

**TUGAS AKHIR**  
**PERANCANGAN ALAT UJI TENAGA GELOMBANG AIR**  
**MENJADI ENERGI LISTRIK**

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

**Disusun Oleh:**

**IMAM AKBAR TANJUNG**  
**1607230051**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Imam Akbar Tanjung  
NPM : 1607230051  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Perancangan Alat Uji Tenaga Gelombang Air Menjadi Energi Listrik  
Bidang ilmu : Konstruksi dan Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 16 Maret 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji – I



M. Yani, S.T.,M.T

Dosen Penguji – II



Sudirman Lubis, S.T.,M.T

Dosen Pembimbing I / Penguji



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

Program Studi Teknik Mesin

Ketua,



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

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Imam Akbar Tanjung  
Tempat /Tanggal Lahir :Tanjung Morawa/06 Mei 1998  
NPM : 1607230051  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

**“Perancangan Alat Uji 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 orisinil 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, 16 Maret 2021

Saya yang menyatakan,



Imam Akbar Tanjung

## ABSTRAK

Perancangan alat uji pembangkit listrik tenaga gelombang air merupakan pemanfaatan energi gelombang air yang banyak kita temui di perairan. Alat pembangkit listrik tenaga gelombang air sebelumnya dianggap kurang efisien karena energi listrik yang dihasilkan sangat kecil oleh karena itu penulis bertujuan untuk menguji kinerja alat uji yang dibangun berdasarkan tinggi gelombang, waktu membuat gelombang. Alat pembangkit listrik tenaga gelombang air ini menggunakan konsep dorong karena pada konsep dorong daya yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan konsep tekan atas dan konsep angin sehingga konsep yang digunakan penulis adalah konsep dorong. Hasil yang didapat pada alat uji pembangkit listrik tenaga gelombang air yang dibuat serta dilakukan pengujian didapatkan hasil jika semakin banyak volume air maka akan semakin besar pula tinggi dan panjang gelombang yang didapat. Tinggi gelombang maksimal 6 cm dan panjang gelombang 97 cm dengan volume air  $900.000 \text{ cm}^3$  atau tinggi air 45 cm. Pada tinggi gelombang air 5 cm dan panjang gelombang 75 cm dengan volume air  $800.000 \text{ cm}^3$  atau tinggi air 40 cm. pada tinggi gelombang air 1 cm dan panjang gelombang 66 cm dengan volume air  $600.000 \text{ cm}^3$  atau tinggi air 30 cm.

Kata kunci : gelombang air, alat uji, pembangkit listrik, konsep dorong

## **ABSTRACT**

*The design of the water wave power generator test equipment is the use of water wave energy that we often encounter in water. Previously, the water wave power generator was considered less efficient because the electrical energy produced was very small. Therefore, the author aims to test the performance of the test equipment built on the wave height, wave time. This water wave power generator uses the concept of thrust because in the rear thrust concept the power generated is greater than the upper press concept and the wind concept so the concept used by the author is the thrust concept. The results obtained in the water wave power generator test equipment that were made and tested were obtained the results if the more water volume, the greater the height and wavelength obtained. The maximum wave height is 6 cm and a wavelength of 97 cm with a water volume of 900,000 cm<sup>3</sup> or a water height of 45 cm. At 5 cm high water golombang and 75 cm wavelength with a water volume of 800,000 cm<sup>3</sup> or a water height of 40 cm. at a water wave height of 1 cm and a wavelength of 66 cm with a water volume of 600,000 cm<sup>3</sup> or a water height of 30 cm.*

*Key words: water wave, test equipment, power plant, push concep*

## 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 Tugas Akhir ini yang berjudul “Perancangan Alat Uji 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 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 dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini serta selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak M Yani, S.M.,M.T selaku Dosen Penguji I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Sudirman Lubis, S.T.,M.T selaku Dosen Penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi, S.T.,M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
7. Orang tua penulis: Andri dan Marlina, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Sahabat-sahabat penulis : Gianto, Fahrin Saputra Siregar, Diki Saragi, Andri Mustafa, Syaifi, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan 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 konstruksi Teknik Mesin.

Medan, 16 Maret 2021



Imam Albar Tanjung

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Sejarah Perkembangan	4
2.2. Gelombang Laut	5
2.3. Teori Gelombang Amplitudo Kecil (Airy)	7
2.4. Pasang Surut	8
2.5. Terjadinya Air Pasang	9
2.6. <i>Hindcasting</i> Gelombang	10
2.7. <i>Fetch</i>	10
2.8. Klasifikasi Macam Jenis Gelombang Laut	11
2.8.1 Berdasarkan dari sifatnya	11
2.8.2 Berdasarkan ukuran dan penyebabnya	12
2.9. Refraksi dan <i>Wave Shoaling</i>	13
2.10. Pengolahan data gelombang	13
2.11. Teknik Pelaksanaan dalam Memanfaatkan Energi Gelombang Laut	14
2.12 Deformasi Gelombang	15
2.13 Gelombang Pecah	15
2.14 Penentuan Momen Inersia Penggerak	16
2.15 Teori Tambahan	18
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu	20
3.1.1 Tempat	20
3.1.2 Waktu	20
3.2 Bahan dan Alat	21
3.2.1 Bahan	21

3.2.2	Alat	23
3.3	Bagan Alir Penelitian	26
3.4	Uraian Bagan Alir Penelitian	27
3.5	Rancangan Alat Penelitian	28
3.6	Prosedur Penelitian	29
3.6.1	Langkah-langkah Perancangan	29
3.6.2	Langkah-langkah Pengujian	30

## **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Hasil Konsep Sketsa Perancangan Alat Uji Tenaga Gelombang Air Menjadi Energi Listrik	31
4.1.1	Konsep Dorong Belakang	31
4.1.2	Konsep Tekan Atas	31
4.1.3	Konsep Angin	32
4.2	Pemilihan Konsep Rancangan	32
4.3	Hasil Pemilihan Konsep	33
4.4	Gambar Rancangan	33
4.4.1	Bak / Kolam	34
4.4.2	Kerangka Bak / Kolam	35
4.4.3	Pendayung	36
4.4.4	Dinamo	36
4.4.5	Pully	37
4.4.6	Belting	37
4.4.7	Gearbox	38
4.4.8	As Pendayung / Crankshaf	38
4.4.9	Lengan Pendayung / Conneting Rod	38
4.4.10	Lahar Duduk	39
4.4.11	Lahar	39
4.4.12	Baut dan Mur 14,19 mm	40
4.5	Daftar Harga	40
4.6	Spesifikasi Alat	41
4.7	Analisa Pengujian Alat	42
4.8	Hasil Pengujian	44

## **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan	46
5.2	Saran	46

## **DAFTAR PUSTAKA 47**

### **LAMPIRAN**

### **LEMBAR ASISTENSI**

### **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	20
Tabel 4.1 Pemilihan Jenis Konsep Pembuatan Gelombang dengan Metode Matrik Kesimpulan	33
Tabel 4.2 Daftar Harga Komponen Dalam Pembuatan Alat Uji Pembangkit Tenaga Gelombang Air Menjadi Energi Listrik	41
Tabel 4.3 Spesifikasi Alat	41
Tabel 4.4 Analisa Pengujian	43
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Gelombang Air	44

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Gambar Pergerakan Air Laut	6
2.2	Gambar Sketsa Definisi Gelombang	7
2.3	Gambar Perubahan bentuk gelombang yang menjalar mendekati Pantai	11
2.4	Gambar Gelombang pembangun/ pembentuk pantai ( <i>Constructive wave</i> )	11
2.5	Gambar Gelombang merusak pantai ( <i>Destructive wave</i> )	12
2.6	Gambar Penentuan Tinggi Gelombang Pecah	16
2.7	Gambar Penentuan kedalaman gelombang pecah	16
3.1	Gambar Plat Besi Lembaran	21
3.2	Gambar Besi Siku	21
3.3	Gambar Kabel	22
3.4	Gambar Dinamo Listrik	22
3.5	Gambar Gearbox / Transmisi	23
3.6	Gambar Komputer	24
3.7	Gambar <i>Software Solidworks</i>	25
3.8	Gambar Meteran	25
3.9	Gambar Bagan Alir Penelitian	26
3.10	Gambar Sketsa Konsep Dorong	28
3.11	Gambar Sketsa Konsep Tekan Atas	28
3.12	Gambar Sketsa Konsep Angin	29
4.1	Gambar Sketsa Konsep Dorong	31
4.2	Gambar Sketsa Konsep Tekan Atas	31
4.3	Gambar Sketsa Konsep Angin	32
4.4	Gambar Pohon Objektif untuk Memilih Jenis Konsep Perancangan Alat Uji Tenaga Gelombang Air	32
4.5	Gambar Rancangan	34
4.6	Gambar Bak / Kolam	35
4.7	Gambar Kerangka Bak / Kolam	35
4.8	Gambar Pendayung	36
4.9	Gambar Dinamo	36
4.10	Gambar Pully	37
4.11	Gambar Belting	37
4.12	Gambar Gearbox	38
4.13	Gambar Pendayung / Chankshaft	38
4.14	Gambar Lengan Pendayung / Conneting Rod	39
4.15	Gambar Lahar Duduk	39
4.16	Gambar Lahar	40
4.17	Gambar Baut dan Mur 14, 19 mm	40

## DAFTAR NOTASI

- $F_{eff}$  : *Fetch* efektif  
 $F$  : Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*  
 $\alpha$  : Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan penambahan  $6^\circ$  sampai sudut sebesar  $42^\circ$  pada kedua sisi dari arah angin.  
 $H_s$  : Gelombang signifikan  
 $K_r$  : Koefisien refraksi  
 $\alpha$  : Sudut antara garis puncak gelombang dan garis kontur dasar laut di titik yang ditinjau  
 $\alpha_0$  : Sudut antara garis puncak gelombang di laut dalam dan garis pantai  
 $C$  : Kecepatan rambat gelombang  
 $C_0$  : Kecepatan rambat gelombang di laut dalam  
 $H_0$  : Tinggi gelombang laut dalam  
 $K_s$  : Koefisien Pendangkalan (*Shoaling*)  
 $\rho$  : Massa Jenis Benda  
 $d$  : Diameter  
 $I$  : Massa/meter  
 $P$  : Daya  
 $g$  : Gravitasi  
 $V$  : Tegangan  
 $I$  : Arus

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Perbandingan Volume Air Terhadap Tinggi Gelombang	44
Grafik 4.2 Perbandingan Volume Air Terhadap Panjang Gelombang	44

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah wilayah kepulauan yang memiliki jumlah masyarakat yang begitu banyak sehingga kebutuhan masyarakat menjadi sangat banyak untuk dipenuhi seperti pemakaian listrik. Letak geografis Indonesia yang sejajar dengan garis katulistiwa memiliki wilayah kepulauan yang terdiri dari perairan dan daratan. Pada wilayah kepulauan ini memiliki keanekaragaman ekosistem yang masih alami.

Pada wilayah perairan terdapat gelombang yang tercipta karena adanya hembusan angin. Angin yang bertiup di atas permukaan air laut menimbulkan gelombang dan membawa suatu kecepatan yang mempunyai energi. Apabila kecepatan angin bertambah, gelombang tersebut menjadi bertambah besar dan jika angin berhembus terus-menerus akhirnya terbentuk gelombang. Energi gelombang dapat dijadikan sebagai energi pengganti minyak atau energi terbarukan. Gelombang laut adalah pergerakan naik turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva sinusoidal. Pada umumnya gelombang laut disebabkan oleh tiupan angin baik secara langsung atau pun tidak langsung. Pembentukan gelombang umumnya terjadi di daerah perairan lepas, saat gelombang terbentuk gelombang tersebut akan bergerak dalam jarak yang panjang melintasi laut, dengan hanya kehilangan sedikit energinya.

Bentuk dan perambatan gelombang yang bervariasi serta tidak beraturan sangat mempengaruhi karakteristik gelombang yang terjadi pada perairan tersebut. Gelombang laut merupakan gejala alam yang menimbulkan ayunan tinggi dan rendahnya massa air yang bergerak tanpa hentinya pada lapisan permukaan maupun di bawah permukaan laut. Susunan gelombang di laut baik bentuknya maupun macamnya sangat bervariasi dan kompleks sehingga hampir tidak dapat diuraikan dan sulit digambarkan. Bentuk gelombang yang dihasilkan cenderung tidak menentu dan tergantung pada beberapa sifat gelombang seperti periode dan tinggi gelombang yang dibentuk.

Tenaga gelombang tersebut banyak yang terbuang sia – sia. Oleh karena itu gelombang air mempunyai peluang dalam mengembangkan energi terbarukan salah satunya adalah energi yang berhubungan dengan gelombang laut. Listrik yang merupakan hal yang sangat penting dalam menunjang kemajuan suatu masyarakat. Sayangnya di negara kita belum semua daerah terjangkau oleh jaringan listrik Pembangkit Listrik Negara (PLN). Namun, tak perlu kecewa. Masih ada alternatif energi terbarukan jika kita mau sedikit berusaha membangun pembangkit listrik tenaga gelombang.

Banyak cara dalam pemanfaatan energi gelombang laut menjadi energi listrik diantaranya adalah dengan menggunakan alat perubah gerakan *translasi* ke dalam gerakan rotasi dan akhirnya membuat gerakan rotasi pada generator.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang konsep pembuatan gelombang air
2. Bagaimana mensimulasikan dengan *Software Solidworks*
3. Karena kurangnya pemanfaatan gelombang air laut.

