

# **TUGAS AKHIR**

## **PEMBUATAN ALAT KONVERSI ENERGI TENAGA GELOMBANG DENGAN MENGAPLIKASIKAN TEKNIK KOLOM OSILASI**

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

**Disusun Oleh:**

**FAHRIN SYAPUTRA SIREGAR**  
**1607230050**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

## HALAMAN PENGESAHAN

Penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fahrin Syaputra Siregar  
NPM : 1607230050  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Pembuatan Alat Konversi Energi Tenaga  
Gelombang Dengan Mengaplikasikan Teknik  
Kolom Osilasi  
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



Chandra A Siregar S.T., M.T

Dosen Penguji



Sudirman Lubis S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin

Ketua,



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Fahrin Syaputra Siregar  
Tempat /Tanggal Lahir : Torgamba, 30 Mei 1998  
NPM : 1607230050  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

**“Pembuatan Alat Konversi Energi Tenaga Gelombang Dengan Mengaplikasikan Teknik Kolom Osilasi”**

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, 27 November 2020

Saya yang menyatakan,



Fahrin Syaputra Siregar

## ABSTRAK

Pada saat ini banyak sekali sumber daya yang dapat dimanfaatkan, salah satunya adalah gelombang air. Gelombang dapat dimanfaatkan sebagai penghasil energi yaitu energi listrik dengan memanfaatkan gelombang air yang sekarang ini sudah banyak diaplikasikan. Salah satu teknologi sistem konversi energi gelombang air adalah dengan mengaplikasikan teknologi osilasi kolom air. Prinsip kerja dari osilasi kolom air adalah membangkitkan listrik dari naik turunnya air akibat gelombang air yang masuk kedalam sebuah osilasi kolom. Naik turunnya air ini yang akan mengakibatkan keluar masuknya udara di saluran pada bagian atas kolom air dan tekanan yang dihasilkan dari naik turunnya air dalam kolom tersebut yang akan menggerakkan turbin angin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji kinerja alat yang dirancang berdasarkan tinggi gelombang, membangun alat uji konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik osilasi kolom. Pada penelitian ini diambil 3 perbandingan tinggi air yaitu ketinggian air 30 cm, 40 cm, dan 45 cm. Dari hasil penelitian yang dilakukan pada ketinggian air 30 cm, panjang gelombang yang diperoleh 66 cm dengan tegangan yang dihasilkan 0,00006V. Pada ketinggian air 40 cm, panjang gelombang yang diperoleh 75 cm dengan tegangan yang dihasilkan 0,00008V. Dan pada ketinggian air 45 cm, panjang gelombang yang diperoleh 97 cm dengan tegangan yang dihasilkan 0,00006V .

Kata kunci : Gelombang air, osilasi kolom air, turbin angin, energi listrik.

## *ABSTRACT*

Currently, there are many resources that can be utilized, one of which is water waves. Waves can be used as an energy producer, namely electrical energy by utilizing water waves which are now widely applied. One technology of the water wave energy conversion system is to apply water column oscillation technology. The working principle of water column oscillation is to generate electricity from the rise and fall of water due to water waves entering a column oscillation. The rise and fall of this water will result in the exit and entry of air in the channel at the top of the water column and the pressure resulting from the rise and fall of water in the column which will drive the wind turbine. The purpose of this study was to analyze the test structure, test the performance of the device designed based on wave height, build a wave power energy conversion test device by applying the column oscillation technique. In this study, 3 comparisons of water height were taken, namely the water heights of 30 cm, 40 cm, and 45 cm. From the results of research conducted at a water height of 30 cm, the wavelength obtained is 66 cm with an electric current generated 0.00006V. At a water height of 40 cm, the wavelength obtained is 75 cm with an electric current generated at 0.00008V. And at a water level of 45 cm, the wavelength obtained is 97 cm with an electric current generated 0.00006V.

Keywords: water waves, water column oscillations, wind turbines, 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 Konversi Energi Tenaga Gelombang Dengan Mengaplikasikan Teknik Kolom Osilasi” 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 dan penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak M Yani, S.T., M.T selaku dosen penguji I yang telah banyak mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Sudirman Lubis, S.T., M.T selaku dosen penguji II 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 penulis: Bapak Sundut Siregar dan Ibu Tiamanah Harahap, 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, Gianto, Andri Mustafa, Syaifi, Aris Andika 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



Fahrin Syaputra Siregar

## 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>ABSTRAK</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>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Ruang lingkup	3
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1. Gelombang laut	4
2.1.1. Pengertian gelombang laut	4
2.1.2. Pengaruh angin	5
2.2. Beberapa cara memanfaatkan energi gelombang laut	6
2.2.1. Dam atoll	6
2.2.2. Multiresonant oscillating water column	8
2.3. Simulasi dinamika fluida komputasi	9
2.3.1. Model numerik	9
2.3.2. Komputasi domain	10
2.4. Pembangkit listrik tenaga (PLT) gelombang laut	11
2.4.1. Komponen dasar PLT gelombang laut	11
2.4.1.1. Mesin konversi energi gelombang laut	11
2.4.1.2. Kolektor	14
2.4.1.3. Turbin	14
2.4.1.4. Generator	15
2.4.2. Cara kerja PLT gelombang laut	15
2.5. OWC (oscillating water column)	17
2.5.1. Definisi OWC (oscillating water column)	17
2.5.2. Teknologi OWC (oscillating water column)	17
2.6. Rumus perhitungan	18
2.6.1. Gaya gelombang laut	18
2.6.2. Langkah-langkah dalam proses transfer energi	19
2.6.3. Koefisien perpindahan panas konveksi sisi udara	20

<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>21</b>
3.1. Tempat dan Waktu	21
3.1.1. Tempat	21
3.1.2. Waktu	21
3.2. Bahan dan Alat	22
3.2.1. Bahan	22
3.2.2. Alat	24
3.3. Bagan Alir Penelitian	27
3.4. Rancangan Alir Penelitian	28
3.5. Prosedur Penelitian	30
3.5.1. Langkah-langkah pemasangan Alat	30
3.5.2. Langkah-langkah pengujian Alat	30
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>31</b>
4.1. Hasil Analisa Konsep Pembuatan	31
4.1.1. Hasil Analisa Pemilihan Bahan	31
4.1.2. Pohon Objektif Pembuatan	32
4.2. Konsep Pembuatan	33
4.2.1. Penyambungan	33
4.2.2. Material	34
4.2.4. Pelindung Korosi (cat)	35
4.2.4. Packing	35
4.3. Daftar Harga	39
4.4. Hasil Komponen-Komponen Yang Dibuat	39
4.4.1. Daftar Part Komponen	40
4.5. Daftar Proses Pembuatan	42
4.6. Spesifikasi Perancangan	44
4.7. Hasil Pengujian	45
4.7.1. Pengujian Alat Pembangkit Listrik	45
4.7.2. Grafik Tinggi Air Dengan Tinggi Gelombang	48
4.7.3. Grafik Tinggi Air Terhadap Arus Yang Dihasilkan	48
4.8. Analisa Pengujian Alat	49
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>55</b>
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

**LEMBAR ASISTENSI**

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.Jadwal Kegiatan Penelitian	21
Tabel 4.1.Pemilihan pembuatan alat dengan metode matriks keputusan	31
Tabel 4.2. Daftar suku cadang dan harga	39
Tabel 4.3.Spesifikasi Perancangan	45
Table 4.4 Hasil pengujian	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pergerakan air laut	5
Gambar 2.2. Variasi kecepatan angin suatu spektrum periode	6
Gambar 2.3. Dam atoll	7
Gambar 2.4. Multiresonant oscillating water column	8
Gambar 2.5. Domain komputasi	10
Gambar 2.6. Skema u-owc	11
Gambar 2.7. Diskritisasi spasial	11
Gambar 2.8. Penampang konversi owc (oscillating water column) tetap	13
Gambar 2.9. Tampilan melintang dari spar-pelampung owc	13
Gambar 2.10. Tampilan melintang dari coaxial-duct owc	14
Gambar 2.11. Turbin udara	14
Gambar 2.12. Generator	15
Gambar 2.13. Skema sistem pembangkitan pembangkit listrik tenaga gelombang	16
Gambar 2.14. Sistem owc (oscillating water column)	17
Gambar 3.1. Besi siku	22
Gambar 3.2. Plat besi lembaran	22
Gambar 3.3. Generator	23
Gambar 3.4. Turbin angin	23
Gambar 3.5. Kabel	24
Gambar 3.6. Mesin las	24
Gambar 3.7. Mesin grinda	25
Gambar 3.8. Mesin bor	25
Gambar 3.9. Alat ukur	26
Gambar 3.10. Alat perkakas	26
Gambar 3.11. Bagan alir penelitian	27
Gambar 4.1. Pembuatan kolom osilasi	32
Gambar 4.2. Pembuatan dengan cara pengelasan	33
Gambar 4.3. Pembuatan dengan cara disambung dengan baut	34
Gambar 4.4. Penyambungan kolom osilasi dengan kolam gelombang	35
Gambar 4.5. Pemasangan turbin angin	36
Gambar 4.6. Pemasangan tiang dudukan generator	36
Gambar 4.7. Pemasangan generator	37
Gambar 4.8. Pemasangan penyangga generator	37
Gambar 4.9. Penyambungan penyangga generator dengan generator	38
Gambar 4.10. Pemasangan baut pada penyangga generator	38
Gambar 4.11. Kolom osilasi	39
Gambar 4.12. Dudukan generator	40
Gambar 4.13. Proses Pengukuran Plat Besi	42
Gambar 4.14. Proses Pemotongan Plat Besi	42
Gambar 4.15. Proses Pembentukan Osilasi Kolom	43
Gambar 4.16. Proses Menyatukan Komponen Plat Besi	43
Gambar 4.17. Proses penggrindaan	44
Gambar 4.18. Proses Pengecatan	44
Gambar 4.19. Pengujian alat pembangkit listrik pada saat air 30cm pada kolam	46
Gambar 4.20. Pengujian alat pembangkit listrik pada saat air 40cm pada kolam	46
Gambar 4.21. Pengujian alat pembangkit listrik pada saat air 45cm pada kolam	47

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Besaran	Satuan
I	Arus	Ampere
H	Ketinggian Gelombang	m
P	Daya	Waat
M	Massa Gelombang	Kg
Q	Perpindahan panas sisi udara	Joule
T	Periode gelombang	S
t	Waktu	s
V	Tegangan	Volt
W	Lebar Gelombang	m
$\rho$	Massa Jenis Air	Kg/m <sup>3</sup>
L	Panjang Gelombang	m

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara maritim terbesar di dunia, yang  $2/3$  wilayahnya merupakan wilayah lautan. Dengan luasnya wilayah lautan di Indonesia, potensi gelombang laut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Akan tetapi pemanfaatan energi gelombang laut belum dilakukan. Padahal Indonesia mempunyai laut yang luas, dari laut yang berombak kecil, sedang dan besar ada di Indonesia. Dibandingkan dengan energi matahari dan angin, energi gelombang ini memberikan ketersediaan mencapai 90% dengan kawasan yang potensial tidak terbatas, selama ada ombak, energi listrik bisa didapat.

