu, ada beberapa saran yang harus disampaikan dalam mengembangkan penelitian ini :

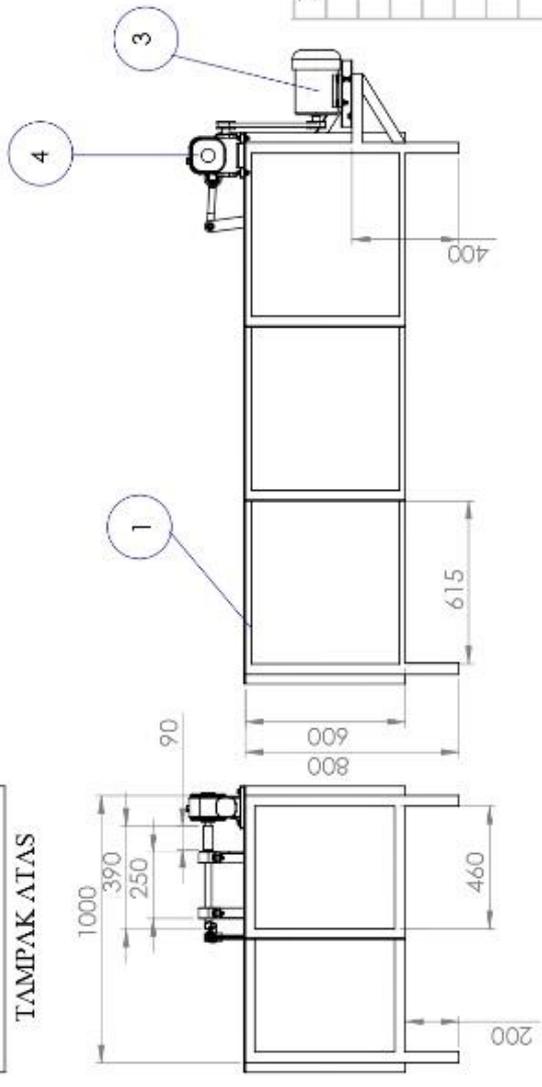
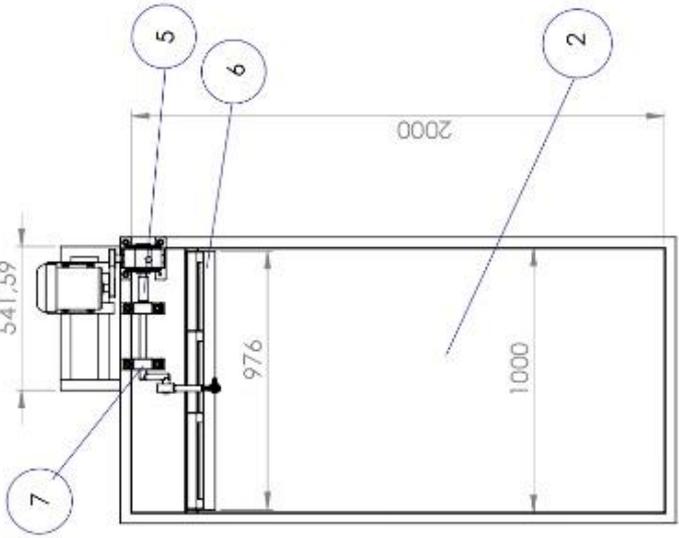
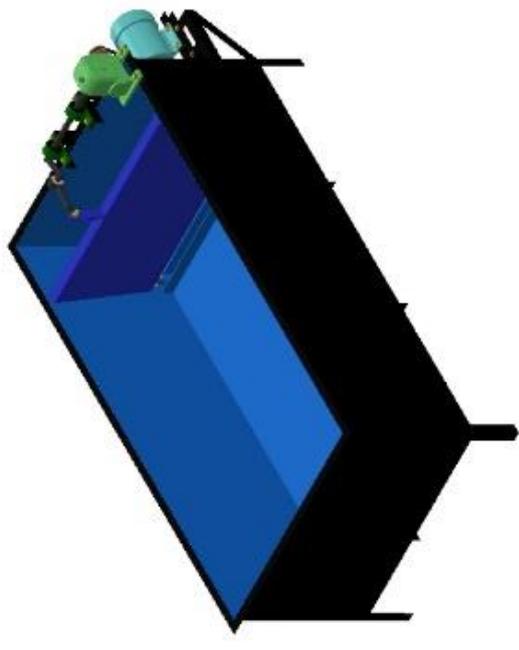
1. Perlu dilakukan perbaikan berupa penambahan dimensi panjang kolam air pada alat pembangkit tenaga gelombang air supaya mendapatkan panjang dan tinggi gelombang air yang ideal.
2. Dalam melakukan penelitian selanjutnya, diusahakan menambah lagi variasi volume air pada saat pengujian supaya mendapatkan energi gelombang air yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- A. M. Siregar dan C. A. Siregar, (2019) “*Reliability Test Prototype Wind Turbine Savonius Type Helical As An Alternative Electricity Generator*”, Medan : *University of Muhammadiyah Sumatera Utara*.
- A. M. Siregar, C. A. Siregar, dan M. Yani, (2019), “rekayasa saluran gas buang sepeda motor guna mengurangi pencemaran udara”, vol. 2, No. 2, sept 2019, 171-179, Medan : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- C. A. Siregar dan A. M. Siregar, (2019), “Studi Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Destilasi Air Laut Memanfaatkan Energi Matahari”, vol. 2, No. 2, sept 2019, 165-170. Medan : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- C. Shaputra, C. dan