## 1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang akan dibahas dalam penelitian ini mengenai :

1. Menggunakan jenis air tawar
2. Menggunakan kapasitas volume air kurang dari 1.000.000 cc
3. Tinggi maksimal gelombang air  $\pm 30$  cm

## 1.4 Tujuan Penelitian

1. Menentukan setidaknya 3 konsep pembuatan alat uji
2. Menganalisa struktur alat uji
3. Mensimulasikan alat uji konversi energi dengan menggunakan software Solidwork
4. Menguji kinerja alat uji yang dibangun berdasarkan tinggi gelombang, waktu membuat gelombang.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini memberi pengetahuan baru tentang energi terbarukan gelombang air, adapun hal yang diteliti ialah tinggi gelombang dan waktu pembuatan gelombang, membuat gelombang beraturan berulang-ulang, dapat mengetahui analisa struktur alat uji.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1 Sejarah Perkembangan

Menurut (Dandekar & Sharma, 1979) penggunaan mesin untuk parik penggilingan dari tenaga air pasang telah dioperasikan di Inggris pada abad 11. Beberapa penggilingan ini masih dioperasikan di zaman modern ini. Tenaga yang dihasilkan antara 50 sampai 100 kW. Tenaga air pasang juga digunakan dalam pemasokan air di London dan pompa pembuangan dampah di Hamburg. Tetapi adanya perkembangan sumber-sumber tenaga yang lain, penggunaan tenaga air pasang kurang menarik.

Pada permulaan abad 20, perhatian terhadap tenaga air pasang dihidupkan kembali dengan mendapat dukungan utama dari O. Turnbull di Kanada, D.P. Cooper di USA dan N. Davey di Inggris. Buku pertama mengenai tenaga air pasang oleh Davey diterbitkan pada tahun 1922. Pada tahun 1933, Sistem Tenaga Air Pasang Severn Creek dibangun dibawah pengawasan pemerintah Inggris, dan sekitar waktu itu Amerika Serikat memulai pekerjaan sebuah proyek di Teluk Passamaquoddy. Akan tetapi pekerjaan ini diberikan pada tahun 1935 sehubungan dengan terbatasnya biaya. Selanjutnya hampir dalam periode 25 tahun tidak terlihat aktivitas mengenai tenaga air pasang. Dengan ditemukannya turbin *bulb*, baru terlihat kembali adanya perhatian terhadap tenaga air pasang. L.B. berntein dari Uni Soviet dan R.Gibrat dari Francis meneruskan minat ini. Pada tahun 1966 untuk pertama kalinya dunia membangun pembangkit listrik tenaga air pasang di Rance, Francis, yang merupakan suatu terobosan baru. Pembangkit berkemampuan 240 MW ini beroperasi dengan mengubah memuaskn selama sepuluh tahun 1968 sebuah percobaan stasiun tenaga air pasang dengan kemampuan 400 kW dimulai di Kislaya Guba, Uni Soviet.

Banyak tempat potensial lainnya untuk tenaga air pasang dalam penyelesaian di berbagai bagian dunia ini.

## 2.2 Gelombang Laut

Menurut (Astu & Djati, 2012) gelombang laut merupakan energi dalam transisi, energi yang terbawa oleh sifat aslinya. Gelombang permukaan merupakan gambaran yang sederhana untuk menunjukkan bentuk dari suatu energi lautan. Sedangkan menurut (Wakkary & Jasin, 2017) Gelombang laut merupakan salah satu fenomena alam yang terjadi di laut. Gelombang laut adalah pergerakan naik turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva sinusoidal. Pada umumnya gelombang laut disebabkan oleh tiupan angin baik secara langsung atau pun tidak langsung. Pembentukan gelombang umumnya terjadi di daerah perairan lepas, saat gelombang terbentuk gelombang tersebut akan bergerak dalam jarak yang panjang melintasi laut, dengan hanya kehilangan sedikit energinya.

Lain halnya menurut 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. Periode 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:

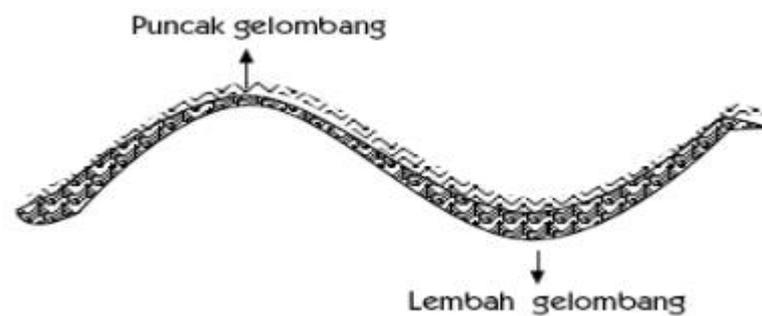
1. Gelombang Angin

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.

Sedangkan menurut 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)

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

Adapun gejala dari energi gelombang bersumber pada fenomena-fenomena berikut :

1. Benda (*body*) yang bergerak pada atau dekat permukaan yang menyebabkan terjadinya gelombang dengan periode kecil, energi kecil pula.
2. Angin yang merupakan sumber penyebab utama gelombang lautan.
3. Gangguan seismik yang menyebabkan terjadinya gelombang pasang atau tsunami.

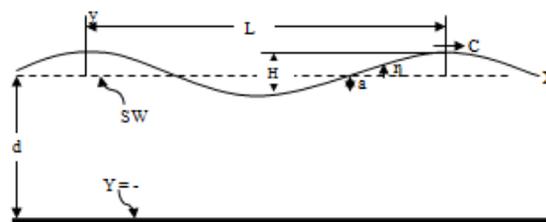
4. Medan grafitasibumi dan bulan penyebab gelombang besar, terutama menyebabkan terjadinya gelombang pasang yang tinggi.

Selanjutnya gelombang lautan ditinjau dari sifat pengukurannya dibedakan menurut ketinggian serta periode alurannya. Dari kebanyakan data yang ada, tinggi gelombang lautan dapat diukur melalui alat ukur gelombang ataupun dengan cara visual dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan. Menurut pengamatan para ahli, tinggi gelombang sama sekali tidaklah berkaitan dengan tinggi rata-ratanya, melainkan berkaitan dengan epertiga gelombang maksimumnya.

Secara matematika gelombang laut sukar dijabarkan dengan pasti, tetapi dapat diformulasikan 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 dari Airy atau teori gelombang linier dan gelombang non-linier.

### 2.3 Teori Gelombang Amplitudo Kecil (Airy)

Teori paling sederhana adalah teori gelombang Airy, yang juga disebut teorigelombang linier atau teori gelombang amplitudokecil, yang pertama kali dikemukakan oleh Sir.George Biddell Airy pada tahun 1845. Selainmudah dipahami, teori tersebut sudah dapatdigunakan sebagai dasar dalam merencanakanbangunan pantai.



Gambar 2.2 Sketsa Definisi Gelombang  
Sumber : (Triatmojo, 2012)

Teori Gelombang Airy ( teori amplitudo kecil ) diturunkan berdasarkanpersamaan Laplace untuk aliran tak rotasi ( *irrotational flow* ) dengan

kondisi atas di dasar laut dan di permukaan air. Terdapat beberapa anggapan yang digunakan untuk menurunkan persamaan gelombang adalah sebagai berikut.

1. Zat cair adalah homogen dan tidak termampatkan, sehingga rapat massa adalah konstan.
2. Tegangan permukaan diabaikan.
3. Gaya *coriolis* ( akibat perputaran bumi diabaikan ).
4. Tekanan pada permukaan air adalah seragam dan konstan.
5. Zat cair adalah ideal, sehingga berlaku aliran tak rotasi.
6. Dasar laut adalah horizontal, tetap dan *impermeable* sehingga kecepatan vertikal di dasar adalah nol.
7. Amplitudo gelombang kecil terhadap panjang gelombang dan kedalaman air.
8. Gerak gelombang berbentuk silinder yang tegak lurus arah penjaran gelombang sehingga gelombang adalah dua dimensi.

#### 2.4 Pasang Surut

Apabila seseorang berdiri di pantai dalam waktu yang cukup lama, maka orang tersebut akan merasakan bahwa kedalaman selalubertambah-ubah sepanjang waktu. Pada mulanya muka air rendah, beberapa waktu kemudian menjadi tinggi dan akhirnya mencapai maksimum. Setelah itu muka air turun kembali sampai elevasi terendah dan kemudian naik kembali. Perubahan elevasi muka air laut sebagai fungsi waktu tersebut disebabkan oleh adanya pasang surut.

Pembangkit tenaga dapat ditimbulkan melalui susunan dengan sistem daur air surut, dan sistem daur air pasang.

- Sistem Daur Air Surut Tunggal

Dalam sistem ini, pembangkit tenaga diperoleh karena air laut surut, dan air mengalir dari kolam melalui turbin-turbin ke laut yang sedang rendah permukaannya. Operasi itu mulai dari pengisian kolam ketika air laut pasang melalui pintu-pintu air, lalu menunggu perkembangan tingkat ketinggian air kolam dan laut secara grafik, dan menunjukkan periode pengisian, penggunaan dan pembangkitan tenaga secara bergantian.

- Sistem Daur Air Pasang Tunggal

Dalam sistem ini, pembangkit tenaga dipengaruhi oleh air pasang laut. Air dari laut dimasukkan ke dalam kolam melalui turbin. Setelah periode air pasang selesai, dan tingkatan permukaan laut turun lagi, pembangkit tenaga pun berhenti. Kolam dikosongkan, airnya lagi, pembangkit tenaga pun berhenti. Kolam dikosongkan, airnya dialirkan ke laut melalui pintu-pintu air. Karena itu diketahui bahwa tidak ada sesuatu tingkat ketinggian air yang terjadi, jika air dilepasakan seketika itu juga ke turbin saat air pasang mulai jatuh.

Walaupun sistem daur air pasang dan sistem daur air surut kelihatannya sama, dapatlah dikatakan bahwa sistem daur air surut memberikan lebih banyak keuntungan. Karena proyek air pasang berlokasi di kuala atau estuarium, masa air surut lebih lama jika dibandingkan dengan masa air pasang. Lebih lagi, areal kolam alami tidaklah tetap luasnya untuk segala macam ketinggian tingkat air, tetapi dapat meningkat tajam tingginya. Hal ini berpengaruh pada pengoperasian sistem daur air surut tunggal atau daur air pasang.

## 2.5 Terjadinya Air Pasang

Air pasang pada laut dan samudra di dunia ini adalah hasil dari pengaruh gaya beban universal dari massa yang besar, seperti matahari dan bulan di atas bumi. Bertepatan dengan pencairan 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 sebuah titik diamatrikal yang berlawanan di atas permukaan bumi juga mengalami air pasang tinggi yang disebabkan karena keseimbangan dinamik. Jadi, bulan purnama merupakan bulan baik untuk menimbulkan air pasang tinggi menurut (Dandekar & Sharma, 1979)

Sedangkan menurut (McDonald, 2004) Angin adalah 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 peawat konversi energi gelombang laut dipengaruhi oleh frekuensi angin yang terjadi sepanjang tahun pada suatu zona lautan tertentu.

## 2.6 *Hindcasting* Gelombang

*Hindcasting* gelombang adalah teknik peramalan gelombang yang akan datang dengan menggunakan data angin dimasa lampau. Data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan periode gelombang di laut. Terjadinya gelombang di laut paling dipengaruhi oleh tiupan angin. (Triatmojo, 2012)

## 2.7 *Fetch*

Menurut (Ihsan Jasin & Mamoto, 2016) *Fetch* adalah daerah pembangkit gelombang laut yang dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut tersebut. Daerah *fetch* adalah daerah dengan kecepatan angin konstan. Sedangkan jarak *fetch* merupakan jarak tanpa rintangan dimana angin sedang bertiup.

Arah *fetch* bisa datang dari segala arah, yang besarnya dapat dihitung sebagai berikut :

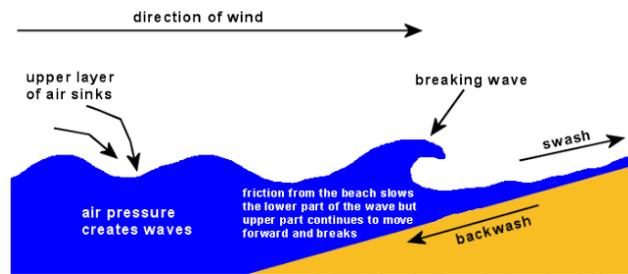
$$F_{eff} = \frac{\sum F \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (2.1)$$

dimana :

$F_{eff}$  : *Fetch* efektif

F : Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*

$\alpha$  : Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan  $6^\circ$  sampai sudut sebesar  $42^\circ$  pada kedua sisi dari arah angin.



Gambar 2.3 Perubahan bentuk gelombang yang menjalar mendekati pantai (Ihsan Jasin & Mamoto, 2016)

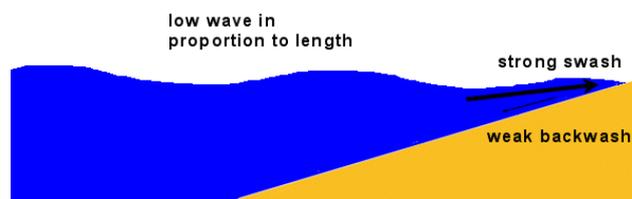
Gelombang yang menjalar dari laut dalam (*deep water*) menuju ke pantai akan mengalami perubahan bentuk karena adanya perubahan kedalaman laut. Apabila gelombang bergerak mendekati pantai, pergerakan gelombang di bagian bawah yang berbatasan dengan dasar laut akan melambat. Ini adalah akibat dari friksi/ gesekan antara air dan dasar pantai. Sementara itu, bagian atas gelombang di permukaan air akan terus melaju. Semakin menuju ke pantai, puncak gelombang akan semakin tajam dan lembahnya akan semakin datar. Fenomena ini yang menyebabkan gelombang tersebut kemudian pecah.

## 2.8 Klasifikasi Macam Jenis Gelombang Laut

2.8.1 Berdasarkan dari sifatnya, terdapat ada dua tipe gelombang laut, ditinjau dari sifat-sifatnya dikutip dari (pipichi, 2011) yaitu :

- Gelombang pembangun/ pembentuk pantai (*Constructive wave*)

### Constructive Waves

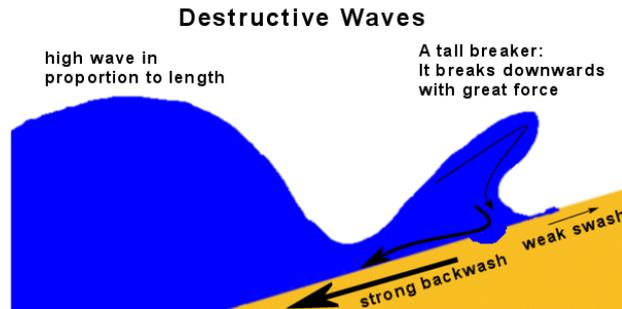


Gambar 2.4 Gelombang pembangun/ pembentuk pantai (*Constructive wave*) (Ihsan Jasin & Mamoto, 2016)

Yang termasuk gelombang pembentuk pantai, bercirikan mempunyai ketinggian kecil dan kecepatan rambatnya rendah. Sehingga saat gelombang

tersebut pecah di pantai akan mengangkut sedimen (material pantai). Material pantai akan tertinggal di pantai (*deposit*) ketika aliran balik dari gelombang pecah meresap ke dalam pasir atau pelan-pelan mengalir kembali ke laut.