Seiring dengan perkembangan peradaban manusia, tingkat kebutuhan energi manusia juga semakin meningkat. Melihat topografi yang dikelilingi oleh laut, jenis pembangkit listrik tenaga gelombang laut sangat cocok. Jenis pembangkit listrik tenaga gelombang laut ini selain ramah lingkungan, dalam pembangunan dan pengoperasiannya tidak akan merusak ekosistem alam. Saat ini telah banyak jenis teknologi yang dikembangkan pada pembangkit listrik tenaga gelombang laut, diantaranya: teknologi *buoy tipe*, teknologi *overtopping devices*, dan teknologi *Oscilating water column*. Untuk di Indonesia sendiri, teknologi yang cocok dikembangkan adalah pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan teknologi *oscilating water column* (PLTGL-OWC). Hal ini dikarenakan teknologi *oscilating water column* (OWC) sangat cocok dibangun di daerah dengan topografi dasar laut yang landai dan memiliki ketinggian gelombang laut yang konstan, serta tidak memerlukan daerah konstruksi yang luas.

Kebutuhan untuk pemenuhan energi dan juga bahan bakar semakin meningkat seiring dengan penambahan penduduk dan perkembangan teknologi. Selama ini kebutuhan energi dipenuhi oleh sumber daya tak terbarukan seperti minyak bumi dan batu bara. Namun kenyataannya tidak selamanya energi tersebut bisa mencukupi seluruh kebutuhan manusia dalam jangka waktu yang panjang mengingat cadangan

energi yang semakin lama semakin menipis dan juga proses produksinya yang membutuhkan waktu jutaan tahun. Ketergantungan yang berlebihan, terhadap sumber energi fosil akan menimbulkan beberapa masalah yang harus dihadapi diantaranya menipisnya cadangan minyak bumi, semakin meningkatnya harga akibat permintaan yang lebih besar dari pada produksi minyak bumi. Banyak masalah lingkungan yang ditimbulkan oleh pembakaran minyak bumi seperti peningkatan efek rumah kaca atau pemanasan global. Sementara pemanfaatan sumber energi yang terbarukan seperti tenaga surya, angin, air, biomassa, panas bumi dan nuklir masih jarang digunakan.

Salah satu teknologi sistem konversi energi gelombang laut adalah teknologi osilasi kolom air. Pada dasarnya prinsip kerja dari osilasi kolom air adalah membangkitkan listrik dari naik turunnya air laut akibat gelombang laut yang masuk ke dalam sebuah kolom osilasi. Naik turunnya air laut ini akan mengakibatkan keluar masuknya udara di saluran pada bagian atas kolom dan tekanan yang dihasilkan dari naik turunnya air laut dalam kolom tersebut akan menggerakkan turbin.

OWC merupakan salah satu sistem dan peralatan yang dapat mengubah energi gelombang laut menjadi energi listrik dengan menggunakan kolom osilasi. Alat OWC ini akan menangkap energi gelombang yang mengenai lubang pintu OWC, sehingga terjadi fluktuasi atau osilasi gerakan air dalam ruang OWC, kemudian tekanan udara ini akan menggerakkan baling-baling turbin yang dihubungkan dengan generator listrik sehingga menghasilkan listrik. Pada teknologi OWC ini, digunakan tekanan udara dari ruangan ke atas air untuk menggerakkan wells turbine yang nantinya pergerakan turbin ini digunakan untuk menghasilkan energi listrik.

Oleh karena itu, penulis akan membuat alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi, penelitian sampai sekarang masih terus dilakukan guna mendapatkan hasil mengenai teknologi yang paling pantas diterapkan. Namun, ada salah satu teknologi alternatif untuk pembangunan PLTGL (Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut) dengan output energi listrik stabil, yaitu teknologi OWC (*Oscillating Water Column*).

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pokok permasalahan yang ada terdapat pada latar belakang, maka penelitian ini diambil rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana membuat alat konversi energi tenaga gelombang air dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi
- b. Bagaimana menentukan konsep pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang air dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi
- c. Bagaimana menguji kinerja alat konversi energi tenaga gelombang air dengan teknik kolom osilasi

## 1.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah Pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi ini dibuat berdasarkan tinggi gelombang dalam bentuk prototype.

## 1.4. Tujuan

Berdasarkan latar belakang diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Membuat alat konversi energi tenaga gelombang air dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi
- b. Untuk mengetahui kinerja alat konversi energi tenaga gelombang air dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi
- c. Membuat konsep pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang air dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi

## 1.5. Manfaat

Dari hasil penelitian ini maka akan memberikan informasi terkait potensi pemanfaatan energi tenaga gelombang laut dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

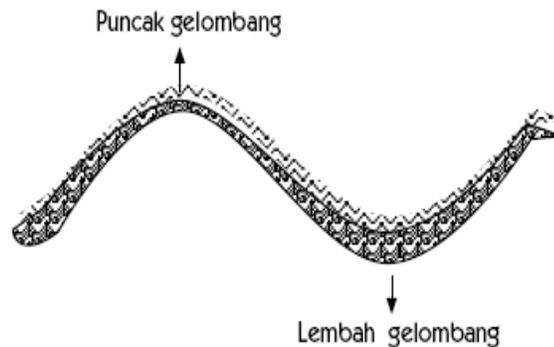
#### 2.1. Gelombang Laut

##### 2.1.1. Pengertian Gelombang Laut

Menurut Ludji, 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. Energi yang terkandung pada gelombang laut digunakan untuk menggerakkan turbin. Ombak naik ke dalam ruang generator, lalu air yang naik menekan udara keluar dari ruang generator dan menyebabkan turbin berputar ketika air turun, udara bertiup dari luar ke dalam ruang generator dan memutar turbin kembali (Ludji, Koehuan, & Nurhayati, 2014).

Sedangkan menurut Wijaya, dia mengatakan bahwa gelombang laut sukar dijabarkan dengan pasti, tetapi dapat diformulasikan dengan pendekatan. Gelombang merupakan gerakan naik turunnya air laut. Berbagai macam teori pendekatan digunakan untuk memberikan informasi ilmiah tentang sifat gelombang lautan pada suatu tingkat fenomena yang aktual. Suatu teori sederhana tentang gelombang lautan dikenal sebagai teori dari Airy atau teori gelombang linier. Selanjutnya para ahli membedakan sifat gelombang laut sebagai gelombang linier dan gelombang non-linier. Gelombang permukaan merupakan gambaran yang sederhana untuk menunjukkan bentuk dari suatu energi lautan.

Jadi, jika ditinjau dari sifat pengukurannya gelombang laut dibedakan menurut ketinggian serta periode alunannya. Dari kebanyakan data yang ada, tinggi gelombang lautan dapat diukur melalui alat ukur gelombang ataupun dengan cara visual dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan (Wijaya, 2010).

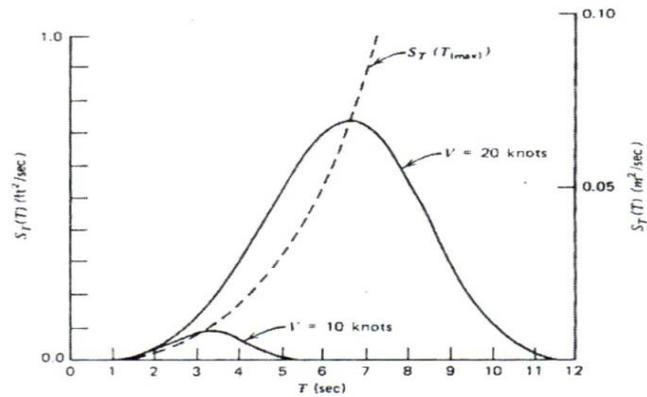


Gambar 2.1. Gambar pergerakan air laut (Ludji,Koehuan,&Nurhayati,2014)

### 2.1.2. Pengaruh angin

Angin menurut Wijaya 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 juga 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. (Gambar 2.2) menunjukkan suatu spektrum periode gelombang untuk berbagai variasi kecepatan angin (Wijaya, 2010).



Gambar 2.2. Variasi kecepatan angin suatu spektrum periode (Wijaya,2010)

## 2.2. Beberapa Cara Memanfaatkan Energi Gelombang Laut

Di dalam buku tenaga air, ada beberapa konsep untuk memanfaatkan energi ombak yang berbeda satu dengan yang lain telah dikembangkan. Negara Jepang, Norwegia, Inggris, dan Amerika Serikat telah berusaha keras untuk menciptakan suatu cara dalam memanfaatkan energi ombak. Berikut ini akan diuraikan beberapa cara yang telah dikembangkan berdasarkan hasil penelitian.

### 2.2.1. Dam Atoll

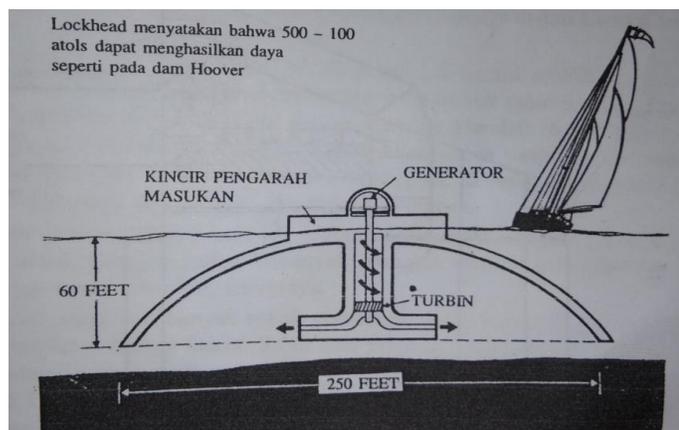
Di dalam buku tenaga air juga dijelaskan, para ilmuwan yang mengadakan penelitian di laboratorium Lockheed, California telah mendapat hak paten untuk suatu pulau buatan dengan maksud memanfaatkan energi ombak. Tenaga yang dihasilkan oleh “dam atoll” ini dapat juga digunakan untuk menghilangkan zat garam dari air laut, keperluan minum dan irigasi.

Dinamakan “dam atoll” karena bentuk bundar sesuai dengan bentuk bendungan (arch dam) dan terapung di laut seperti pulau Atoll, pulau karang di Samudra Pasifik. Leslie S. Wirt dan Duane L. Morrow telah mengadakan penelitian selama 20 tahun dan selama 6 tahun terakhir, mereka khusus memusatkan penelitian pada “dam atoll”.

Seperti yang telah diketahui juga oleh para nelayan Polynesia, ombak yang mendekati pulau Atoll di Samudra Pasifik, tidak melewati pulau itu begitu saja tetapi membungkus atau merangkul pulau Atoll ini. Wirt menerangkan bahwa apa yang

dilakukan mereka adalah membangun suatu atoll buatan dengan bentuk yang paling sesuai agar ombak dengan gerakan spiral tiba di pusat.

Ombak yang tiba, rata-rata setiap 10 detik masuk melalui ruang terbuka pada bagian atas bangunan. Melalui baling-baling penghantar (guide vane) ombak kemudian menuju kebawah dengan gerakan spiral dan pada akhirnya menjalankan turbin (Gambar 2.3). Dengan demikian terdapat pembangkit listrik secara terus-menerus.