Rasyid, R.,(2019) “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Berbasis Piezoelektrik dengan Modul Charging TP5100 pada Bangunan Groin Pemecah Ombak Pantai Padang,” vol. 8, no. 4, pp. 342–347, 2019.
- Dandekar, M. M., dan Sharma, K. N., (1997) "Pembangkit Listrik Tenaga Air", Jakarta.
- I. A. Wijaya., (2010), “Teknologi Oscilating Water Column Di Perairan Bali,” Teknol. Elektro, Universitas Undayana. Vol. 166 9 No.2 Juli - Desember 2010
- J. F. Ludji, dan V. A. Koehuan, dan Nurhayati. “Analisis Efisiensi Sistem Osilator Kolom Air sebagai Pembangkit Daya Tenaga Gelombang Laut.”
- L. A. Mardiansyah, A. Ismanto, and W. B. Setyawan, “Kajian Potensi Gelombang Laut Sebagai Sumber Energi Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Dengan Sistem Oscilating Water Column (OWC) Di Perairan Pantai Bengkulu,” *J. Oseanografi*, vol. 3, no. 3, pp. 328–337, 2014.
- L. Kurniawan, L. P., S. Sarwito, and R. Kusuma, 2014, “Studi Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe Salter Duck,” vol. 3, no. 1, pp. 76–79, 2014.
- M. R. Azizie, S. Ariyani, dan A. B. Nurgroho (2020) “Analisis Energi Gelombang Air Laut Menggunakan Teknologi Oscilating Water Colum” Vol.01, No 01. Februari, 2020. Universitas Muhammadiyah Jember