- Gelombang perusak pantai (*Destructive wave*).



Gambar 2.5 Gelombang perusak pantai (*Destructive wave*) (Ihsan Jasin & Mamoto, 2016)

Sedangkan gelombang perusak pantai biasanya mempunyai ketinggian dan kecepatan rambat yang besar (sangat tinggi). Air yang kembali berputar mempunyai lebih sedikit waktu untuk meresap ke dalam pasir. Ketika gelombang datang kembali menghantam pantai akan ada banyak volume air yang terkumpul dan mengangkut material pantai menuju ke tengah laut atau ke tempat lain.

#### 2.8.2 Berdasarkan ukuran dan penyebabnya, dikutip dari (pendidikan.co.id)

- Gelombang kapiler (*capillary wave*)  
gelombang kapiler ini merupakan suatu gelombang yang biasa kita sebut dengan sebutan riak, gelombang kapiler tersebut mempunyai panjang gelombang sekitar 1,7 meter, periode kurang dari 0,2 detik dan diakibatkan karena tegangan permukaan serta juga tiupan angin yang tidak terlalu kuat.
- Gelombang angin (*seas/wind wave*)  
ini merupakan gelombang dengan panjang gelombang mencapai 130 meter, periode 0,2-0,9 detik, serta juga disebabkan oleh angin kencang.
- Gelombang Alun (*Swell wave*)  
merupakan suatu gelombang yang panjang gelombangnya itu dapat mencapai ratusan meter, periodenya itu sekitar 0,9 – 15 detik, dan juga disebabkan oleh angin yang bertiup lama.

- Gelombang Pasang Surut (Tidal Wave)  
merupakan suatu gelombang yang panjang gelombangnya itu dapat mencapai beberapa kilometer, periodenya ini berada antara 5 – 25 jam, serta juga disebabkan oleh fluktuasi gaya gravitasi matahari dan juga bulan.

## 2.9 Refraksi dan *Wave Shoaling*

Refraksi dan pendangkalan gelombang (*Wave Shoaling*) dapat menentukan tinggigelombang disuatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Refraksimempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang sertadistribusi energi gelombang di sepanjang pantai.(Triatmodjo, 1999)

## 2.10 Pengolahan data gelombang

Data gelombang yang diperoleh darilapangan dihitung berdasarkan rumus dari(Triatmodjo, 1999) sebagai berikut :

Gelombang signifikan

$$H_s = \frac{h_1+h_2,\dots,h_n}{n} \quad (2.2)$$

$$n = 33,3 \times \text{jumlah data}$$

Mencari kecepatan gelombang pada tiap titik sampling

$$C = \frac{9T}{2\pi} \tan \frac{2\pi d}{L} \quad (2.3)$$

Mencari koefisien refraksi

$$Kr = \sqrt{\cos \frac{\alpha_0}{\alpha}} \quad (2.4)$$

Dimana pada hukum snell berlaku apabila ditinjau gelombang dilaut dalam dan disuatu titik yang ditinjau, yaitu :

Mencari arah gelombang

$$\sin \alpha = \frac{c}{c_0} \sin \alpha_0 \quad (2.5)$$

Dengan : Kr : Koefisien Refraksi

$\alpha$  : Sudut antara garis puncak gelombang dan garis kontur dasar laut di titik yang ditinjau

$\alpha_0$ : Sudut antara garis puncak gelombang di laut dalam dan garis pantai

C : Kecepatan rambat gelombang

$C_0$ : Kecepatan rambat gelombang di laut dalam

Tinggi gelombang

Tinggi gelombang akibat pengaruh refraksi gelombang dan pendangkalan (*wave shoaling*), diberikan oleh rumus :

$$H = K_s \times K_r \times H_0 \quad (2.6)$$

Dengan :  $H_0$  : Tinggi gelombang laut dalam

$K_s$  : Koefisien Pendangkalan (*Shoaling*)

$K_r$  : Koefisien Refraksi

## 2.11 Teknik Pelaksanaan dalam Memanfaatkan Energi Gelombang Laut

Menurut (Astu & Djati, 2012) energi gelombang laut dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan pesawat demi kesejahteraan manusia. Upaya untuk memanfaatkan energi gelombang laut telah banyak dilakukan baik dengan konsep yang sederhana maupun yang secanggih. Sejumlah percobaan telah dilaksanakan oleh para ahli di bidang gelombang laut dan telah ditemukan beberapa konsep pemanfaatannya, di antaranya :

- Konsep yang sederhana :
  1. *Hearving and Pitching Bodies*
  2. *Cavity Resonators*
  3. *Pressure devices*
  4. *Surging wave energy convertors*
  5. *Particel Motion Convertors*
  6. *Float wave – Power Machine*
  7. *The Dolphin type wave power generator*
- Konsep yang lebih tinggi :
  1. *Salter's Nodding Duck*
  2. *Cockerell's Rafts*
  3. *Russel Ractifier*
  4. *Wave Focusing Techniques*

## 2.12 Deformasi Gelombang

Menurut (Triatmodjo, 1999), apabila suatu deret gelombang bergerak menuju pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi dan gelombang pecah.

Refraksi terjadi dikarenakan adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Difraksi terjadi apabila tinggi gelombang di suatu titik pada garis puncak gelombang lebih besar daripada titik didekatnya, yang menyebabkan perpindahan energi sepanjang puncak gelombang ke arah tinggi gelombang yang lebih kecil. Difraksi terjadi apabila suatu deret gelombang terhalang oleh rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau.

Refraksi dan pengaruh pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi dan gelombang pecah akan menentukan tinggi gelombang dan pola (bentuk) garis puncak gelombang di suatu tempat di daerah pantai.

## 2.13 Gelombang Pecah

Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Di laut dalam, gelombang maksimum dimana gelombang mulai tidak stabil diberikan oleh persamaan berikut :

$$\frac{H_o}{L_o} = \frac{1}{7} = 0.142 \quad (2.7)$$

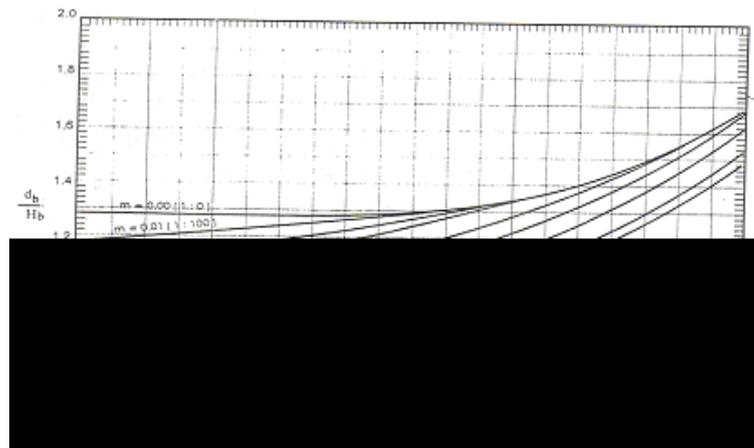
Kedalaman gelombang pecah dan tinggi gelombang pecah diberi notasi memberikan persamaan untuk menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah sebagai berikut :

$$\frac{H_b}{H_o} = \frac{1}{3.3 \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{\frac{1}{3}}} \quad (2.8)$$

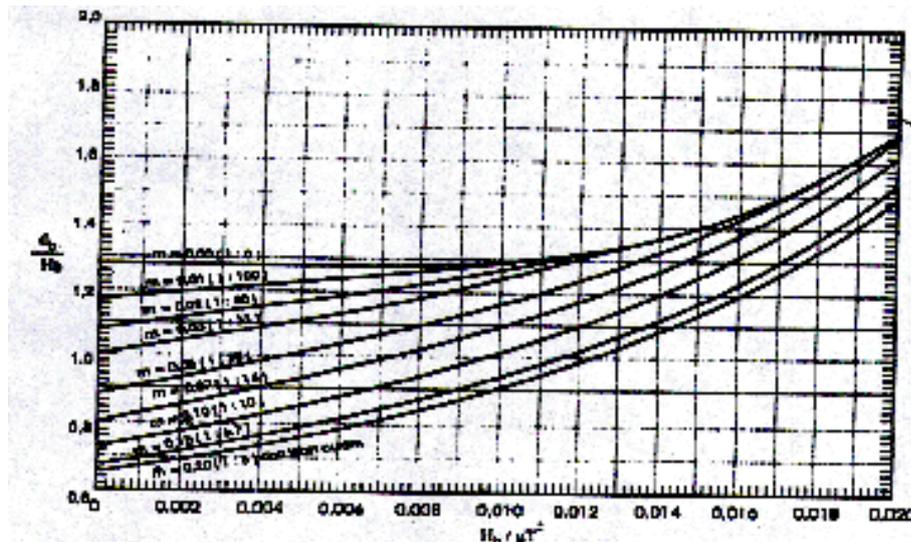
Gelombang pecah dapat dibedakan menjadi:

1. *Spilling* : terjadi apabila gelombang dengan kemiringan yang kecil menuju ke pantai yang datar, gelombang mulai pecah pada jarak yang cukup jauh dari pantai dan pecahnya terjadi berangsur – angsur.

2. *Plunging* : apabila kemiringan gelombang dan dasar laut bertambah, gelombang akan pecah dan puncak gelombang akan memutar dengan masa air pada puncak gelombang akan terjun ke depan.
3. *Surgin* : terjadi pada pantai dengan kemiringan yang cukup besar seperti yang terjadi pada pantai berkarang, daerah gelombang pecah sangat sempit dan energi dipantulkan kembali ke laut dalam.



Gambar 2.6 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah (Triatmodjo, 1999)



Gambar 2.7 Penentuan kedalaman gelombang pecah (Triatmodjo, 1999)

#### 2.14 Penentuan Momen Inersia Penggerak

Dua buah puly dengan diameter puly atas 3 inchi = 762 mm = 0,762 m, dengan ketebalan 25 mm = 0,025 m. Dan puly bawah 5 inchi = 0,127 m, dengan ketebalan 25 mm = 0,025 m.

Menurut (Pardede.C & Franky Sutrisno, 2018), secara sistematis ditentukan momen inersia akan dijelaskan seperti berikut:

Penentuan momen inersia penggerak.

$I$  poros penggerak

$$I = \frac{\pi}{32} \cdot \rho \cdot d^4 \cdot l \quad (kg \cdot m^2) \quad (2.9)$$

Setiap fluida yang melewati suatu penampang memiliki kecepatan tertentu. Kecepatan atau laju volume aliran fluida inilah yang biasanya disebut dengan kapasitas atau debit. Jadi kapasitas atau debit aliran adalah banyaknya volume suatu fluida yang melewati suatu penampang tiap satuan waktu. (Umurani.K, Habiburrahman 2019)

Besarnya energi potensial dari gelombang laut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$E_p = mg \frac{y(x,t)}{2} \quad (2.10)$$

Dengan  $P E$  adalah energi potensial gelombang (Joule),  $m$  adalah massa air (kg) dan  $g$  merupakan percepatan gravitasi bumi ( $9,81m/s^2$ ).

Bentuk persamaan pada gelombang yaitu :

$$y(x, t) = A \sin(kx - \omega t) \quad (2.11)$$

Nilai energi potensial tiap panjang gelombang di dapatkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_p = \int_0^\lambda E_p dx \quad (2.12)$$

Sehingga didapatkan persamaan energi potensial tiap panjang gelombang yaitu :

$$E_p = \frac{1}{4} \rho w g A^2 \lambda \quad (2.13)$$

Energi potensial gelombang yang telah lewat dari satu periode gelombang memiliki nilai yang sama dengan energi kinetiknya. Sehingga energi kinetik gelombang dapat ditulis sebagai berikut :

$$E_K = \frac{1}{4} \rho w g A^2 \lambda \quad (2.14)$$

Energi gelombang adalah energi mekanik gelombang yang merupakan total dari energi potensial gelombang dan energi kinetik gelombang, sehingga.

$$E_M = E_P + E_K$$

$$E_M = \left(\frac{1}{4}\rho w g A^2 \lambda\right) = \left(\frac{1}{4}\rho w g A^2 \lambda\right)$$

$$E_M = \frac{1}{2}\rho w g A^2 \lambda \quad (2.15)$$

Dari energi mekanik gelombang akan didapatkan nilai daya yang dihasilkan oleh gelombang dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = \frac{E_M}{T}$$

$$P = \frac{\rho w g A^2 \lambda}{2T}$$

Dengan  $\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2$  dan  $A = \frac{h}{2}$  maka

$$P = \frac{1}{16\pi}\rho w g^2 h^2 T \quad (2.16)$$

Dengan  $P$  merupakan daya listrik (Watt),  $w$  adalah lebar ruang, merupakan massa jenis air laut ( $\text{kg/m}^3$ ),  $g$  adalah percepatan gravitasi bumi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ),  $h$  adalah tinggi gelombang laut (m) dan  $T$  adalah periode gelombang laut (detik)

Sedangkan rumus yang digunakan untuk menentukan tegangan listrik menurut (Siregar A M & C A Siregar, 2019) ialah Tenaga listrik,  $P_g$  adalah daya yang keluar dari generator berupa tegangan (V) dan arus (I). Dengan mengukur besarnya tegangan yang dibangkitkan maka besarnya daya generator dapat di tulis.

$$P_g = V \cdot I \quad (2.17)$$

## 2.15 Teori Tambahan

Ada banyak cara dalam memanfaatkan energi yang ada di Indonesia, C A Siregar 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 12 hotspot dalam tenaga angin. Tenaga angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang paling melimpah di negara kita dan ramah lingkungan karena menekan emisi CO<sub>2</sub>, 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 (CO<sub>2</sub>), hidrokarbon (HC), dan oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>). Bahan bakar secara umum mengandung unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan belerang. Dalam pembakaran sempurna, gas buang hasil pembakaran berupa karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O) serta udara yang tidak terlibat pembakaran. Namun pembakaran sempurna sulit dicapai, sehingga terdapat gas buang hasil pembakaran lain seperti CO, HC, dan juga NO<sub>x</sub>, 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).