Gambar 2.3. Dam Atoll (Patty, 2018)

Proyek “dam atoll” mempunyai keuntungan lain, karena energi ombak telah dimanfaatkan untuk pembangkitan listrik, maka muka air laut agak tenang setelah melewati proyek tersebut, sehingga kita memperoleh suatu daerah yang dapat dipakai sebagai pelabuhan kapal. Dengan penempatan yang baik “dam atoll” dapat mengambil energi ombak yang merusak pantai, dan dengan demikian mengamankan pantai dan bangunan terhadap erosi. Juga polusi berbentuk lapisan minyak diatas laut dapat dihilangkan karena ombak air laut dan minyak diatasnya akan masuk “dam atoll”. Minyak ini kemudian dapat dipisahkan dari air laut dan dapat digunakan lagi.

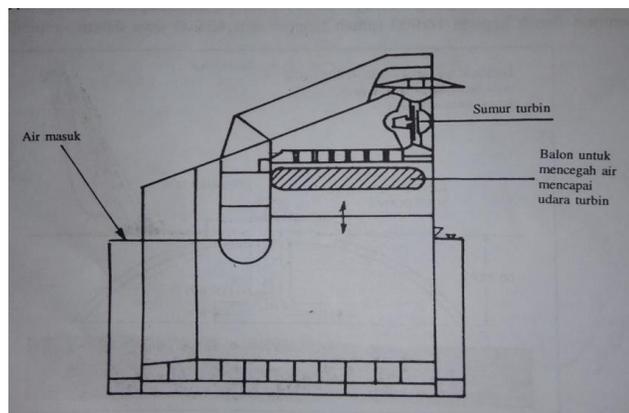
### 2.2.2. Multiresonant Oscillating Water Column

Percobaan pertama dengan cara ini, dilakukan oleh Kvaerner Brug suatu perusahaan listrik tenaga air di Oslo, yang sejak 1975 mengadakan penelitian tentang energi ombak. Penelitian ini telah menghasilkan suatu cara yang sekarang telah dilaksanakan di Toftestallen dekat Bergen pada pantai Barat Norwegia dalam bentuk “pilot project”

Dasar konstruksi “pilot plant” ini berbentuk setengah pipa *U*, berukuran 10 x 10 m (Gamabar 2.4) Ombak masuk pada permulaan pipa *U* dan mengakibatkan gerakan turun-naik muka air pada ujung pipa. Turun-naik muka air dalam pipa *U* mengakibatkan udara di atasnya berganti-ganti didorong keluar dan diisap masuk.

Gerakan udara ini menjalankan suatu turbin udara, yang dihubungkan dengan generator sehingga timbul pembangkitan listrik. Frekuensi turun-naik air dalam pipa *U* tergantung pada ukuran pipa dan PLTA semacam ini harus direncanakan sedemikian rupa, sehingga frekuensi turun-naiknya muka air dalam kolom sesuai dengan frekuensi ombak air laut yang paling banyak masuk pipa *U*.

Dengan memberikan bentuk yang khas pada tempat masuknya ombak, Kvaerner Brug berhasil menambah energi yang dimanfaatkan dari ombak tak teratur. Suatu keuntungan dari turbin udara yang dipakai disini adalah bahwa putaran selalu searah, terlepas dari arah udara akibat turun-naiknya muka air dalam pipa *U* (Patty, 2018).



Gambar 2.4. Multiresonant Oscillating Water Column (Patty, 2018)

### 2.3. Simulasi Dinamika Fluida Komputasi

Ada dua simulasi dinamika fluida komputasi yang dijelaskan oleh Filianoti, Gurnari, Torresi, & Comporeale yaitu model numerik dan komputasi domain.

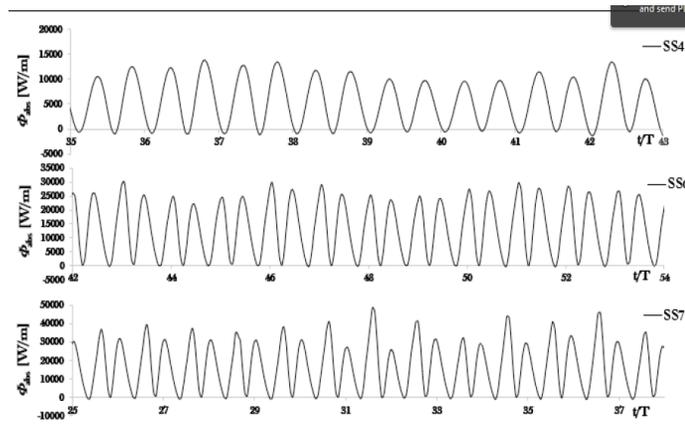
#### 2.3.1. Model Numerik

Pendekatan numerik didasarkan pada simulasi CFD dua dimensi menggunakan kode komersial Ansys Fluent, Versi Akademik. Interaksi air-udara diperhitungkan melalui model Volume Of Fluid (VOF). Dalam model VOF, dua atau lebih cairan (atau fase) tidak saling menembus dan volume suatu fase dihitung sebagai fraksi volume. Fraksi volume dalam sel-sel yang terletak di dekat antarmuka antara dua fase dihitung dengan menggunakan skema Rekonstruksi Geometrik, dalam formulasi eksplisit untuk menghindari disipasi numerik yang berlebihan. Dalam pendekatan ini, antara cairan diwakili melalui interpolasi linier piecewise. Kedua bidang aliran udara dan air diasumsikan tidak stabil dan dihitung memecahkan persamaan Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS). Persamaan-persamaan ini di ambil menurut pendekatan Volume Hingga, mengadopsi algoritma berbasis tekanan dalam formulasi implisitnya.

Langkah – langkah studi numerik ini menggunakan software solidworks dimulai dari penentuan desain, pembuatan bagian – bagian heat exchanger (fin and tube), pembuatan curve delta winglet dan penggabungan bagian – bagian tersebut (assembly). Untuk langkah – langkah simulasi menggunakan software solidworks flow simulation dimulai dengan penentuan project name, unit system, analysis type, default fluid, wall conditions, initial and ambient conditions dan result and geometry resolution pada toolbar wizard. Selanjutnya pada menu inputdata dimulai dengan menentukan computational domain, fluid subdomain, boundary conditions (inlet, outlet dan wall) dan menentukan goals. Selanjutnya menjalankan simulasi.

Persamaan konveksi-difusi lainnya (misalnya persamaan momentum atau energi) di jelaskan melalui skema Second Order Upwind. Mengenai diskretisasi temporal, langkah waktu  $\Delta t = T / 1000$  telah diadopsi, T menjadi periode gelombang. Bagian dari domain komputasi ditunjukkan oleh gelombang persegi panjang pada (Gambar 2.5) , ditetapkan sebagai "zona berpori" untuk memodelkan perbedaan

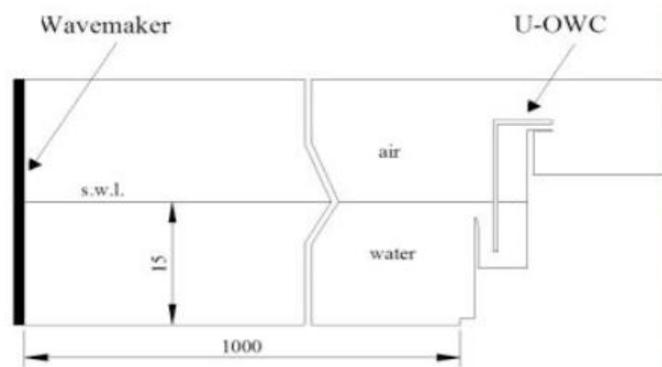
tekanan antara ruang dan ambien eksternal karena aliran berosilasi. T“zona berpori” nya ditandai dengan kental (untuk turbin Wells) dan inersia kerugian (terus menerus), yang parameter telah sesuai diatur untuk mereproduksi kerugian tekanan aktual dalam saluran udara.



Gambar 2.5. Domain komputasi (Filianoti, Gurnari, Torresi, & Comporeale, 2018)

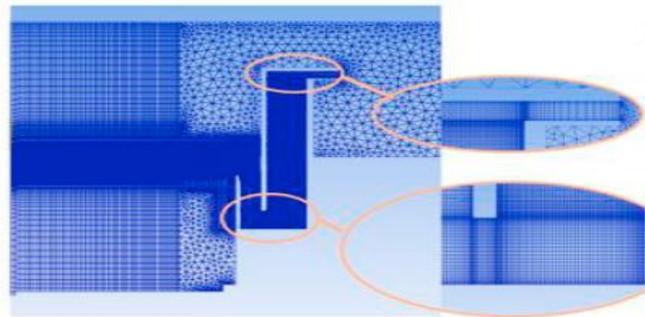
### 2.3.2. Komputasi Domain

Menurut Filianoti, Gurnari, Torresi, & Comporeale komputasi adalah gelombang-gelombang, dengan pembuat gelombang tipe piston ditempatkan di ekstremitas kiri dan pemecah gelombang U-OWC di ekstremitas kanan (lihat Gambar 2.6). Domain 2D panjangnya 1 kilometer dan tinggi 30m. Panjang flume telah dipilih untuk memiliki banyak panjang gelombang, setidaknya 10, hulu pemecah gelombang U-OWC, untuk semua keadaan laut yang disimulasikan. U-OWC adalah skema tanaman yang dipasang di pelabuhan Civitavecchia di Roma (Italia) di laut Tyrrhenian. Lebih rinci, lebar ruang plenum adalah 3,2 m panjang dan lebar saluran vertikal 1,6 m. Kedalaman air masih ditetapkan pada 15 m dan draft pembukaan ke laut adalah 2m. Pipa di dalam yang menampung turbin Wells memiliki diameter 74cm. Mengingat gelombang bergerak tegak lurus ke OWC, simulasi CFD dua dimensi dilakukan untuk mengurangi upaya komputasi dan sumber daya sehubungan dengan simulasi tiga dimensi sepenuhnya.



Gambar 2.6. Skema U-OWC (Filianoti, Gurnari, Torresi, & Comporeale, 2018)

Diskritisasi spasial dari domain komputasi (lihat Gambar 2.7) dibuat dengan menggunakan generator grid Pointwise mengadopsi mesh hibrida, dibentuk oleh elemen persegi panjang di keseluruhan panjang flume, sedangkan di dekat perangkat U-OWC elemen segitiga diadopsi (Filianoti, Gurnari, Torresi, & Comporeale, 2018).



Gambar 2.7. Diskritisasi Spasial (Filianoti, Gurnari, Torresi, & Comporeale, 2018)

## 2.4. Pembangkit Listrik Tenaga (PLT) Gelombang Laut

### 2.4.1. Komponen dasar PLT gelombang laut

Konstruksi pembangkit listrik tenaga (PLT) gelombang menurut Royyana, Budiarto, & Rindho terdiri dari mesin konversi energi gelombang, kolektor, turbin, generator.