- Prioliawan R. A., (2017), "Pengaruh Jumlah Sudu Turbin *Wells* Dan Variasi Gelombang Laut Terhadap Fenomena *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem *Oscillating Water Column* (OWC)", Universitas Jember
- Pudjanarsa Astu dan Nursuhud Djati, 2013, Mesin Konversi Energi, Yogyakarta
- R.A. Siregar., & C.A. Siregar. (2019) "Pembangunan Turbin Angin Darrieus-Savonius Sebagai Ikon Wisata Laut Dan Kuliner Di Belawan". Medan: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Rong-quan Wang a , De-zhi Ning a, (2018) "*Nonlinear and viscous effects on the hydrodynamic performance of a fixed OWC wave energy converter*", Coastal Engineering 131 (2018) 42–5C, China
- Utami, S. R., (2010), "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dengan Menggunakan Sistem Oscilating Water Column (Owc) Di Tiga Puluh Wilayah Kelautan Indonesia," *Dep. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Indones.*, vol. 1, no. 1, p. 7, 2010.

LAMPIRAN



TAMPAK KIRI

No.	Bagian	Bahan	Jumlah
1	Rangka		
2	Kolam Air		
3	Motor Dinamo		
4	Gearbox		
5	Poros		
6	Pendayung		
7	Bearing		

Nama : Gianto
 NPM : 1607230018
 Diperiksa : Chandra A Siregar, S.T., M.T. Tgl : Maret 2020
A3 PEMBANGKIT TENAGA GELOMBANG AIR
 PRODI TEKNIK MESIN
 FAKULTAS TEKNIK
 UMSU
 Satuan : mm
 Skala : 1:50



**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020 – 2021**

Peserta seminar

Nama : Gianto

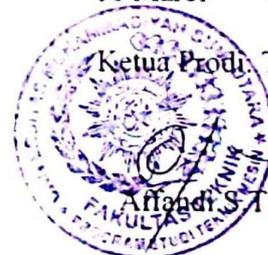
NPM : 1607230018

Judul Tugas Akhir : Pembuatan Alat Uji Pembangkit tenaga Gelombang laut Menjadi Energi Listrik.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:
Pemanding – I	: M. Yani.S.T.M.T	: <i>M. Yani</i>
Pemanding – II	: Sudirman Lubis.S.T.M.T	: <i>Sudirman</i>
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607230051	Imam Akbar Tanjung.	<i>Imam Akbar</i>
2	1607230050	FAHRIN SAPUTRA SIREGAR	<i>Fahrin</i>
3	160723003	MHD DIKI SARAGIH	<i>Mhd Diki</i>
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 17 Rajab 1442 H
01 Maret 2021 M

Ketua Prodi T.Mesin



Gianto
Gianto S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Gianto
NPM : 1607230018
Judul T.Akhir : Pembuatan Alat Uji Pembangkit Tenaga Gelombang Laut Menjadi –
Energi Listrik.

Dosen Pembimbing – I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

What... pd draft skripsi, bagian yg
kurang direvisi

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 17 Rajab 1442H
01 Maret 2021 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembanding- I

M.Yani.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Gianto
NPM : 1607230018
Judul T.Akhir : Pembuatan Alat Uji Pembangkit Tenaga Gelombang Laut Menjadi –
Energi Listrik.

Dosen Pembimbing – I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - Perbaiki bab II merodoloy: penulisan .
 - Tambahkan daftar pustaka
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 17 Rajab 1442H
01 Maret 2021 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembanding- II

Sudirman Lubis.S.T.M.T

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pembuatan Alat Pembangkit Tenaga Gelombang Air Menjadi Energi Listrik

Nama : Gianto

NPM : 1607230018

Dosen Pembimbing : Chandra A Siregar S.T., M.T.

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	7/1/20	Perbaiki Bab 1 dan 2	?
2.	9/1/20	Perbaiki Bab 2, Lanjut Bab 3.	?
3.	13/1/20	Perbaiki Bab 3	?
4.	27/2/20	Lanjut Bab 4.	?
5.	17/3/20	Perbaiki Bab 4.	?
6.	18/4/20	Lanjut Bab 5	?
7.	28/4/20	Tambahkan Referensi	?
8.	12/5/20	Acc Semhas	?



Bila menjabat surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://teknik.umsu.ac.id> E-mail: teknik@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 1063/II.3-AU/UMSU-07/F/2020

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 14 September 2020 dengan ini Menetapkan :

Nama : **GIANTO**
NPM : 1607230018
Program Studi : **TEKNIK MESIN**
Semester : **IX(SEMBILAN)**
Judul Tugas Akhir : **PEMBUATAN ALAT UJI TENAGA GELOMBANG AIR LAUT MENJADI ENERGI LISTRIK**

Pembimbing – I : **CHANDRA A SIREGAR, ST, MT**

Dengan demikian diizinkan untuk menulis Tugas Akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Penulisan Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (Satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal,
Medan, 27 Muharram 1442 H
15 September 2020 M

Dekan

Manawar Alfansury Siregar, S.T, M.T
NIDN : 0101017202

Cc. File

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Gianto
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat Tanggal Lahir : Teluk Panji I, 06 – Mei – 1998
Alamat : Jl. Sultan Hasanuddin, Teluk Panji I
Agama : Islam
E-Mail : giantato10@gmail.com
No. Hp : 082165313485

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD Negeri 118390 Kampung Rakyat Tahun 2004-2010
2. SMP Negeri 3 Kampung Rakyat Tahun 2010-2013
3. SMK Negeri 2 Rantau Utara Tahun 2013-2016
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016-2021