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu

#### 3.1.1 Tempat

Tempat di laksanakan nya kegiatan penelitian ini yaitu di labaratorium Proses Produksi Dasar Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

#### 3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sah kannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di kerjakan selama kurang lebih 6 bulan, dimulai dari September 2020 sampai dengan dinyatakan selesai.

Tabel 3.1.Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul	■					
2	Studi Litelatur	■	■				
3	Desain Alat		■				
4	Penulisan Bab 1 s/d Bab 3		■	■			
5	Seminar Proposal			■			
6	Pembuatan Alat			■	■		
7	Pengujian Alat dan Pengeolahan Data				■		
8	Penyelesaian Penulisan					■	
9	Sidang						■

## 3.2 Bahan dan Alat

### 3.2.1 Bahan

Adapun bahan yang di gunakan dalam perancangan alat ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Plat Besi Lembaran

Plat besi lembaran adalah besi yang berbentuk persegi yang memiliki tebal 1-5 mm biasa nya plat besi ini di gunakan sebagai lantai suatu bangunan.

Dalam perancangan alat uji tenaga gelombang air menjadi energi listrik ini plat besi lembaran berfungsi sebagi media untuk membentuk kolam/bak air.



Gambar 3.1 plat besi lembaran

#### 2. Besi Plat Siku

Besi siku adalah batang besi berpenampang siku (membentuk sudut 90 derajat). Besi siku merupakan salah satu material penting dalam industri konstruksi.

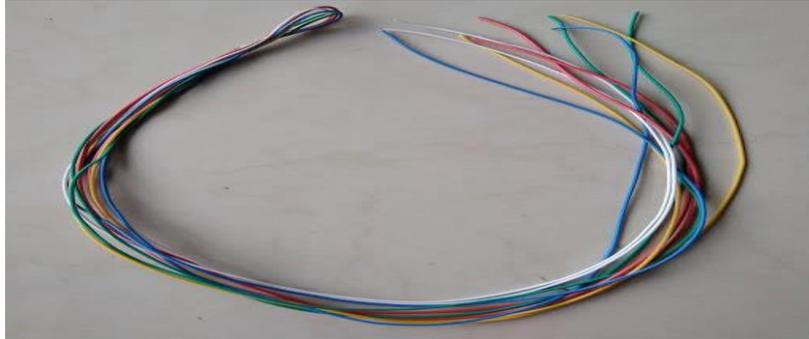
Dalam perancangan ini besi plat siku berfungsi sebagai rangka penahan plat besi lembaran.



Gambar 3.2 Besi Alat Siku

### 3. Kabel

Kabel dalam bahasa Inggris disebut cable merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal atau listrik dari satu tempat ketempat lain. Berdasarkan jenisnya, kabel terbagi menjadi 3 yakni kabel tembaga (copper), kabel koaksial, dan kabel seratoptic



Gambar 3.3 Kabel

### 4. Dinamo Listrik

Dinamo listrik adalah generator listrik pertama yang mampu menghantarkan tenaga untuk industri. Dinamo menggunakan prinsip elektromagnetisme menjadi listrik arus bolak-balik

Dalam perancangan ini dinamo berfungsi sebagai penggerak utama untuk menggerakkan pendayung pembuat ombak.



Gambar 3.4 Dinamo Listrik

## 5. Gearbox / Transmisi

Gearbox/transmisi adalah salah satu komponen utama motor yang disebut sebagai sistem pemindah tenaga, transmisi berfungsi untuk memindahkan dan mengubah tenaga dari motor yang berputar. Fungsi lain dari transmisi adalah untuk mengatur kecepatan gerak dan torsi serta berbalik putaran, sehingga dapat bergerak maju dan mundur.

Dalam perancangan ini gearbox/transmisi berfungsi untuk mengubah tenaga putaran dinamo ke lengan pendayung



Gambar 3.5 Gearbox/transmisi

### 3.2.2 Alat

Ada pun alat yang di gunakan pada perancangan dan penelitian ini adalah :

#### 1. Komputer

Komputer adalah alat perangkat keras yang digunakan untuk membantu proses desain perancangan suatu benda dengan perangkat lunak *Software Solidworks*.



Gambar 3.6 Komputer

## 2. *Solidworks*

Diterjemahkan dari bahasa Inggris *Solidworks* adalah program pemodelan komputer yang dibantu desain dan komputer dibantu teknik komputer yang berjalan terutama pada *Microsoft Windows*. Meskipun dimungkinkan untuk menjalankan *Solidworks* di MacOS, itu tidak didukung oleh *Solidworks*. *Solidworks* diterbitkan oleh Dassault Systèmes.

Fungsi *Software Solidworks* sebagai *software CAD*, *Solidworks* dipercaya sebagai perangkat lunak untuk membantu proses desain suatu benda atau bangunan dengan mudah. *Solidworks* banyak digunakan untuk merancang roda gigi, mesin mobil, casing ponsel dan lain-lain.

Pada tahapan assembly pada alat pembangkit energi listrik tenaga gelombang ini menggunakan menu assembly yang terdapat pada *solidwork 2015*. Kemudahan menggunakan mate untuk mengatur posisinya, adapun mate yang digunakan adalah coincident dan concentric. Untuk merubah arah gambar digunakan rotate component. (Umurani Khairul & Taufik Amri, 2018)



Gambar 3.7 Sofwere solidworks

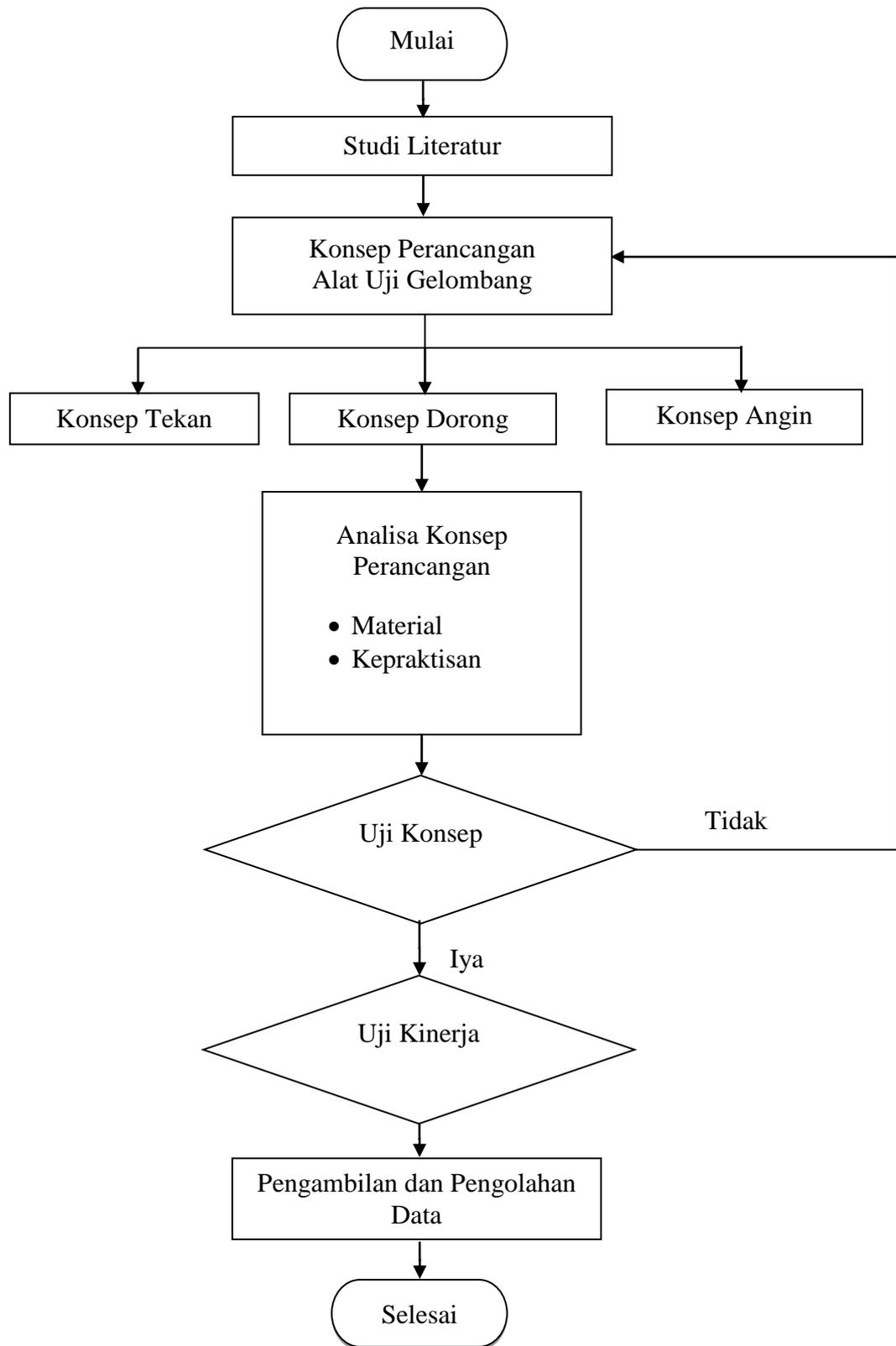
### 3. Meteran

Berfungsi sebagai menghitung tinggi dan jarak gelombang yang dihasilkan oleh alat uji.



Gambar 3.8 Meteran

### 3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.9 Bagan Alir Penelitian

### 3.4 Uraian Bagan Alir Penelitian

#### a. Mulai

Dalam sebuah pembuatan alat pembangkit listrik tenaga gelombang air, peneliti harus mencari referensi yang bersangkutan.

#### b. Studi literatur

Yaitu mencari tentang teori-teori tentang gelombang dan pembangkit listrik tenaga gelombang air, semakin banyak literatur yang didapat maka semakin kuat penelitian ini.

#### c. Pembuatan konsep

Adapun konsep perancangan yaitu konsep tekan, konsep dorong dan konsep angin.

#### d. Memilih konsep terbaik

Disini konsep perancangan yang dipilih adalah konsep dorong, karena gelombang yang dihasilkan maksimal dan teratur.

#### e. Uji konsep

Dengan cara menguji konsep dapat menghasilkan konsep perancangan yang terbaik

#### f. Uji kinerja alat

Uji kinerja disini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan yang dihasilkan dari alat uji

#### g. Pengambilan data

Mengambil data dari alat pembangkit listrik tenaga gelombang air, untuk mengetahui seberapa besar tinggi dan panjang gelombang air yang dihasilkan.

#### h. Menganalisa benda uji

Yaitu setelah pengambilan data maka selanjutnya akan di analisa untuk mengetahui seberapa besar tinggi dan panjang gelombang air yang dihasilkan dan kelayakan alat uji.

#### i. Selesai

Membersihkan peralatan dan alat uji

### 3.5 Rancangan Alat Penelitian

Dalam penelitian ini akan di rancang alat alat uji tenaga gelombang air menjadi energi listrik, ada pun konsep yang di buat untuk rancangan alat uji adalah sebagai berikut.

#### 1. Konsep Dorong

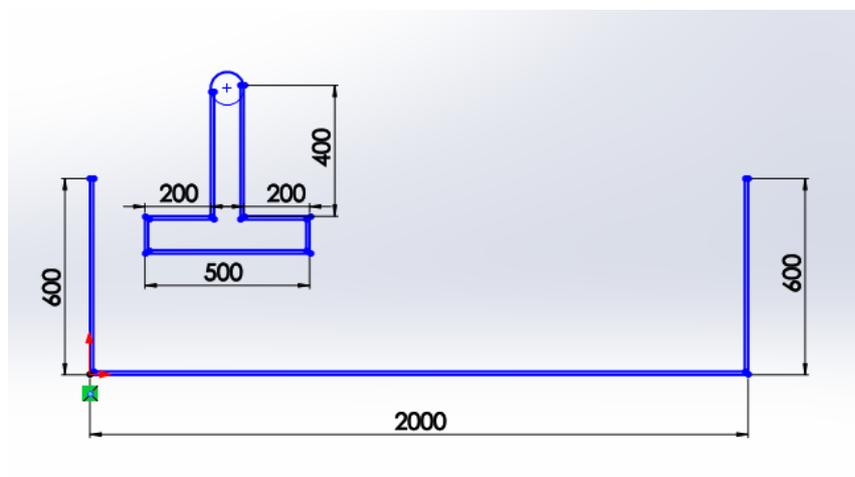
Konsep ini memiliki daya yang besar dan hasil yang diperoleh maksimal. Karena pada konsep mendorong ini papan dorong padat mendorong air dengan maksimal, sehingga gelombang yang dihasilkan lebih teratur berulang-ulang.



Gambar 3.10 Konsep Dorong

#### 2. Konsep Tekan Atas

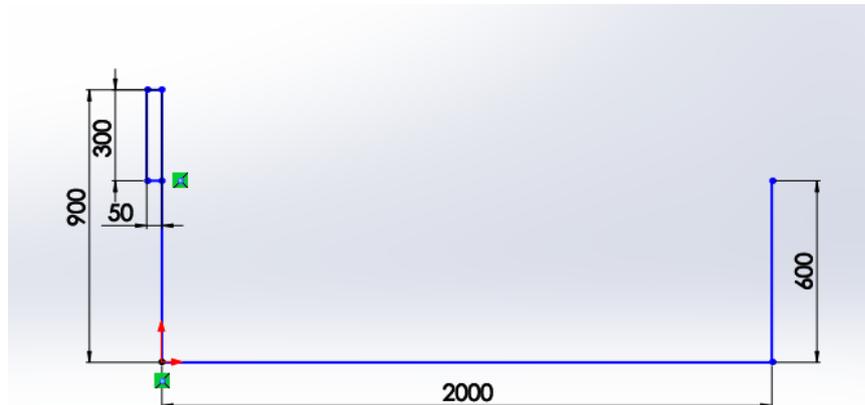
Konsep ini memiliki daya yang kurang maksimal. Karena pada konsep menekan ini papan dorong padat mendorong air dengan kurang maksimal, sehingga gelombang yang dihasilkan pun lebih kecil dan tidak beraturan.