#### 2.4.1.1. Mesin konversi energi gelombang laut

Pudjanarsa mengatakan bahwa energi gelombang laut dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan pesawat-pesawat yang nantinya bermanfaat demi kesejahteraan manusia. Upaya untuk memanfaatkan energi gelombang laut telah banyak

dilaksanakan baik dengan konsep yang sederhana maupun yang canggih. Sejumlah percobaan telah dilaksanakan oleh para ahli di bidang gelombang laut dan telah ditemukan beberapa konsep pemanfaatannya, diantaranya (Pudjanarsa, 2006):

a. Konsepsi yang sederhana:

- Benda-benda yang naik turun dan melengkung
- Resonator rongga
- Perangkat tekanan
- Konverter energi gelombang
- Konverter gerak partikel
- Mesin daya gelombang mengambang
- Generator tenaga gelombang tipe lumba-lumba

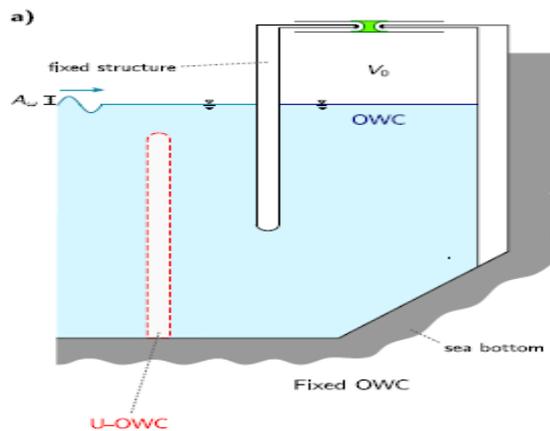
b. Konsepsi yang lebih tinggi:

- Salter mengangguk
- Rakit cockerell
- Pengarah russel
- Teknik pemfokusan gelombang

Sedangkan menurut Henriques, Portillo, Gato, Gomes, Ferreira, & Falcao ada beberapa tipe dasar dalam konversi energi gelombang laut, diantaranya adalah sebagai berikut (Henriques, Portillo, Gato, Gomes, Ferreira, & Falcao, 2016) :

1. Penampang konversi OWC (Oscillating Water Column) tetap

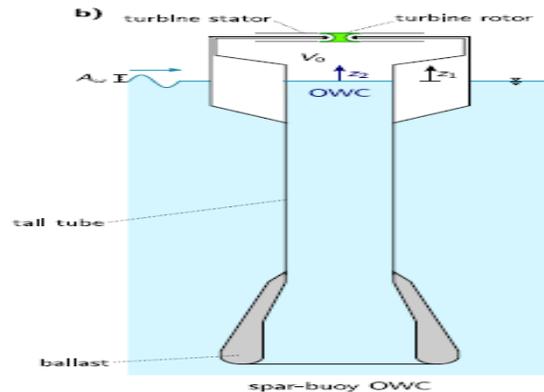
Penampang konversi OWC (Oscillating Water Column) tetap adalah dari fijenixed dan cocok untuk dimasukkan dalam pemecah gelombang tradisional, umumnya dari beton bertulang tipe struktur, seperti breakwater dari Mutriku pelabuhan di negara Basque. Hebatnya, salah satu OWC tetap yang pertama dipasang pada tahun 1999 di pulau Pico, di Azores kepulauan, masih operasional. Varian dari WEC ini adalah geometri OWC berbentuk U yang diusulkan oleh Bocotti yang terdiri dari saluran vertikal tambahan di sisi gelombang.



Gambar 2.8. Penampang konversi Osilating Water Column tetap (Henriques, Portillo, Gato, Gomes, Ferreira, & Falcao, 2016)

2. Tampilan melintang dari spar-pelampung OWC (Osilating Water Column)

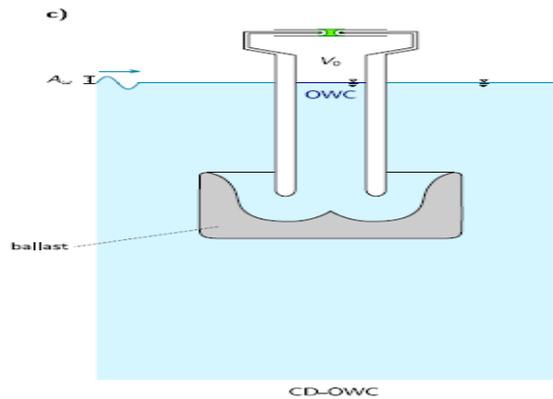
Sedangkan tipe kedua adalah Tampilan melintang dari spar-pelampung OWC (Osilating Water Column), versi yang dioptimalkan dari pelampung Masuda.



Gambar 2.9. Tampilan melintang dari spar-pelampung Osilating Water Column (Henriques, Portillo, Gato, Gomes, Ferreira, & Falcao, 2016)

3. Tampilan melintang dari coaxial-duct OWC (Osilating Water Column)

Dan tipe ketiga telah dinamai coaxial-duct OWC dan pada awalnya diusulkan oleh Takahashi Takashi pada tahun 1980, lihat Gambar axisymmetric terapan Perangkat inidibentuk oleh dua tabung koaksial. Tube bagian dalam terendam sebagian, dihubungkan pada bagian atas ke atmosfer melalui turbin udara dan pada bagian bawah ke saluran air yang dibentuk oleh tabung koaksial. Tinjauan terbaru tentang teknologi OWC dan turbin udara dapat ditemukan di Ref.



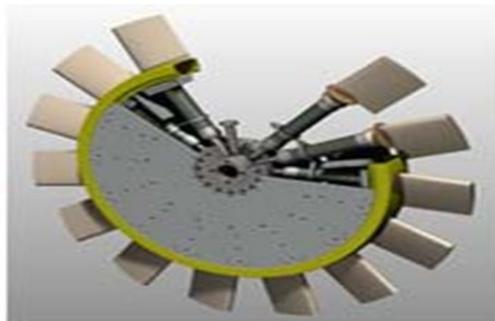
Gambar 2.10. Tampilan melintang dari coaxial-duct Oscillating Water Column (Henriques, Portillo, Gato, Gomes, Ferreira, & Falcao, 2016)

#### 2.4.1.2. Kolektor

Kolektor adalah bangunan yang berfungsi untuk mengumpulkan ombak sebanyak banyaknya. Dari data yang diperoleh yaitu ketinggian gelombang laut, periode gelombang laut dan lebar kolom kolektor dapat dihitung besarnya daya yang masuk ke dalam kolektor. Pada kolektor terdapat lubang oriface yang menghubungkan kolektor dengan turbin angin. Pada oriface terdapat gaya dan tekanan angin yang digunakan untuk memutar turbin.

#### 2.4.1.3. Turbin

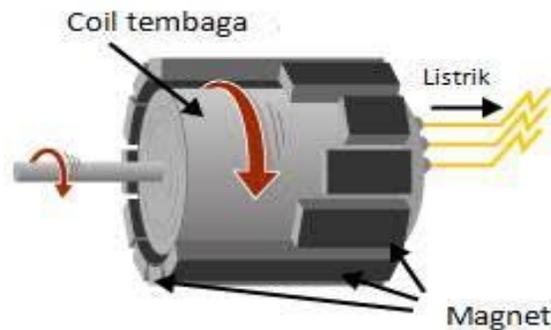
Turbin angin pada *Oscillating Water Column* berfungsi merubah tekanan udara yang dihasilkan oleh kolektor menjadi energi gerak. Prinsip kerja dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari tekanan udara menjadi energi putar pada turbin, lalu putaran turbin digunakan untuk memutar generator yang akhirnya menghasilkan energi listrik



Gambar 2.11. Turbin Udara (Prasetijo, Ropiudin, & Dharmawan, 2012)

#### 2.4.1.4. Generator

Konversi energi elektromagnetik yaitu perubahan energi dari bentuk mekanik ke bentuk listrik dan bentuk listrik ke bentuk mekanik. Generator sinkron (alternator) merupakan jenis mesin listrik yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan bolak-balik dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis diperoleh dari putaran rotor yang digerakkan oleh penggerak mula (*prime mover*), sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan stator dan rotornya (Royyana, Budiarto, & Rindho, 2015).



Gambar 2.12. Generator (Royyana, Budiarto, & Rindho, 2015)

Menurut (Siregar A.M. & C.A.Siregar, 2019) tenaga listrik  $P_g$  adalah tenaga yang keluar dari generator yang berupa tegangan ( $v$ ) dan arus ( $I$ ) mengukur besaran yang dibangkitkan dan besar daya yang didapatkan :

$$P_g = V.I \quad (2.1)$$

#### 2.4.2. Cara Kerja PLT Gelombang Laut

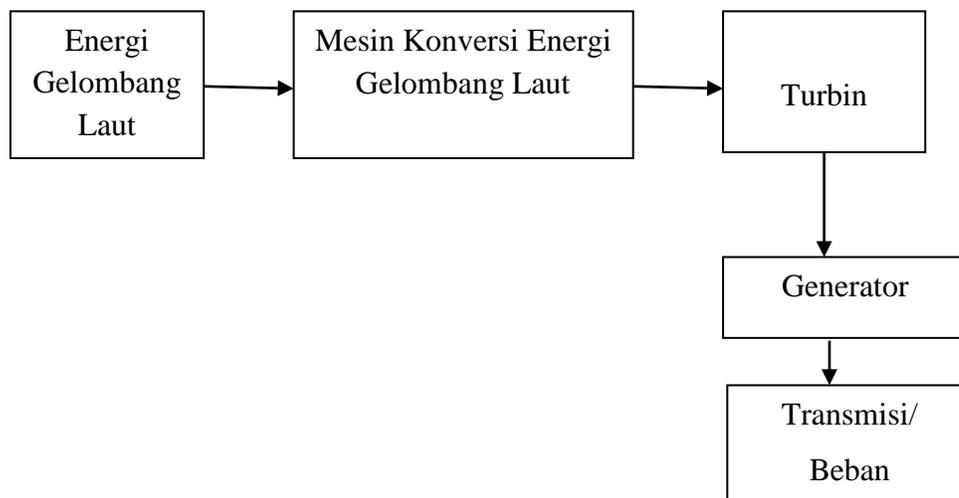
Tae, Jarson, Nurhayati, & Koehuan mengatakan, pada pembangkit listrik tenaga gelombang laut ada beberapa peralatan penting yang sangat berperan mulai dari awal proses pembangkitan hingga tenaga listrik dihasilkan yang nantinya tenaga listrik tersebut akan disalurkan kepada para konsumen. Peralatan-peralatan tersebut adalah:

- Mesin konversi energi gelombang laut

Berfungsi untuk menyalurkan energi kinetik yang dihasilkan oleh gelombang laut yang kemudian dialirkan ke turbin.

- Turbin  
Berfungsi untuk mengubah energi kinetik gelombang menjadi energi mekanik yang dihasilkan oleh perputaran rotor pada turbin.
- Generator  
Di dalam generator ini energi mekanik dari turbin dirubah kembali menjadi energi listrik atau boleh dikatakan generator ini sebagai pembangkit tenaga listrik. Sistem pembangkitan pada pembangkit listrik tenaga gelombang ini dapat dijelaskan melalui skema dibawah ini.

Sistem pembangkitan pada pembangkit listrik tenaga gelombang dapat dilihat melalui skema dibawah ini.



Gambar 2.13. Skema sistem pembangkitan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang (Wijaya,2010)

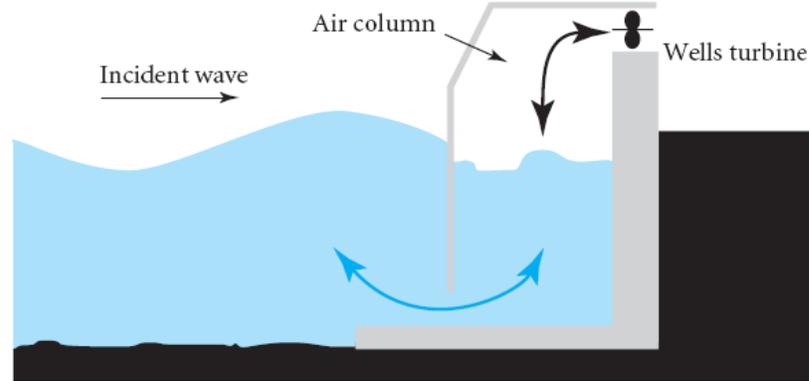
Wijaya mengatakan, pertama-tama aliran gelombang laut yang mempunyai energi kinetik masuk kedalam mesin konversi energi gelombang. Kemudian dari mesin konversi aliran gelombang yang mempunyai energi kinetik ini dialirkan menuju turbin. Di dalam turbin ini, energi kinetik yang dihasilkan gelombang digunakan untuk memutar rotor. Kemudian dari perputaran rotor inilah energi mekanik yang kemudian disalurkan menuju generator. Di dalam generator, energi mekanik ini dirubah menjadi energi listrik (daya listrik). Dari generator ini, daya

listrik yang dihasilkan dialirkan lagi menuju sistem transmisi (beban) melalui kabel laut. Daya listrik yang disalurkan melalui kabel laut ini adalah daya listrik arus searah DC (Wijaya,2010).

## 2.5. OWC (Oscillating Water Column)

### 2.5.1. Definisi OWC (Oscillating Water Column)

Setyono & Ulum mengatakan bahwa OWC merupakan salah satu sistem dan peralatan yang dapat mengubah energi gelombang laut menjadi energi listrik dengan menggunakan kolom osilasi. Alat OWC ini akan menangkap energi gelombang yang mengenai lubang pintu OWC, sehingga terjadi fluktuasi atau osilasi gerakan air dalam ruang OWC, kemudian tekanan udara ini akan menggerakkan baling-baling turbin yang dihubungkan dengan generator listrik sehingga menghasilkan listrik. Pada teknologi OWC ini, digunakan tekanan udara dari ruangan kedap air untuk menggerakkan *wells turbine* (turbin angin) yang nantinya pergerakan turbin ini digunakan untuk menghasilkan energi listrik (Setyono & Ulum, 2018).



Gambar 2.14. Sistem Oscillating Water Column (Setyono & Ulum, 2018)

### 2.5.2. Teknologi OWC (Oscillating Water Column)

Sedangkan Wijaya mengatakan pada teknologi OWC ini, digunakan tekanan udara dari ruangan kedap air untuk menggerakkan *whells turbine* yang nantinya pergerakan turbin ini digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Ruangan kedap air ini dipasang tetap dengan struktur bawah terbuka ke laut. Tekanan udara pada ruangan kedap air ini disebabkan oleh pergerakan naik-turun dari permukaan gelombang air laut. Gerakan gelombang di dalam ruangan ini merupakan gerakan

*compresses* dan gerakan *decompresses* yang ada di atas tingkat air di dalam ruangan. Gerakan ini mengakibatkan, dihasilkannya sebuah *alternating streaming* kecepatan tinggi dari udara. Aliran udara ini didorong melalui pipa ke turbin generator yang digunakan untuk menghasilkan listrik. Sistem OWC ini dapat ditempatkan permanen di pinggir pantai atau bisa juga ditempatkan di tengah laut. Pada sistem yang ditempatkan di tengah laut, tenaga listrik yang dihasilkan dialirkan menuju transmisi yang ada di daratan menggunakan kabel laut (Wijaya, 2010).

## 2.6. Rumus Perhitungan

### 2.6.1. Gaya Gelombang Laut (*Wave Force*)

Menurut (Ulum, 2018) menyatakan analisa gaya pada gelombang dapat menunjukkan seberapa besar nilai daya yang dihasilkan. Dimana gaya – gaya pada gelombang dapat dihitung dengan cara :

$$P_{wave} = \frac{\rho \cdot g^2 \cdot H^2}{32\pi} (w) \quad (2.2)$$

$$F_{wave} = \frac{P_{wave} \cdot T}{L} (N) \quad (2.3)$$

Dimana:

$P_{wave}$  = daya gelombang (watt),

$\rho$  = massa jenis air tawar (1000 kg/m<sup>3</sup>),

$g$  = percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>),

$H$  = tinggi gelombang (m),

$T$  = Periode gelombang (s),

$L$  = Panjang gelombang (m),

$F_{wave}$  = gaya gelombang

### 2.6.2. Langkah-Langkah Dalam Proses Transfer Energi

Ada tiga langkah dalam proses transfer energi gelombang ke energi listrik menurut Wang, Ning, Zhang, Zou, & Liu. Pada persamaan (2.10) ruang OWC mengubah energi gelombang menjadi energi kinetik dari aliran udara, persamaan (2.11) turbin mengubah energi kinetik aliran udara menjadi energi mekanik rotor, dan persamaan (2.12) generator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.

Langkah transfer dipertimbangkan pertama dari energi gelombang ke energi aliran udara. Dengan demikian, kerugian akibat gesekan melalui lubang atas tidak dipertimbangkan. Gerakan air di dalam ruang dapat diberi dengan baik oleh karena itu, di ruang pusat dibawah gelombang harus panjang. Untuk kasus di bawah gelombang pendek, ada beberapa kesalahan terkait dengan perwakilan ini.

Gelombang pendek jauh dari frekuensi resonansi oleh karena itu, bukan fokus dari memanfaatkan energi gelombang. Kemudian, kekuatan gelombang yang diserap oleh perangkat energi gelombang dapat dihitung dari tekanan aus dan ketinggian permukaan pada pusat ruang dengan pengukur gelombang G3 (Wang, Ning, Zhang, Zou, Liu, 2018).

$$P_{owc} = P_a(t) \cdot \eta \quad (2.4)$$

Dimana  $P_a$  adalah tekanan udara di dalam ruang,  $\eta$  adalah elevasi vertikal dari permukaan bebas di dalam ruang, dan  $t$  adalah waktu.

Dari teori gelombang linier, fluks energi rata-rata per satuan lebar dalam gelombang adalah :

$$P_{inc} = \frac{\rho g A_i^2}{4} \quad (2.5)$$

Dimana  $\rho$  kerapatan air,  $g$  adalah percepatan gravitasi,  $A_i$  adalah amplitudo gelombang datang, . Dengan demikian, efisiensi dapat dihitung :

$$\xi = \frac{P_{owc}}{P_{inc w}} \times 100\% \quad (2.6)$$

### 2.6.3. Koefisien perpindahan panas konveksi sisi udara

$$h_{c,m} = \frac{Q}{A_p \Delta T_{im}} \quad (2.7)$$

Dimana h adalah koefisien perpindahan panas konveksi dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

Di mana Q adalah perpindahan panas sisi udara;  $A_p$  adalah area perpindahan panas dari plat tembaga dan  $\Delta T_{im}$  adalah perbedaan suhu logaritmik rata-rata antara dinding plat tembaga dan udara.

Q dihitung sebagai:

$$Q = c_p \rho U A_c (t_{a_{out}} - t_{a_{in}}) \quad (2.8)$$

Di mana U adalah kecepatan rata-rata aliran udara;  $A_c$  adalah luas penampang saluran udara;  $t_{a_{in}}$  dan  $t_{a_{out}}$ , suhu rata-rata keluar antar bagian udara pada sisi masuk dan sisi keluar bagian tes.

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1. Tempat dan Waktu

#### 3.1.1. Tempat

Tempat di laksanakan nya kegiatan penelitian ini yaitu di labaratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

#### 3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sah kanya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan dilaksanakan setelah mendapat persetujuan dari dosen pembimbing, dapat dilihat pada tabel 3.1. dibawah ini.

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Waktu (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 dan Pengolahan Data						
8	Penyelesaian penulisan Seminar Hasil dan sidang sarjana						
9							

## 3.2. Bahan dan Alat

### 3.2.1. Bahan

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

#### 1. Besi Siku

Besi siku digunakan untuk rangka dudukan dan komponen lainnya. Besi yang digunakan untuk rangka dudukan alat konversi energi dengan sistem osilasi kolom yaitu besi siku (30x30mm), besi hollow (30x30mm).



Gambar 3.1 Besi siku

#### 2. Plat Besi Lembaran

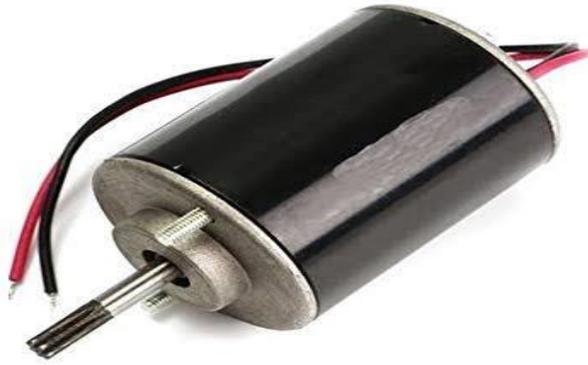
Plat besi yang dipakai dalam pembuatan adalah besi yang berbentuk persegi yang memiliki tebal 2,5 mm. Plat besi lembaran ini berfungsi sebagai media untuk membentuk kolom air osilasi.



Gambar 3.2 Plat besi lembaran

### 3. Generator

Berfungsi untuk menghasilkan listrik dengan cara mengubah gerak menjadi energi listrik.



Gamabr 3.3 Generator

### 4. Turbin Angin

Turbin angin pada *Oscillating Water Colomn* berfungsi merubah tekanan udara yang dihasilkan oleh kolektor menjadi energi gerak.



Gambar 3.4 Turbin angin

## 5. Kabel

Kabel digunakan untuk mengubungkan arus yang dihasilkan dari alat konversi energi Owc menuju generator lalu menuju ke multimeter untuk dapat dibaca arus tersebut.



Gambar 3.5 Kabel

### 3.2.2. Alat

Adapun alat - alat yang digunakan dalam pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang laut dengan owc adalah sebagai berikut:

#### 1. Mesin las

Mesin las digunakan untuk menyambung besi menjadi satu rangkaian untuk rangka alat konversi energi dan komponen lainnya. Mesin las yang di gunakan pada pembuatan alat adalah Mesin Trafo Las MMA tipe 120G-KR.



Gambar 3.6 Mesin Las

## 2. Mesin gerinda

Mesin gerinda digunakan untuk mengasah/memotong besi-besi untuk membuat rangka alat konversi energi dan komponen lainnya. Mesin gerinda yang di gunakan pada penelitian ini mesin gerinda tangan tipe MT90.



Gambar 3.7 Mesin Gerinda

## 3. Mesin Bor

Mesin bor digunakan untuk melubangi besi rangka akrilik dan komponen lainnya. Mesin bor yang di gunakan pada pembuatan alat penelitian mesin bor Stanley type STEL 101.



Gambar 3.8 Mesin Bor

#### 4. Alat Ukur

Yang berfungsi untuk mengukur suatu spesimen.