Gambar 3.11 Konsep Dorong Atas

### 3. Konsep Angin

Konsep ini memiliki daya yang tidak maksimal, dikarenakan konsep ini memerlukan kecepatan angin yang besar dan wadah atau volume air yang banyak.



Gambar 3.12 Konsep Angin

Dalam penelitian ini akan di rancang alat pembuat gelombang air dengan konsep kerja mendorong air dari belakang agar mendapatkan hasil gelombang yang maksimal dan mendapatkan gelombang air yang berulang-ulang beraturan.

### 3.6 Prosedur Penelitian

#### 3.6.1 Langkah-langkah Perancangan

Adapun langkah-langkah perancangan alat uji tenaga gelombang air menjadi energi listrik adalah sebagai berikut :

1. Mencari studi literature tentang alat uji yang berkaitan dengan alat uji tenaga gelombang
2. Membuat 3 konsep rancangan alat pemmbangkitt listrik tenaga gelombang
3. Menguji konsep yang telah di buat
4. Mendesain bentuk alat uji yang akan dibuat dengan pada *Sofwere Solidwork*
5. Mensimulasikan pada *Sofwere Solidwork*
6. Menguji kinerja alat uji gelombang buatan dan pengambilan data

### 3.6.2 Langkah-langkah Pengujian

Adapun langkah-langkah perakitan komponen-komponen alat pembangkit listrik tenaga gelombang laut adalah sebagai berikut :

1. Mensimulasikan desain mesin pembuat gelombang yang telah di desain.
2. Menyalakan mesin pembuat gelombang yang telah dibuat.
3. Mengukur tinggi gelombang pada kolam ombak buatan.
4. Mencatat hasil pengujian alat uji gelombang buatan.
5. Setelah pengujian dilakukan membersihkan lokasi pengujian dan merapikan alat-alat yang telah digunakan.

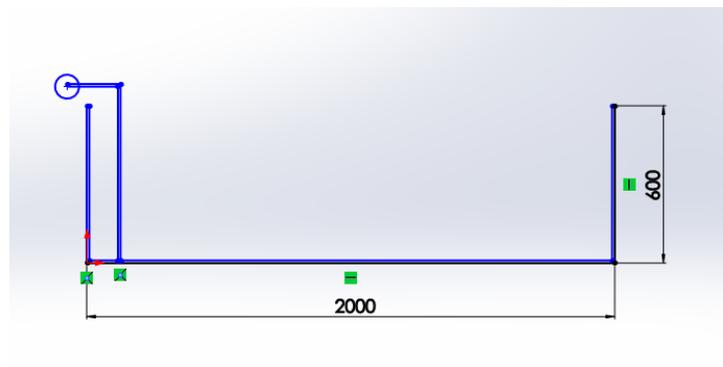
## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Konsep Sketsa Perancangan Alat Uji Tenaga Gelombang Air Menjadi Energi Listrik.

Dalam perancangan ini ada tiga konsep yang di gunakan diantaranya sebagai berikut :

#### 4.1.1 Konsep Dorong

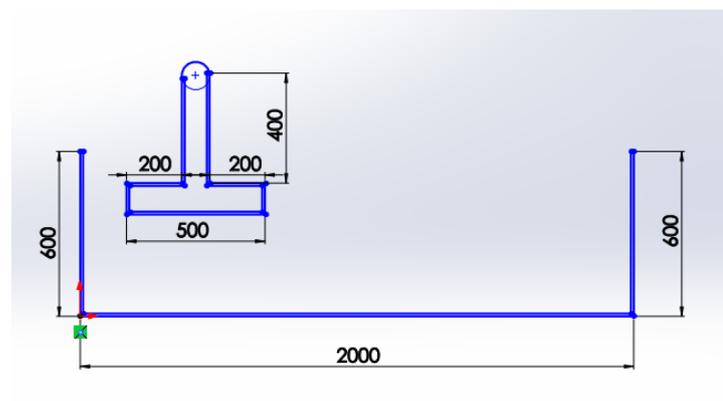
Konsep ini memiliki daya yang besar dan hasil yang diperoleh maksimal. Karena pada konsep mendorong ini papan dorong padat mendorong air dengan maksimal, sehingga gelombang yang dihasilkan lebih teratur berulang-ulang.



Gambar 4.1 Sketsa konsep dorong

#### 4.1.2 Konsep Tekan Atas

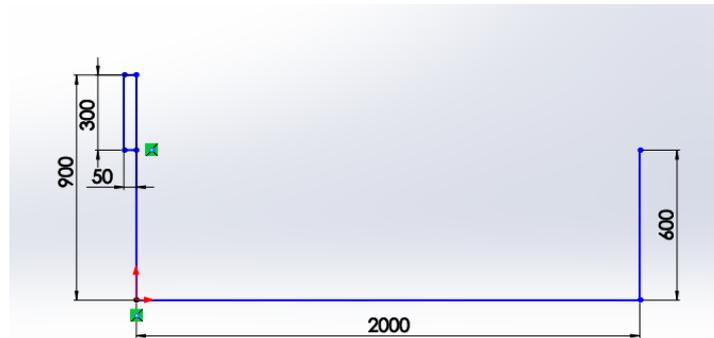
Konsep ini memiliki daya yang kurang maksimal. Karena pada konsep menekan ini papan dorong padat mendorong air dengan kurang maksimal, sehingga gelombang yang dihasilkan pun lebih kecil dan tidak beraturan



Gambar 4.2 Sketsa konsep tekan atas

### 4.1.3 Konsep Angin

Konsep ini memiliki daya yang tidak maksimal, dikarenakan konsep ini memerlukan kecepatan angin yang besar dan wadah atau volume air yang banyak.

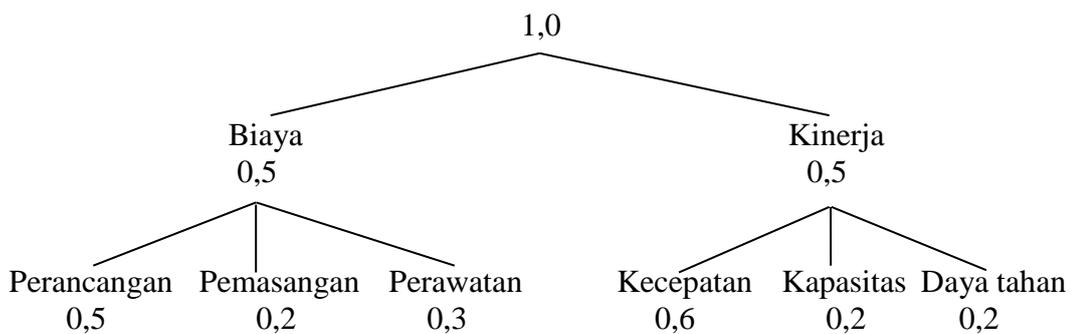


Gambar 4.3 Sketsa konsep angin

### 4.2 Pemilihan Konsep Rancangan

Dalam proses pemilihan konsep rancangan alat uji tenaga gelombang air menjadi energi listrik ini dilakukan dengan menggunakan konsep Dorong Belakang. Konsep ini memiliki daya yang lebih besar dari konsep – konsep yang lainnya. Dengan menggunakan nilai skala 5 yang dimulai dari 0 hingga 4, kriteria tertentu diberi pemerinkatan dan pada akhirnya penjumlahan dengan nilai terbesar lah yang dianggap paling baik. Untuk pemilihan jenis konsep perancangan alat uji tenaga gelombang air menjadi energi listrik dibandingkan menjadi tiga konsep yaitu, dorong, tekan atas, angin. Ketiga konsep ini memiliki kelebihan dan kekurangan yang akan dipilih menjadi 6 (enam) kriteria yang dianggap sesuai seperti yang terlihat pada pohon objektif dibawah ini.

#### Konsep Perancangan Alat Uji Tenaga Gelombang Air



Gambar 4.4 Pohon objektif untuk memilih jenis konsep perancangan alat uji tenaga gelombang air

### 4.3 Hasil Pemilihan Konsep

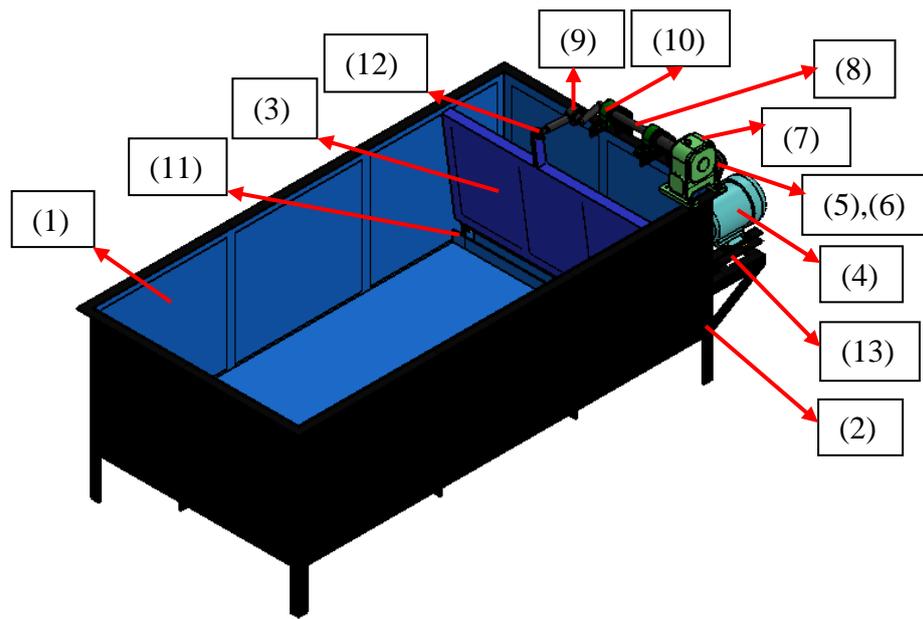
Hasil analisa dari pemilihan konsep perancangan alat uji tenaga gelombang air ini dapat dengan menggunakan kecepatan goyangan/getaran rata rata, maka jenis konsep angin ini mendapatkan penilaian terkecil, kriteria konsep tekan menghasilkan nilai yang menengah sebesar 3,25. Analisa keenam kriteria menghasilkan nilai tertinggi pada tiga konsep ialah konsep dorong 3,35. Hasil selengkapnya dapat lihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pemilihan jenis konsep pembuatan gelombang dengan metode matrik keputusan.

Kinerja	Faktor Pemberat	Metode Dorong			Metode Tekan			Metode Angin		
		Besaran	Angka	Nilai	Besaran	Angka	Nilai	Besaran	Angka	Nilai
Biaya Perancangan	0,25	Sedang	3	0,75	Murah	4	1,0	Mahal	2	0,5
Biaya Pemasangan	0,1	Sedang	3	0,3	Sedang	3	0,3	Mahal	2	0,2
Biaya Perawatan	0,15	Sedang	3	0,45	Sedang	3	0,45	Murah	4	0,6
Kecepatan Awal Bekerja	0,3	Rendah	4	1,2	Sedang	3	0,9	Tinggi	2	0,6
Kapasitas Listrik	0,1	Sedang	3	0,3	Sedang	3	0,3	Besar	4	0,4
Daya tahan Hasil	0,1	Baik	4	0,4	Sedang	3	0,3	Baik	4	0,4
				3,4			3,25			2,7

### 4.4 Gambar Rancangan

Berdasarkan pemilihan konsep yang telah dilakukan di atas maka di pilih konsep dorong untuk di buat, sebelum pembuatan terlebih dahulu akan dibuat gambar teknik dari rancangan. Gambar dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Gambar Rancangan

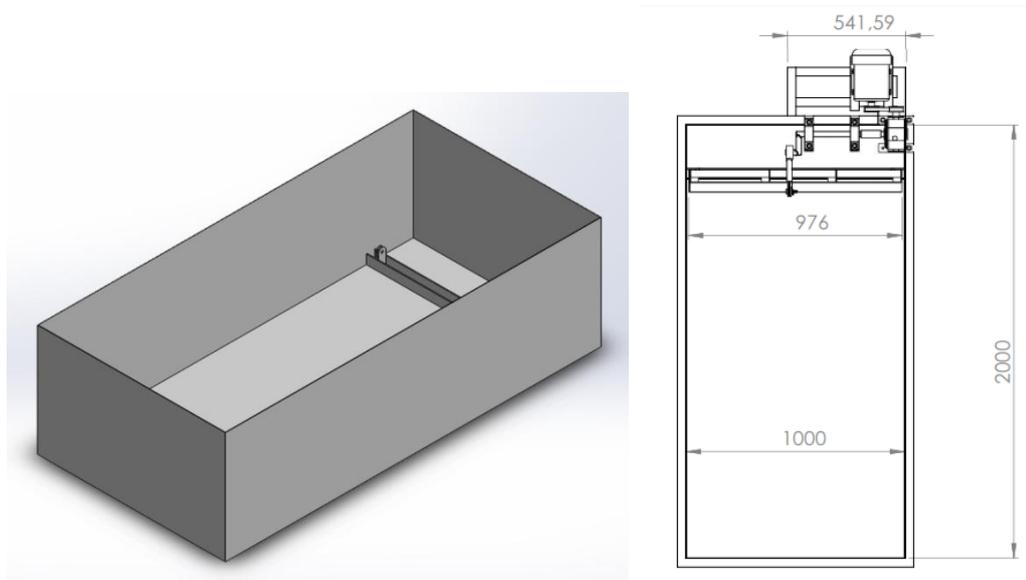
Pada gambar rancangan terdapat bagian-bagian dari alat uji tenaga gelombang air menjadi energi listrik yaitu :

- (1) Bak / Kolam
- (2) Kerangka Bak / Kolam
- (3) Pendayung
- (4) Dinamo
- (5) Pully
- (6) Belting
- (7) Gearbox
- (8) As Pendayung / Crankshaft
- (9) Lengan Pendayung
- (10) Lahar Duduk
- (11) Lahar
- (12) Baut dan Mur 14 mm
- (13) Baut dan Mur 19 mm

#### 4.4.1 Bak / Kolam

Bak / kolam dalam perancangan ini berbentuk persegi panjang yang berukuran panjang 200 cm, lebar 100 cm, tinggi 60 cm. Bak / kolam ini berfungsi

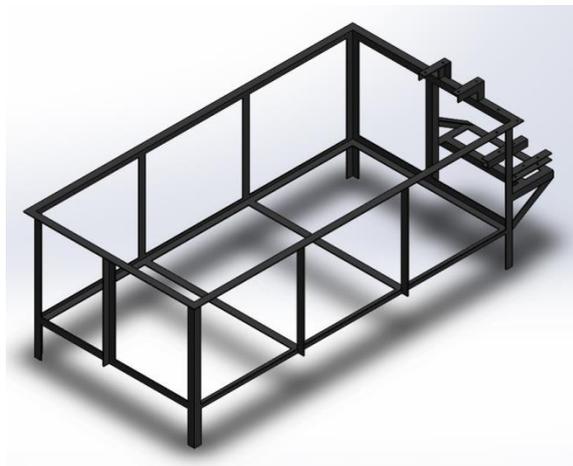
sebagai wadah menampung air yang akan diuji ketinggian gelombangnya. Gambarbak / kolam dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Bak / Kolam

#### 4.4.2 Kerangka Bak / Kolam

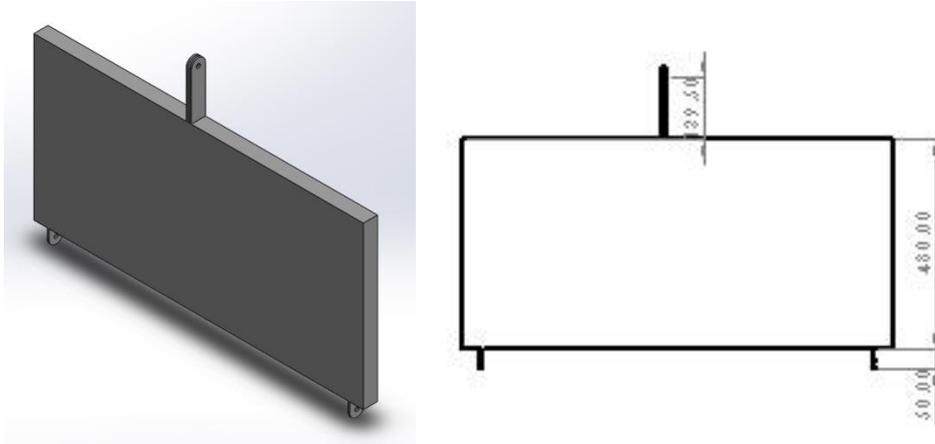
Kerangka bak / kolam dalam perancangan ini berfungsi sebagai tempat dudukan dinamo, gearbox, bering duduk, pendayung, sekaligus menahan bak / kolam agar kuat menampung beban air. Gambar kerangka bak / kolam dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gamabar 4.7 Kerangka Bak / Kolam

#### 4.4.3 Pendayung

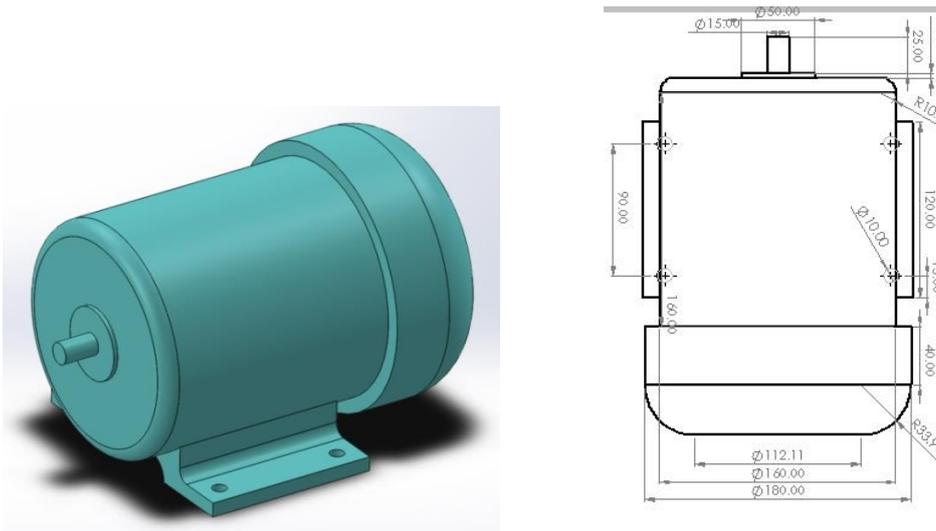
Pendayung dalam rancangan ini berfungsi sebagai mendorong air agar air yang didorong dapat menghasilkan gelombang air. Gambar pendayung dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Pendayung

#### 4.4.4 Dinamo

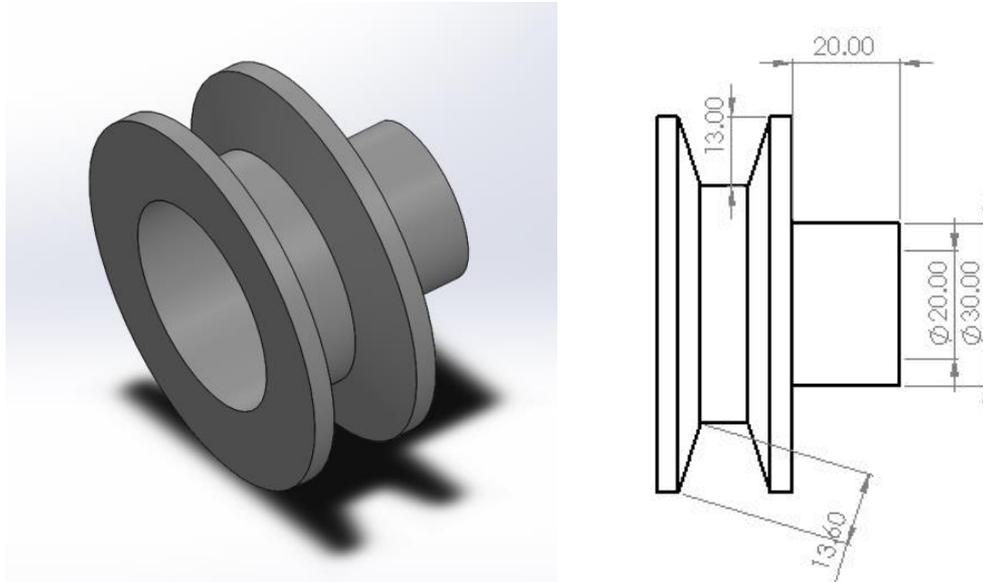
Dinamo dalam perancangan ini berfungsi sebagai penggerak utama dalam menggerakkan pendayung. Gambar dinamo dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Dinamo

#### 4.4.5 Pully

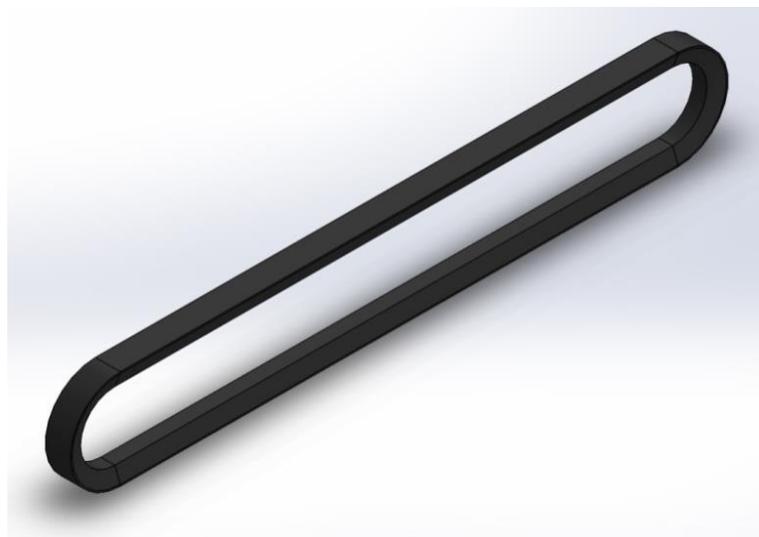
Pully dalam perancangan ini berfungsi sebagai tempat dudukan belting yang memiliki ukuran diameter yang sama pada keduanya agar mendapatkan perbandingan 1:1 pada dinamo dan gearbox. Gearbox ini terletak pada dinamo dan gearbox. Gambar pully dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Pully

#### 4.4.6 Belting

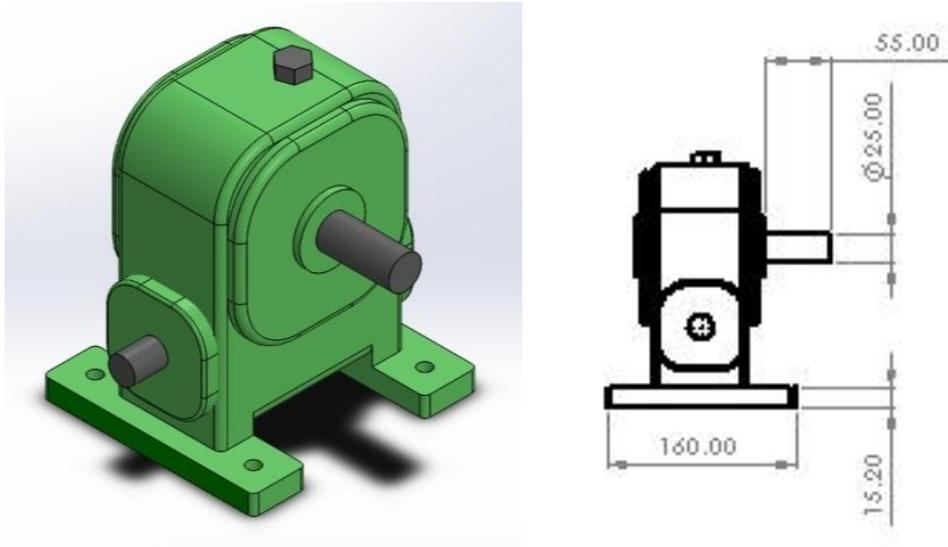
Belting berfungsi sebagai menyambungkan putaran dinamo ke input gearbox. Gambar belting dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Belting

#### 4.4.7 Gearbox

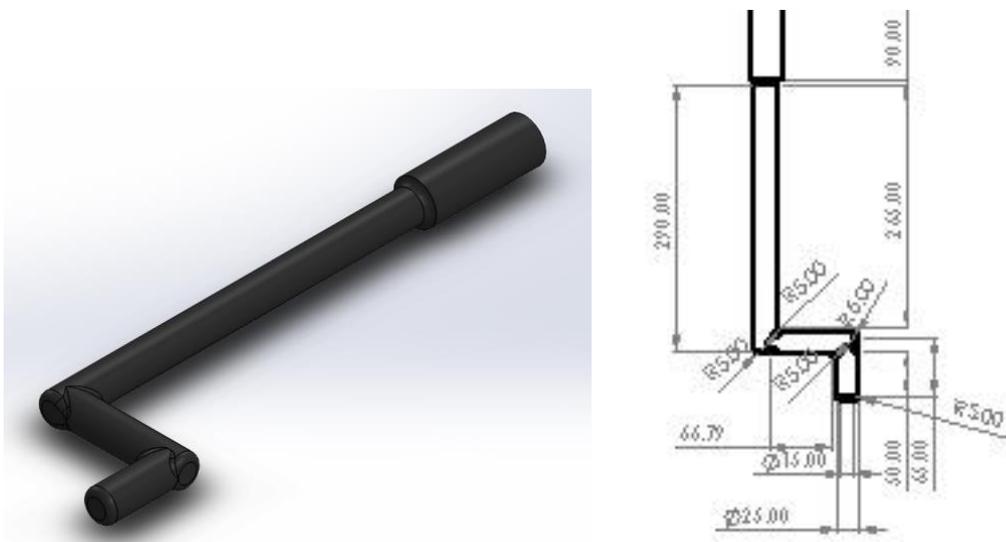
Gearbox dalam perancangan ini berfungsi untuk memindahkan dan mengubah tenaga dari dinamo yang berputar. Gearbox yang di pakai mempunyai perbandingan 1:40 yaitu 1 kali putaran di gearbox sama dengan 40 kali putran di dinamo. Gambar gearboc dapat dilihat pada gambar 4.12



Gambar 4.12 Gearbox

#### 4.4.8 As Pendayaung / Crankshaft

As pendayaung / crankshaft dalam perancangan ini berfungsi sebagai mengubah gerak putar dari gearbox menjadi gerak maju mundur pendayaung. Gambar as pendayaung / crankshaft dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 As Pendayaung / Crankshaft

#### 4.4.9 Lengan Pendayung / Connecting Rod

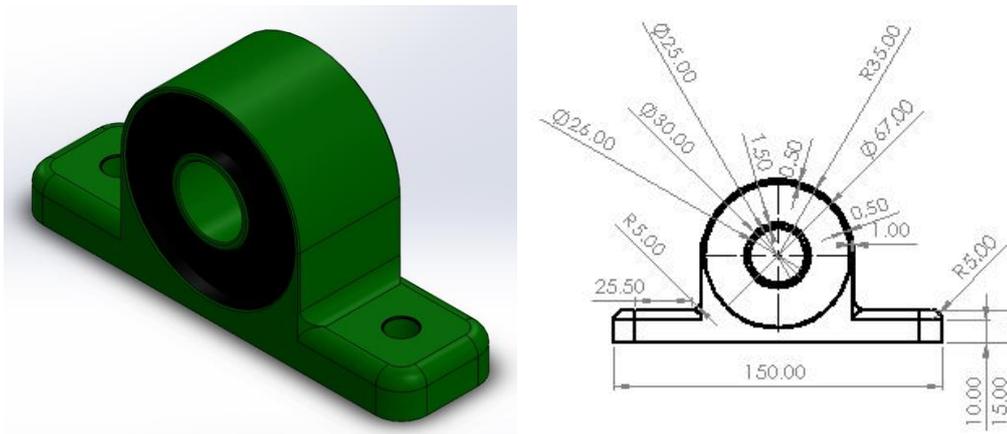
Lengan pendayung / connecting rod dalam rancangan ini berfungsi untuk menghubungkan as pendayung / crankshaft dengan pendayung dan selanjutnya menerima tenaga dari putaran as pendayung / crankshaft yang diperoleh dari dinamo dan meneruskannya ke pendayung. Gambar lengan pendayung / connecting rod dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Lengan Pendayung / Connecting Rod