Gambar 3.9 Alat ukur

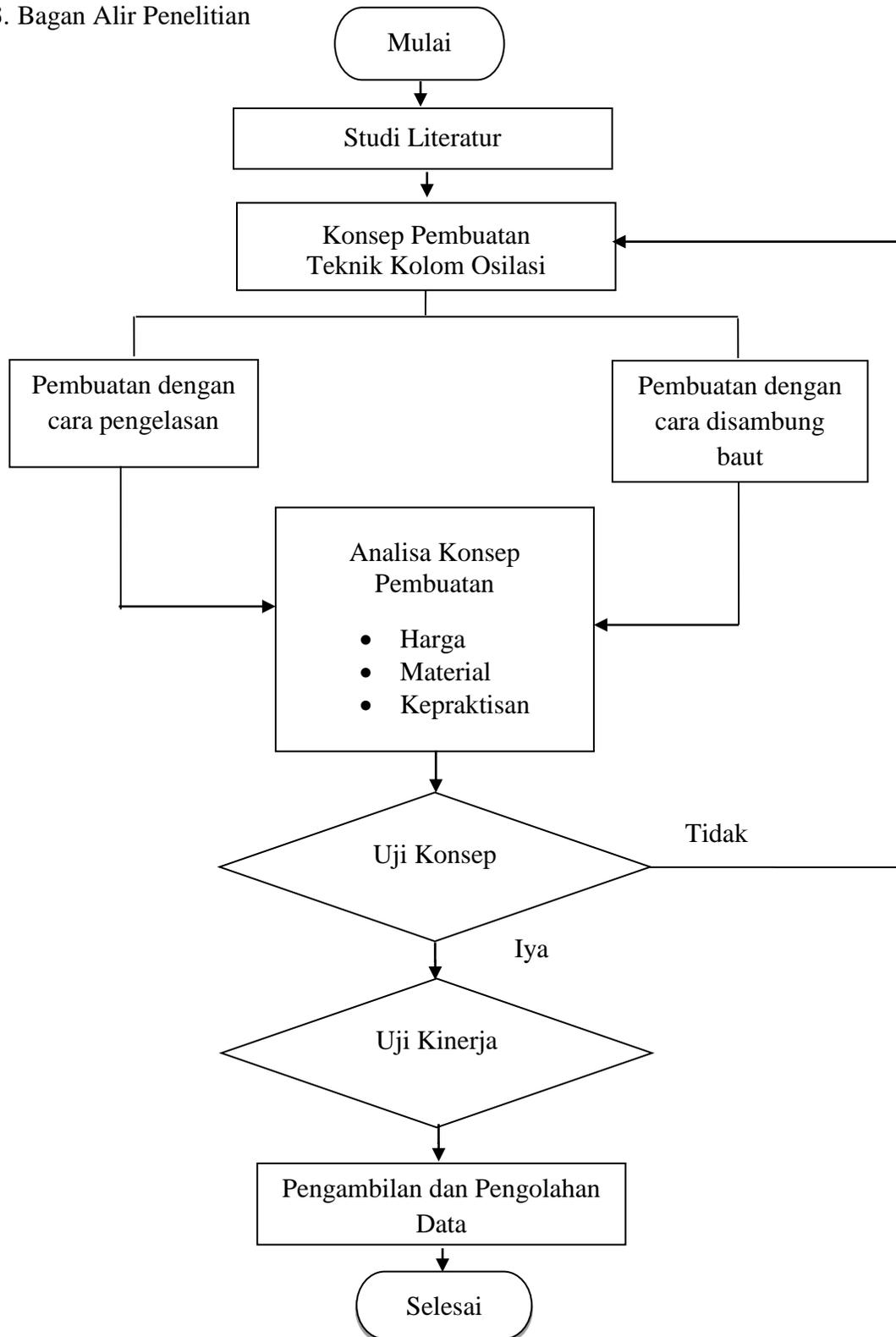
#### 5. Alat Perkakas

Yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaan pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi.



Gambar 3.10 Alat Perkakas

### 3.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.11 Bagan Alir Penelitian

### 3.4. Rancangan Alat Penelitian

#### 1. Mulai

Dalam memulai pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi penulis harus mencari referensi sebanyak-banyaknya.

#### 2. Studi Literatur

Penulis melakukan studi literatur yaitu dengan mengumpulkan jurnal maupun buku yang dijadikan acuan dalam melakukan penelitian pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi.

#### 3. Konsep Pembuatan Teknik Kolom Osilasi

Konsep pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi penulis menentukan 2 konsep yaitu konsep yang pertama adalah pembuatan dengan cara pengelasan, dan konsep yang kedua adalah konsep pembuatan dengan menggunakan baut .

#### 4. Analisa Konsep Pembuatan

Dari konsep pembuatan yang telah ditentukan yaitu konsep metode horizontal penulis menganalisa konsep pembuatan tersebut, yaitu penulis menganalisa harga dalam pembuatan alat tersebut. Selanjutnya penulis menganalisa material apa saja yang cocok digunakan dalam pembuatan alat tersebut, dan yang terakhir penulis menganalisa kepraktisan pembuatan alat tersebut, apakah bisa digunakan atau tidak.

#### 5. Uji Konsep

Setelah menganalisa konsep pembuatan, penulis melakukan uji konsep. Apakah konsep pembuatan tersebut bisa di lanjutkan atau harus dilakukan pembuatan konsep ulang. Apabila konsep pembuatan tersebut tidak berhasil maka harus melakukan pembuatan konsep baru, dan apabila konsep pembuatan tersebut berhasil maka bisa lanjut ke tahapan berikutnya.

#### 6. Uji Kinerja

Setelah melakukan pengujian konsep, selanjutnya penulis melakukan pengujian kinerja dengan cara pengujian turbin tersebut. Apakah alat tersebut bisa menghasilkan energi atau tidak.

#### 7. Pengambilan dan Pengolahan Data

Apabila uji kinerja berhasil, penulis akan mengambil dan mengolah data dari hasil uji kinerja tersebut, dan kemudian mencatatnya.

#### 8. Selesai

Setelah pengambilan dan pengolahan data telah dilakukan, maka proses pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi selesai.

### 3.5. Prosedur Penelitian

#### 3.5.1. Langkah-langkah Pemasangan Alat

Adapun langkah-langkah perakitan komponen-komponen alat konversi energi tenaga gelombang laut osilasi kolom adalah sebagai berikut :

1. Memotong plat besi sesuai kebutuhan pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang teknik kolom osilasi yang sudah dirancang.
2. Menyatukan komponen-komponen plat besi yang telah dipotong dengan menggunakan cara pengelasan.
3. Membuat lubang di sisi atas besi plat untuk menempatkan turbin angin dan generator.
4. Memasang alat konversi energi tenaga gelombang teknik kolom osilasi pada kolam ombak buatan.
5. Memasang kabel dari generator ke multimeter agar mengetahui kuat arus listrik yang dihasilkan.

#### 3.5.2. Langkah-langkah Pengujian

Adapun langkah-langkah perakitan komponen-komponen alat konversi energi tenaga gelombang laut osilasi kolom adalah sebagai berikut :

1. Menyalakan mesin gelombang buatan yang telah dibuat.
2. Mengukur tinggi gelombang pada kolam ombak buatan.
3. Melihat kuat arus listrik yang dihasilkan dengan menggunakan multimeter.
4. Mencatat hasil pengujian alat konversi energi tenaga gelombang teknik kolom osilasi.
5. Setelah pengujian dilakukan membersihkan lokasi pengujian dan merapikan alat-alat yang telah digunakan.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Analisa Konsep Pembuatan

#### 4.1.1. Hasil Analisa Pemilihan Bahan

Hasil lengkap tentang analisa pemilihan bahan dapat dilihat pada tabel 4.1. Faktor pemberat untuk setiap kriteria dalam pemilihan adalah hasil perkalian faktor kualitas yang telah diberikan dalam gambar 4.1. Sebagai contoh faktor pemberat untuk waktu pembuatan adalah  $0,1 \times 4 = 0,4$ . Demikian seterusnya untuk semua perhitungan faktor pemberat.

Maka dari analisa keenam faktor pemberat konsep 1 mendapatkan nilai yang kecil berkisar 3, faktor pemberat konsep 2 mendapat nilai 4,24 dan faktor pemberat konsep 3 mendapat nilai tertinggi dengan nilai 5,3. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.1. dibawah ini.

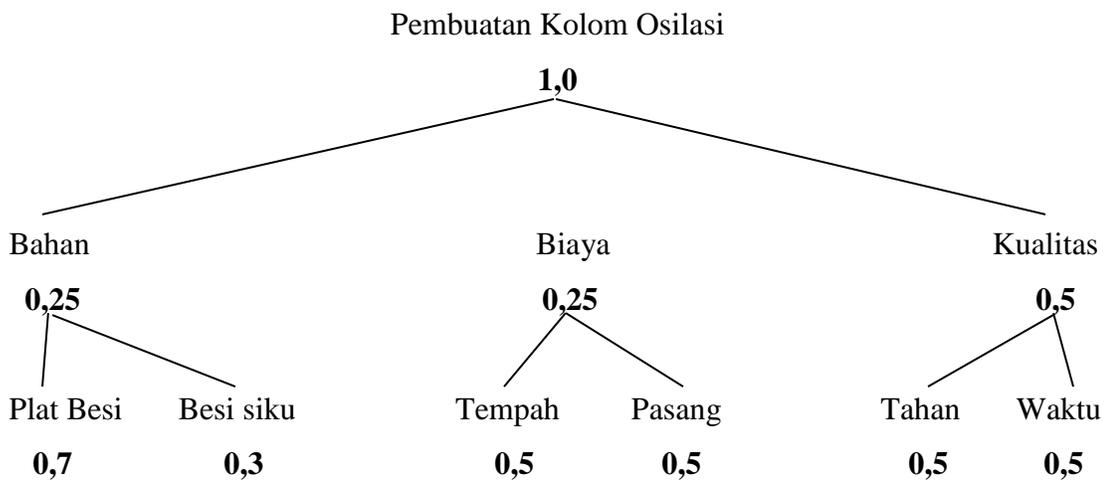
Tabel 4.1. Pemilihan pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi dengan metode matriks keputusan

Kriteria	Faktor Pemberat	Konsep 1			Konsep 2			Konsep 3		
		Besaran	Angka	Nilai	Besaran	Angka	Nilai	Besaran	Angka	Nilai
Tingkat kesulitan	0,25	Sangat Sulit	2	0,5	Mudah	6	1,5	Sulit	4	1
Bahan	0,13	Mahal	2	0,26	Murah	4	0,52	Murah	4	0,52
Daya tahan	0,12	Rendah	2	0,24	Sedang	4	0,48	Tinggi	6	0,72
Daya yang di hasilkan	0,26	Sedang	4	1,04	Sedang	4	1,04	Besar	6	1,56
kapasitas	0,15	Besar	6	0,72	Kecil	2	0,3	Besar	6	0,9
Efisiensi	0,1	Kecil	2	0,24	Sedang	4	0,4	Besar	6	0,6
Hasil				3			4,24			5,3

#### 4.1.2. Pohon Objektif Pembuatan

Pemilihan bahan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi dilakukan menggunakan metode matriks keputusan. Metode ini umumnya digunakan dalam bidang teknik untuk membuat keputusan dalam perancangan produk tetapi juga dapat dipakai berbagai macam tujuan. Dua pilihan bahan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi ada dua opsi yang akan dipilih yaitu (1) Plat besi lembaran, (2) Besi siku. Kedua bahan ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing yang akan dipilih berdasarkan 6 kriteria yang kami anggap sesuai seperti diperlihatkan dalam bentuk pohon objektif ini dibagi atas tiga bagian yaitu, faktor manfaat kualitas 50% faktor biaya 25% dan faktor bahan 25%.