#### 4.4.10 Lahar Duduk

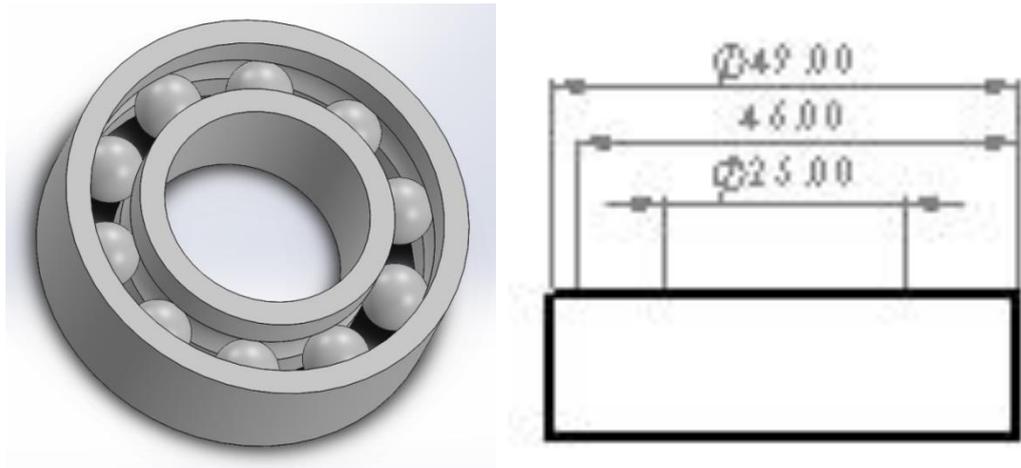
Lahar duduk dalam perancangan ini berfungsi sebagai penyangga as pendayung / crankshaft. Gambar lahar duduk dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Lahar Duduk

#### 4.4.11 Lahar

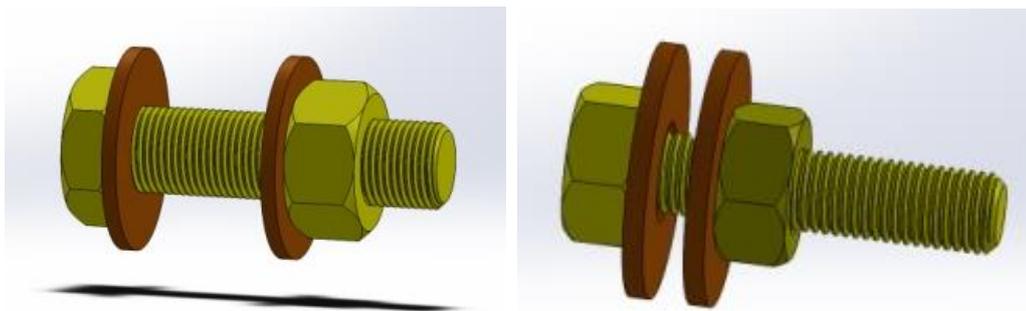
Lahar dalam perancangan ini berfungsi sebagai bantalan untuk dudukan lengan pendayung / connecting rod. Gambar lahar dapat dilihat pada gambar 4.16



Gambar 4.16 Lahar

#### 4.4.12 Baut dan Mur 14, 19 mm

Dalam perancangan ini baut dan mur 14, 19 digunakan untuk mengikat/menyatukan bahan-bahan ke kerangka seperti dinamo, gearbox, lahar duduk serta menyatukan pendayung ke bak/kolam. Gambar dapat dilihat pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Baut dan Mur 14, 19 mm

#### 4.5 Daftar Harga

Komponen – komponen yang digunakan dalam membuat 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 1350.000,- 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 Air 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.	Gearbox	600.000	1
5.	Besi As	95.000	1
6.	Bearing	30.000	2
7.	Bearing Duduk	45.000	2
8.	Baut dan mur 14 mm	2.100	15
9.	Baut dan mur 19 mm	4.000	3
10.	Pulley	40.000	2
11.	Fan belt	30.000	1
12.	Cat	65.000	2
	Jumlah	4.283.500	

#### 4.6 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat uji pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik yang akan di buat dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah.

Tabel 4.3 Spesifikasi Alat

Dimensi Bak / Kolam	
Panjang/mm	2000
Lebar/mm	1000
Tinggi/mm	600
Dimensi Pendayung	
Lebar/mm	1000
Tinggi/mm	600
Sudut Lengkung	15°
Jarak TMA-TMB	200
Motor Listrik	
Tegangan	220 volt
Putaran	1420 rpm
Gearbox	
Perbandingan	1:40

#### 4.7 Analisa Pengujian Alat

Dalam kesempatan ini akan dilakukan pengujian analisa, perbandingan tinggi air pada bak/kolam terhadap tinggi gelombang air yang akan dihasilkan dan tinggi air pada bak/kolam terhadap panjang gelombang air yang akan dihasilkan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian alat uji pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik yaitu :

a. Tahap pertama

- Mengisi air pada bak/kolam setinggi 30 cm.
- Menyalakan dinamo untuk mendorong pendayung air.
- Melihat tinggi gelombang yang dihasilkan.
- Mencatat tinggi gelombang yang dihasilkan.
- Melihat panjang gelombang yang dihasilkan.
- Mencatat panjang gelombang yang dihasilkan.

b. Tahap kedua

- Mengisi air kolam ombak setinggi 40 cm.
- Menyalakan dinamo untuk mendorong pendayung air.
- Melihat tinggi gelombang yang dihasilkan.
- Mencatat tinggi gelombang yang dihasilkan.
- Melihat panjang gelombang yang dihasilkan.
- Mencatat panjang gelombang yang dihasilkan.

c. Tahap ketiga

- Mengisi air kolam ombak setinggi 45 cm.
- Menyalakan dinamo untuk mendorong pendayung air.
- Melihat tinggi gelombang yang dihasilkan.
- Mencatat tinggi gelombang yang dihasilkan.
- Melihat panjang gelombang yang dihasilkan.
- Mencatat panjang gelombang yang dihasilkan.

Tabel 4.4 Analisa Pengujian

No	Putaran Motor Dinamo (rpm)	Tinggi Air (cm)	Volume Air ( $cm^3$ )	Puncak Gelombang (cm)	Lembah Gelombang (cm)	Panjang Gelombang (cm)
1.	1420	30	600.000	31	30	66
2.	1420	40	800.000	43	38	75
3.	1420	45	900.000	49	43	97

Menentukan momen inersia penggerak

Diameter poros penggerak  $d = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$ , dengan panjang ( $l$ ) = 400 mm = 0,4 m, massajenis bahan poros = 4 ( $kg/m$ ) jadi:

$$I \text{ poros penggerak} = \frac{\pi}{32} \cdot \rho \cdot d^4 \cdot l \text{ (kg} \cdot \text{m}^2\text{)}$$

$$I \text{ poros penggerak} = \frac{\pi}{32} \cdot 4 \cdot (0,02)^4 \cdot 0,4 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

$$I \text{ poros Penggerak} = 2,51327412287183 \times 10^{-8} \left(\frac{kg}{m^2}\right)$$

Menentukan momen inersia satu pully (diameter 3 inchi)

$$I \text{ satu buah pully 3 inchi} = \frac{\pi}{32} \cdot \rho \cdot d^4 \cdot l \text{ (kg} \cdot \text{m}^2\text{)}$$

Diameter pully  $d = 3 \text{ inchi} = 76,2 \text{ mm} = 0.0762 \text{ m}$ , dengan ketebalan 40 mm = 0,04 m, massa jenis bahan pully = 7,5 ( $kg/m^2$ ) jadi:

$$I \text{ satu buah pully 3 inchi} = \frac{\pi}{32} \cdot \rho \cdot d^4 \cdot l \text{ (kg} \cdot \text{m}^2\text{)}$$

$$I \text{ satu buah pully 3 inchi} = \frac{\pi}{32} \cdot 7,5 \cdot (0,0762)^4 \cdot 0,04 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

$$I \text{ satu buah pully 3 inchi} = 9,9298121903917 \times 10^{-7} \left(\frac{kg}{m^2}\right)$$

Menentukan momen inersia total

Dimana :

$$I \text{ poros penggerak} = 2,51327412287183 \times 10^{-8} \left(\frac{kg}{m^2}\right)$$

$$I \text{ satu buah pully 3 inchi} = 9,9298121903917 \times 10^{-7} \left(\frac{kg}{m^2}\right)$$

Inersia total adalah penjumlahan dari momen inersia diatas yaitu :

$$I \text{ total} = I \text{ poros penggerak} + I \text{ satu buah pully 3 inchi}$$

$$I \text{ total} = 2,51327412287183 \times 10^{-8} \left(\frac{kg}{m^2}\right) + 9,9298121903917 \times 10^{-7} \left(\frac{kg}{m^2}\right)$$

$$I \text{ total} = 1,01811396026789 \times 10^{-6} \left(\frac{kg}{m^2}\right)$$

#### 4.8 Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian terhadap alat uji pembangkit tenaga gelombang air menjadi energi listrik, maka didapat nilai perbandingan putaran pada motor dinamo dengan banyaknya volume air terhadap besarnya gelombang air yang dihasilkan, perbedaan gelombang air yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini:

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Gelombang Air

No	Putaran Motor Dinamo (rpm)	Tinggi Air (cm)	Volume Air ( $cm^3$ )	Puncak Gelombang (cm)	Lembah Gelombang (cm)	Panjang Gelombang (cm)
1.	1420	30	600.000	31	30	66
2.	1420	40	800.000	43	38	75
3.	1420	45	900.000	49	43	97

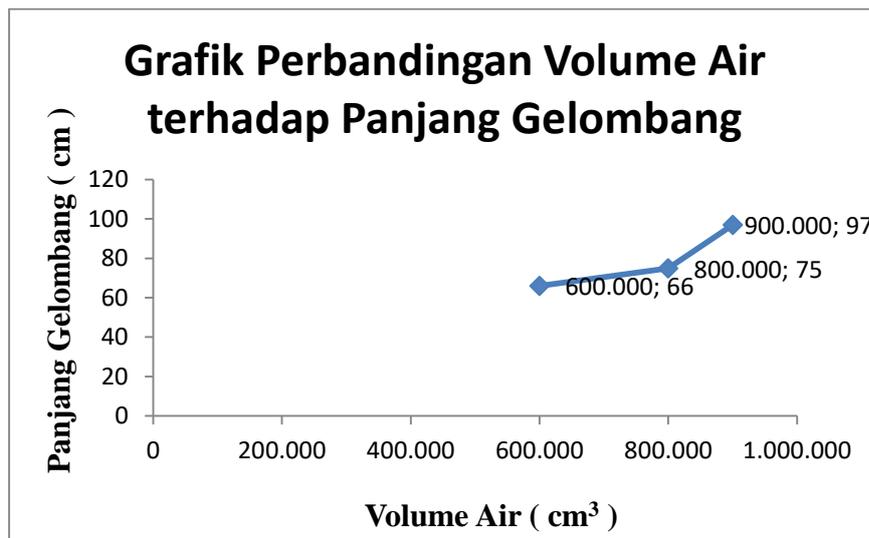
Tabel 4.4 memperlihatkan hasil pengujian dari alat uji pembangkit tenaga gelombang laut menjadi energi listrik dengan 3 variasi volume air pada kolam air pembangkit gelombang, yaitu dengan volume 50 % = 600.000  $cm^3$ , 66,67 % = 800.000  $cm^3$ , dan 75 % = 900.000  $cm^3$ . Selanjutnya untuk melihat perbandingan volume air terhadap tinggi gelombang dan panjang gelombang akan ditampilkan pada grafik dibawah ini :

Grafik 4.1 Perbandingan Volume Air terhadap Tinggi Gelombang



Pada hasil pengamatan grafik 4.1 dapat dijelaskan bahwa volume air sangat berpengaruh terhadap tingginya gelombang air yang dihasilkan, semakin banyak volume air maka semakin tinggi gelombang air yang dihasilkan, dikarenakan tumpuan pendorong air berada di atas sehingga semakin tinggi air maka semakin kuat dorongan yang dihasilkan. Perbedaan volume air yang ada didalam bak air. Pada volume  $600.000 \text{ cm}^3$  air didapat tinggi gelombang 1 cm, volume  $800.000 \text{ cm}^3$  air didapat tinggi gelombang air 5 cm, dan volume air  $900.000 \text{ cm}^3$  didapat tinggi gelombang 6 cm.

Grafik 4.2 Perbandingan Volume Air terhadap Panjang Gelombang



Sedangkan pada hasil pengamatan grafil 4.2 dapat dijelaskan bahwa volume air juga sangat berpengaruh terhadap panjangnya gelombang air yang dihasilkan, semakin banyak volume air maka semakin panjang gelombang yang dihasilkan, dikarenakan perbedaan volume air yang ada didalam bak air. Pada volume  $600.000 \text{ cm}^3$  air didapat panjang gelombang 66 cm, volume  $800.000 \text{ cm}^3$  air didapat panjang gelombang air 75 cm, dan volume air  $900.000 \text{ cm}^3$  didapat panjang gelombang 97 cm.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uji konsep pada rancangan alat pembangkit listrik tenaga gelombang konsep yang memenuhi kriteria untuk di buat adalah konsep dorong belakang karena pada konsepnya air yang di dorong akan lebih maksimal untuk menghasilkan gelombang air. Setelah alat dibuat dan pengujian dilakukan didapatkan hasil jika semakin banyak volume air maka akan semakin besar pula tinggi dan panjang gelombang yang didapat. Tinggi gelombang maksimal 6 cm dan panjang gelombang 97 cm dengan volume air  $900.000 \text{ cm}^3$  atau tinggi air 45 cm. Pada tinggi gelombang air 5 cm dan panjang gelombang 75 cm dengan volume air  $800.000 \text{ cm}^3$  atau tinggi air 40 cm. pada tinggi gelombang air 1 cm dan panjang gelombang 66 cm dengan volume air  $600.000 \text{ cm}^3$  atau tinggi air 30 cm.

#### 5.2 Saran

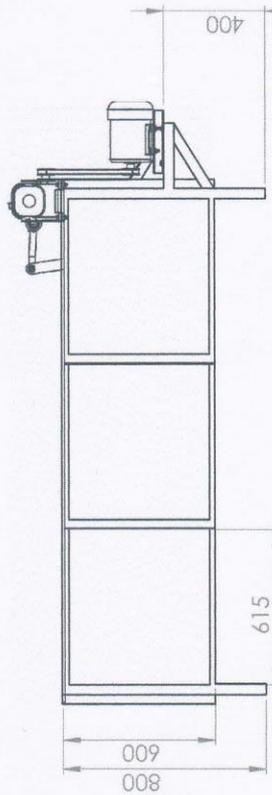
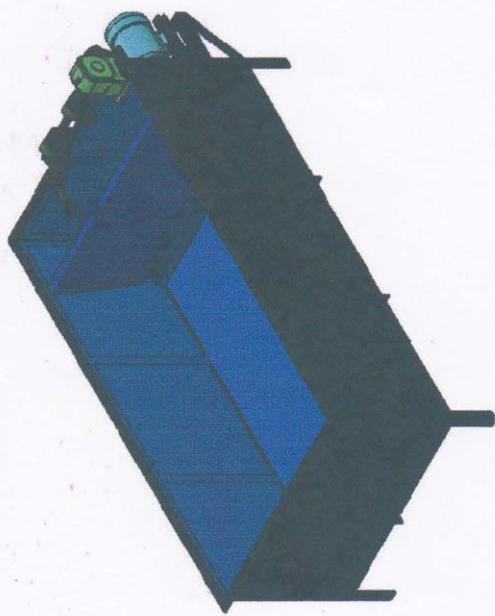
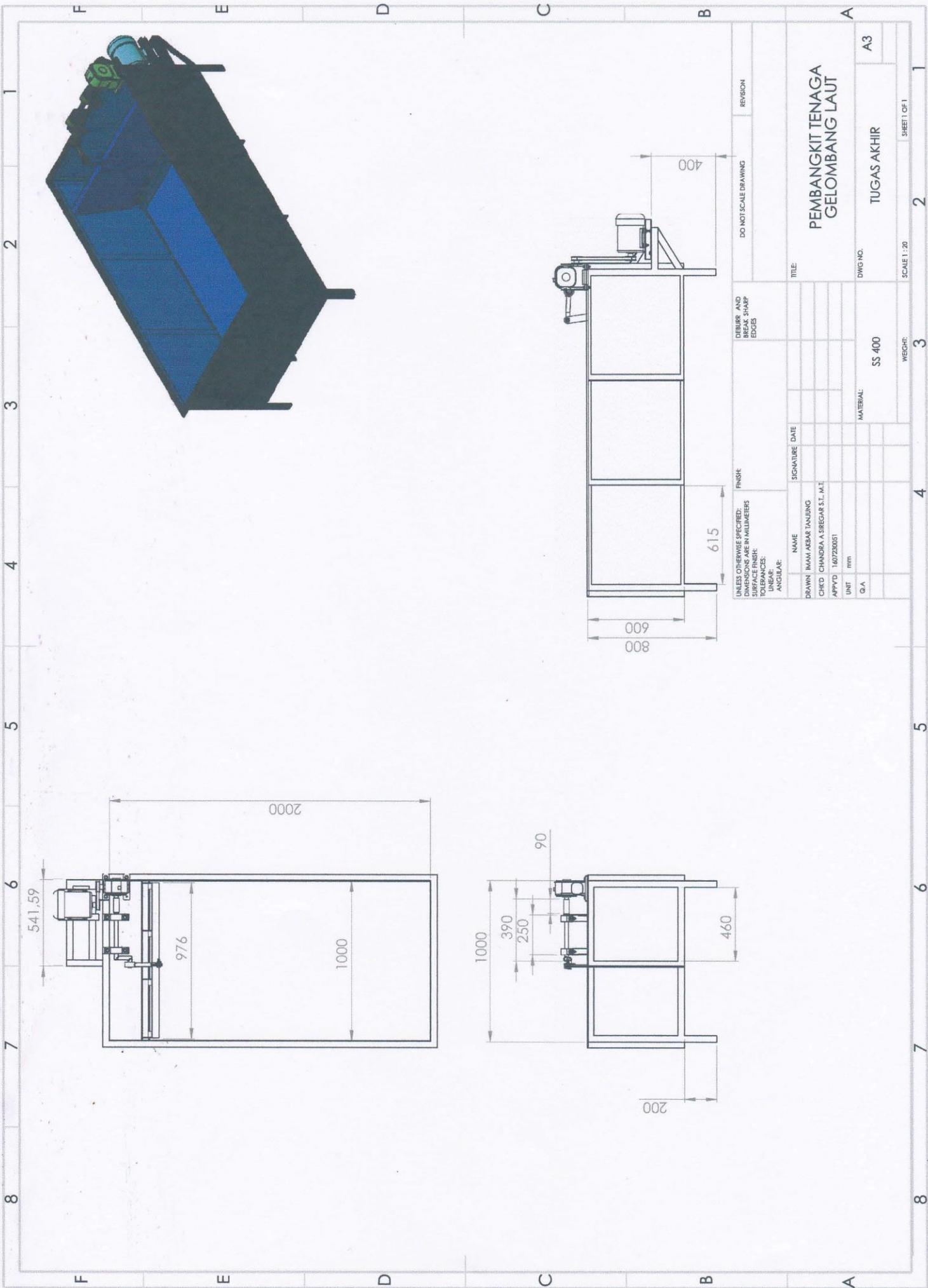
Berdasarkan dari kajian hasil penelitian di lapangan maka penulis bermaksud memberikan saran yang mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi peneliti yang selanjutnya. Adapun saran yang perlu diperhatikan bagi peneliti selanjutnya yang meneliti tentang alat pembangkit listrik tenaga gelombang air adalah peneliti diharapkan untuk mengkaji lebih banyak sumber referensi yang terkait dengan alat pembangkit listrik tenaga gelombang air dan gelombang air agar diperoleh lebih baik lagi serta untuk mendapatkan gelombang air yang ideal, sebaiknya dimensi bak air dibuat lebih panjang dengan lebar yang lebih kecil, sehingga gelombang air yang dihasilkan akan 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 buangsepeda 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
- Astu, P., & Djati, N. (2012). *Mesin Konversi Energi Edisi 3*. (F. Suyantoro, Ed.) Surabaya: CV. ANDI OFFSET.
- Dandekar, M., & Sharma, K. (1979). *Water Power Engineering*. Jakarta.
- Erik Lejerskog, M. L. (2014, Desember 18). Experimental results on power absorption from a wave energy converter at the Lysekil wave energy research site. *Jurnal of Renewable Energy* , 9-14.
- Helmi, M., Anugroho, A., Rochaddi, I., & Ismunarti, D. (2012). *Pemetaan Detail Ekosistem Alami Dan Pemodelan Hidro-Oseanografi Pulau Parang Dan Kumbang Kepulauan Karimunjawa*. Semarang, Kabupaten Jepara Provinsi Jawa Tengah: Hibah Penelitian. FPIK. Universitas Diponegoro.
- I. A. Wijaya., (2010), “Teknologi Oscilating Water Column Di Perairan Bali,” *Teknologi Elektro*, Universitas Undayana. Vol. 166 9 No.2 Juli – Desember 2010.
- Ihsan Jasin, M., & Mamoto, J. (2016). Analisa Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut Pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupten Minahasa Utara. *Sipil Statik* , 585-594.
- Loupatty, G. (2013). Karakteristik Energi Gelombang Dan Arus Perairan Di Provinsi Maluku. *Jurnal Barekeng*, 7 (1), 19.
- Loupatty, g. (2013). Karakteristik energi gelombang dan arus perairan di provinsi maluku. *Jurnal Barekeng*, 7 (1), 19 - 22.

- McDonald. (2004). *Introducion to Fluid Mechanics*. New York.
- Pardede C & Franky Sutrisno (2018). *Studi Perancangan Mesin Pencacah Biji Jagung Menjadi Jagung Halus Dengan Model Pisau Rotary Kapasitas 60 Kg/Jam*, Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 84-92 DOI:<https://doi.org/10.30596/rmme.v1i1.2439>.
- Pendidikan.co.id. (n.d.). *gelombang laut pengertian teori penyebab klasifikasi*. Retrieved from pendidikan: <https://pendidikan.co.id/gelombang-laut-pengertian-teori-penyebab-klasifikasi/>
- Pipichi, e. (2011, 03). *mengenal gelombang laut jenis jenis dan*. Retrieved from blogspot: <http://el-pipichi.blogspot.com/2011/03/mengenal-gelombang-laut-jenis-jenis-dan.html>
- Pratikto, W. (2000). *Struktur Pelindung Pantai, Hibah Pengajaran – Like*. Surabaya, Jawa Barat.
- 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.
- Tarigan, M. (1986). *Studi Pendahuluan Energi*. Ambon: Puslitbang Oseanologi-LIPI.
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Betta Offset.
- Triatmojo, B. (2012). *Perencanaan Bangun Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Umurani Khairul & Taufik Amri (2018) *Desain Dan Simulasi Suspensi Sepeda Motor Dengan Solidwork 2012*.Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 47-56 DOI : <https://doi.org/10.30596/rmme.v1i1.2435>. Medan: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
- Umurani.K, Habiburrahman 2019 *Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja*. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, Medan: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
- Wakkary, A. C., & Jasin, M. I. (2017). *Dundu Jurnal Sipil Statik*, 5 (2337-6732), 167-17

**LAMPIRAN**



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND REMOVE SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
TOLERANCES:	ANGULAR:	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE	DWG NO.	SHEET 1 OF 1		
LINEAR:		DRAWN: IMAM ASBAR TANDUNG			PEMBANGKIT TENAGA GELOMBANG LAUT	SS 400	SCALE 1 : 20	TUGAS AKHIR	
		CHEK: CHANDRIA A. SIREGAR S.T., M.T.						A3	
APPLY TO:		APPYD: 140720051							
UNIT	mm								
Q.A									
		MATERIAL:							
		WEIGHT:							

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

Peserta seminar

Nama : Imam Akabr Tanjung

NPM : 1607230051

Judul Tugas Akhir : Perancangan Alat Uji Tenaga Gelombang Air 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 Tanjung</i>
2	1607230050	RAHRIN SYAPUTRA SIREGAR	<i>Rahrin Syaputra Siregar</i>
3	1607230103	MHD DICI SARAGIH	<i>Mhd Dici Saragih</i>
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 17 Rajab 1442 H  
01 Maret 2021 M

Ketua Prodi. T.Mesin



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

---

NAMA : Imam Akbar Tanjung  
NPM : 1607230051  
Judul T.Akhir : Perancangan Alat Uji Tenaga Gelombang Air Menjadi Energi Listrik.

Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - I : M.Yani.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - 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 :  
*Lihat pada draft skripsi, bagian yg harus diperbaiki*
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 17 Rajab 1442H  
01 Maret 2021 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembimbing- I  
*M.Yani*  
M.Yani.S.T.M.T

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

---

NAMA : Imam Akbar Tanjung  
NPM : 1607230051  
Judul T.Akhir : Perancangan Alat Uji Tenaga Gelombang Air Menjadi Energi Listrik.

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

**KEPUTUSAN**

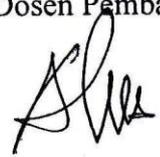
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
  - Perbaiki metodologi penelitian
  - tambahkan data penelitian
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 17 Rajab 1442H  
01 Maret 2021 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembimbing- II

  
Sudirman Lubis.S.T.M.T

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

### Perancangan Alat Uji Tenaga Gelombang Air Menjadi Energi Listrik

Nama : Imam Akbar Tanjung  
NPM : 1607230051

Dosen Pembimbing 1 : Chandra A Siregar, S.T.,M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	7/1/20	Perbaiki Bab 1 dan Bab 2	g
2.	9/1/20	Perbaiki Bab 2 Lanjut Bab 3	g
3.	13/1/20	Perbaiki Bab 3	g
4.	27/2/20	Lanjut Bab 4	g
5.	17/3/20	Perbaiki Bab 4	g
6.	4/12/20	Acc Semhas	g
7.	3/3/21	Tambahkan Referensi dan Perbaiki Format	g
8.	16/3/21	Acc Sidang	g



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

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

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
 DOSEN PEMBIMBING**

Nomor :1062/II.3-AU/UMSU-07/F/2020

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

Nama : **IMAM AKBAR TANJUNG**  
 NPM : 1607230051  
 Program Studi : **TEKNIK MESIN**  
 Semester : **IX(SEMBILAN)**  
 Judul Tugas Akhir : **PERANCANGAN 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

**Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T**  
 NIDN : 0101017202

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : IMAM AKBAR TANJUNG  
Jenis Kelamin : Laki – Laki  
Tempat Tanggal Lahir : Tanjung Morawa, 06 Mei 1998  
Alamat : Jalan Rawa Cangkuk IV No. 90 Kec. Medan  
Denai Kota Medan  
Agama : Islam  
E-mail : [akbarimam55@yahoo.co.id](mailto:akbarimam55@yahoo.co.id)  
[tanjungimamakbar@gmail.com](mailto:tanjungimamakbar@gmail.com)  
No Telp : +62 821-6788-1151

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. TK Islam An-Nizam Tahun 2004 - 2005
2. SD Islam An-Nizam Tahun 2005 – 2011
3. SMP Negeri 23 Medan Tahun 2011 – 2013
4. SMK Negeri 4 Medan Tahun 2013 – 2016
5. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016 – 2021