Faktor kualitas menekan pada usia turbin angin dan ketahanan terhadap korosi, faktor biaya terdiri dari atas biaya pembelian dan pembuatan kolom osilasi dari awal hingga akhir, faktor bahan merupakan material yang dipilih untuk memprioritaskan usia dan ketahanan gelombang air agar tahan terhadap korosi. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada gambar 4.1. dibawah ini.



Gambar 4.1. Pembuatan Kolom Osilasi

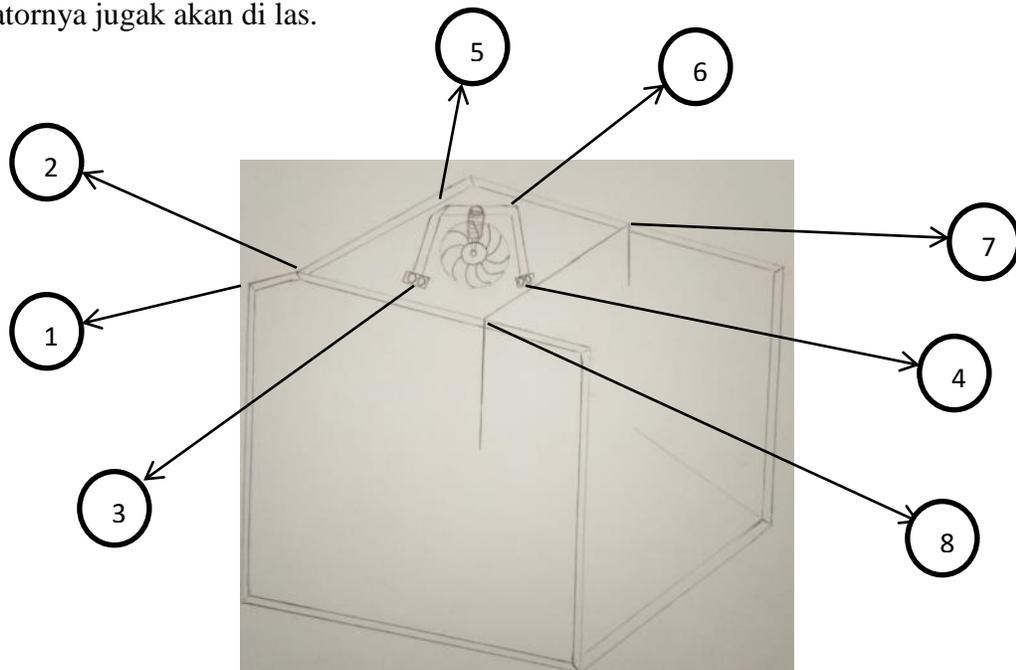
## 4.2. Konsep Pembuatan

### 4.2.1. Penyambungan

Dalam pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi ini akan dibuat 2 konsep pembuatan. Adapun penjelasan dari konsep pembuatan tersebut adalah sebagai berikut:

#### 1. Konsep pembuatan dengan cara pengelasan

Pada konsep pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi ini dibuat dengan cara pengelasan. Bagian kolom osilasinya akan disambung dengan kolam gelombang dengan cara di las seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini. Kemudian bagian dudukan untuk generatornya jugak akan di las.

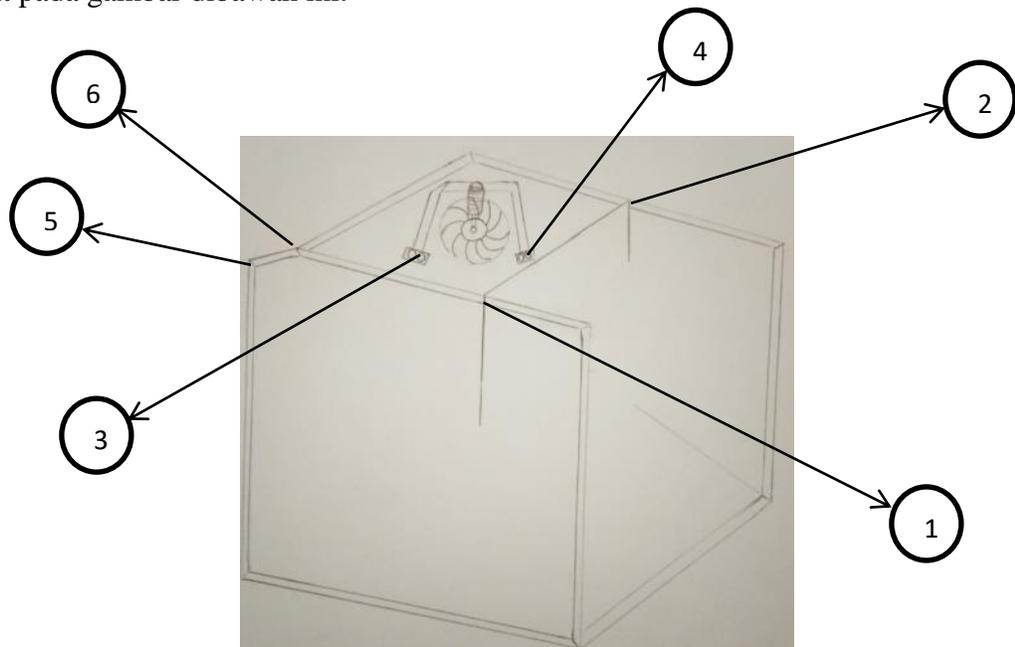


Gambar 4.2. Pembuatan dengan cara pengelasan

Nomor- nomor yang ada pada gambar di atas menunjukkan titik- titik mana saja yang akan di sambung dengan cara pengelasan. Karena konsep pembuatan ini dibuat dengan cara pengelasan maka konsep ini memiliki kekurangan yaitu alat yang sudah dibuat tidak akan bisa untuk di bongkar-pasang.

## 2. Konsep pembuatan dengan cara disambung dengan baut

Konsep kedua ini pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi dibuat dengan cara disambung dengan menggunakan pen atau baut. Untuk penyambungan kolom osilasi dengan kolom gelombang akan disambung menggunakan pen atau baut. Begitu juga untuk dudukan generator akan disambung pada kolom osilasi dengan menggunakan baut, seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.3. Pembuatan dengan cara disambung dengan baut

Nomor- nomor yang ada pada gambar di atas menunjukkan titik- titik mana saja yang akan dibaut. Pada konsep pembuatan ini memiliki kelebihan yaitu, alat yang sudah dibuat dapat di bongkar-pasang.

### 4.2.2. Material

#### 1. Material dengan cara pengelasan

Pada pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi dengan cara pengelasan material yang diperlukan yaitu plat besi, besi poros, bearing, dan kawat las.

## 2. Material dengan cara disambung dengan baut

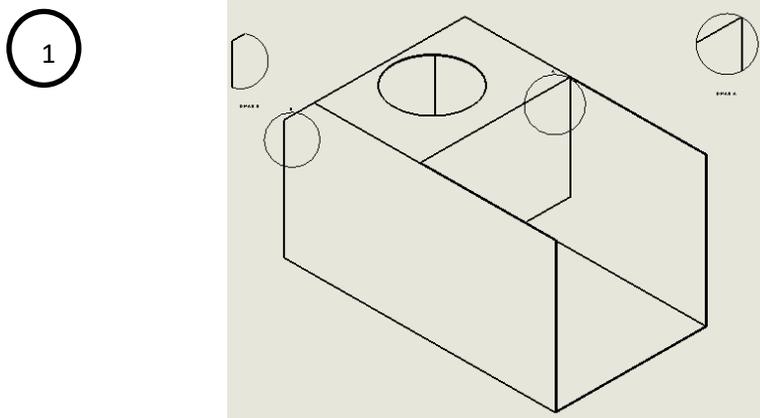
Material yang diperlukan dalam pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi dengan cara disambung dengan baut sebenarnya tidaklah jauh berbeda dengan pembuatan dengan cara pengelasan. Hanya saja yang membedakan material pada pembuatan ini yaitu adanya baut sebagai penyambung kolom osilasi dengan kolam gelombang.

### 4.2.3. Pelindung korosi (cat)

Korosi atau karat pada logam adalah proses rusaknya logam besi/baja karena terjadinya reaksi kimia antara logam dengan zat yang ada disekitarnya, lalu membentuk senyawa yang tidak dikehendaki. Karat bersifat rapuh, tidak kuat seperti besi, dan mudah terkelupas. Akibatnya, struktur besi secara keseluruhan mengalami pengeroposan. Karat/korosi pada logam dapat dicegah dengan cara pelapisan menggunakan cat. Oleh karena itu, dalam pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi ini menggunakan cat sebagai pelindung dari karat/korosi.

### 4.2.4. Packing

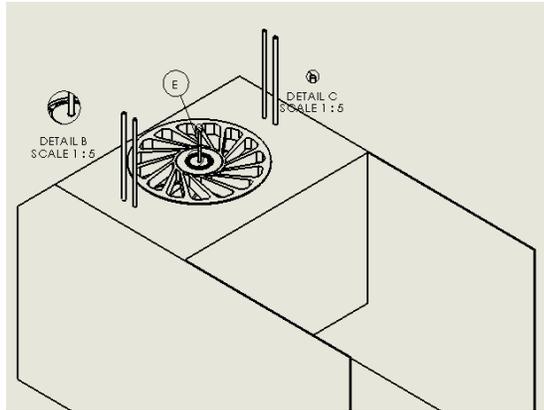
Adapun untuk konsep pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi ini ada beberapa langkah packing dalam konsep ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4.4. Penyambungan kolom osilasi dengan kolam gelombang

Untuk penyambungan kolom osilasi dengan kolom gelombang yang sudah dipilih yaitu menggunakan konsep penyambungan dengan cara pengelasan.

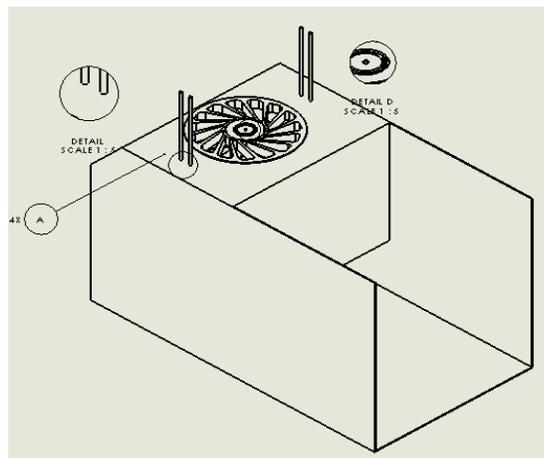
2



Gambar 4.5. Pemasangan turbin angin

Untuk pemasangan turbin angin pada alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi ini dengan menggunakan bearing.

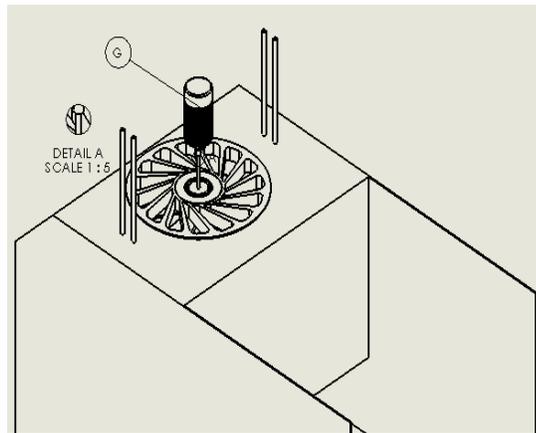
3



Gambar 4.6. Pemasangan tiang dudukan generator

Pada pemasangan tiang untuk dudukan generator ini menggunakan besi poros berdiameter 8 mm sebanyak 4 buah.

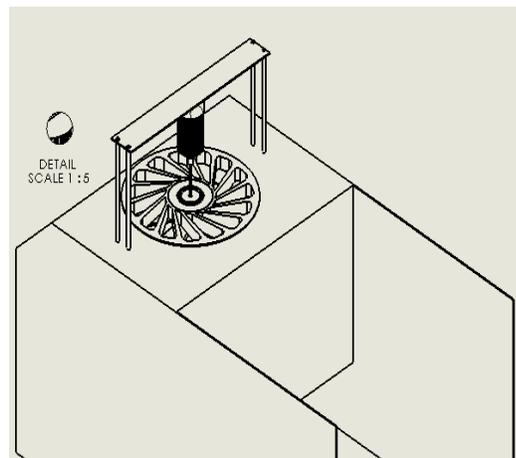
4



Gambar 4.7. Pemasangan generator

Untuk pemasangan generator disini menggunakan baut 14 mm yang disambungkan oleh besi poros dan terhubung ke turbin angin.

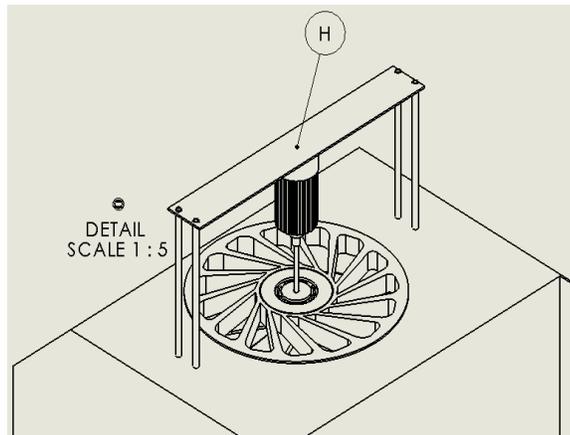
5



Gambar 4.8. Pemasangan penyangga generator

Pada pemasangan penyangga generator disini menggunakan besi plat yang berfungsi agar generator tidak goyang.

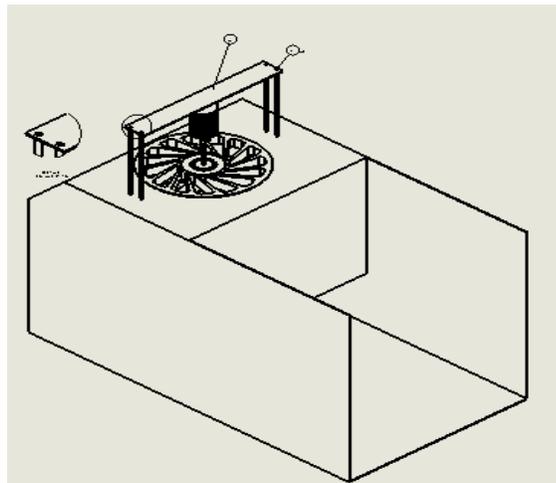
6



Gambar 4.9. Penyambungan penyangga generator dengan generator

Untuk menyambungkan penyangga generator dengan generator disini dengan menggunakan baut.

7



Gambar 4.10. Pemasangan baut pada penyangga generator

Untuk menyambungkan penyangga generator dengan tiang dudukan generator disini menggunakan baut 8 mm sebanyak 4 buah.

#### 4.3. Daftar Harga

Pembelian suku cadang berbeda – beda material diawal dari pembelian plat besi untuk dudukan kolom alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan kolom osilasi dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2. Daftar suku cadang dan harga

No	Suku Cadang	Harga pembelian Rp	Banyak
1	Plat Besi	300.000	1
2	Generaor	100.000	1
3	Turbi Angin	250.000	1
4	Besi Poros	50.000	1
5	Multitester	150.000	1
6	Baut	15.000	6
7	Bearing	15.000	2
	Jumlah	880.000	13

#### 4.4. Hasil Komponen – Komponen Yang Dibuat

Komponen – komponen yang dibuat pada pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan menggunakan teknik kolom osilasi adalah sebagai berikut:

##### 1. Kolom Osilasi

Kolom Osilasi dibuat dari bahan plat besi yang disatukan dengan menggunakan pengelasan sehingga berbentuk kolom osilasi yang nantinya gelombang air akan memberikan tekanan udara dari ruangan kedap air untuk menggerakkan turbin angin dan selanjutnya pergerakan turbin ini disambungkan ke generator digunakan untuk menghasilkan energi listrik dan dibaca menggunakan multitester.



Gambar 4.11. Kolom Osilasi

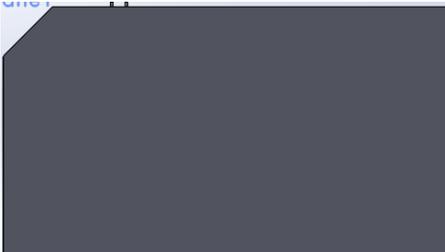
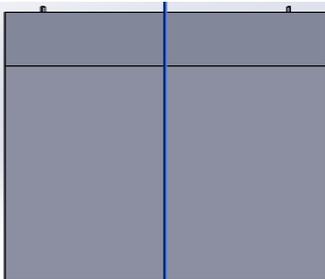
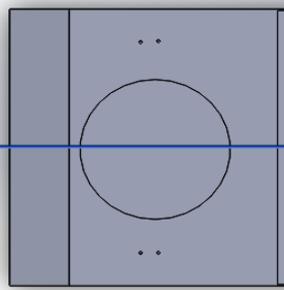
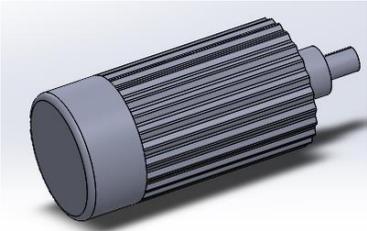
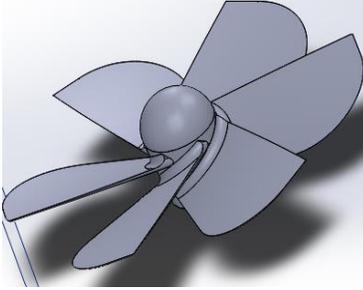
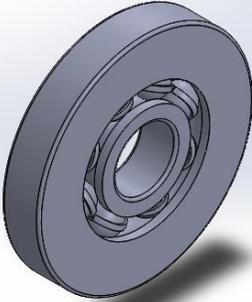
## 2. Dudukan Generator

Dudukan generator ini dibuat dengan bahan besi poros dan kemudian akan di las dan di bor untuk tempat yang akan diberi baut pengikat.



Gambar 4.12.Dudukan Generator

### 4.4.1. Daftar Part Komponen



#### 4.5. Daftar Proses Pembuatan

1. Mengukur plat besi untuk pembuatan alat pembangkit listrik dengan mengaplikasikan teknik osilasi kolom.



Gambar 4.13. Proses Pengukuran Plat Besi

2. Memotong plat besi sesuai kebutuhan pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang teknik kolom osilasi yang sudah dirancang.



Gambar 4.14. Proses Pemotongan Plat Besi

3. Membentuk osilasi kolom sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.



Gambar 4.15. Proses Pembentukan Osilasi Kolom

4. Menyatukan komponen-komponen plat besi yang telah dipotong dengan cara pengelasan membentuk osilasi kolom.



Gambar 4.16. Proses Menyatukan Komponen Plat Besi

5. Setelah pengelasan dilakukan penggrindaan agar terlihat bagian yang masih berlubang supaya dapat dilakukan pengelasan ulang.



Gambar 4.17. Proses Penggrindaan

6. Membuat lubang di sisi atas plat besi untuk menempatkan turbin angin dan generator.

7. Mengecat bagian osilasi kolom agar lebih memastikan tidak ada terjadinya kebocoran sehingga udara yang masuk tidak akan keluar.



Gambar 4.18. Proses pengecatan

#### 4.6. Spesifikasi Perancangan

Adapun spesifikasi perancangan pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi ini diambil dari proses perancangan. Dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.3. Spesifikasi Perancangan

Dimensi kolom osilasi	
Panjang/mm	600
Lebar/mm	1000
Tinggi/mm	700
Diameter lingkaran	300
Panjang pembatas	310
Dimensi turbin	
Diameter 1/mm	300
Diameter lubang poros/mm	8
Sudut lengkung	115 <sup>o</sup>
Lebar sudu/mm	200

Jumlah sudu	5
Dimensi bearing	
Diameter luar/mm	20
Diameter dalam /mm	8
Diameter poros/mm	8
Motor Listrik	
Daya	12 volt
Putaran	1900 rpm

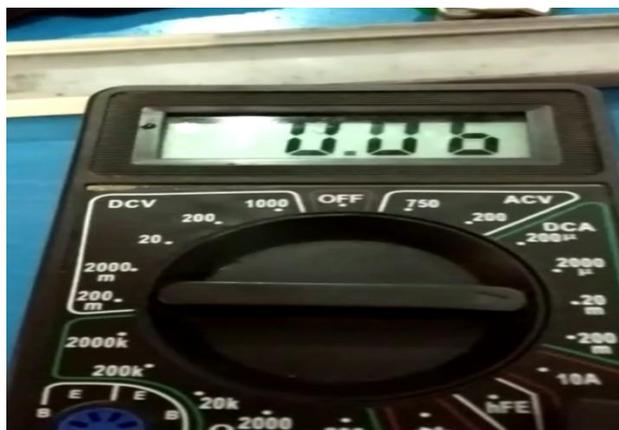
#### 4.7. Hasil Pengujian

##### 4.7.1. Pengujian alat pembangkit listrik

Pada kesempatan ini dilakukan pengujian alat konversi energi tenaga gelombang air dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi, pengujian dapat dilihat sebagai berikut:

##### 1. Pengujian alat pembangkit listrik pada saat 30cm air pada kolam

Pada pengujian panjang gelombang pada saat tinggi air 30 cm di dapatkan hasil 0,00006v seperti yang terlihat pada gambar 4.19



Gambar 4.19 Pengujian alat pembangkit listrik pada saat 30cm air pada kolam

2. Pengujian alat pembangkit listrik pada saat 40cm air pada kolam

Pada pengujian panjang gelombang pada saat tinggi air 40cm di dapatkan hasil 0,00008v seperti yang terlihat pada gambar 4.20



Gambar 4.20 Pengujian alat pembangkit listrik pada saat 40cm air pada kolam

3. Pengujian alat pembangkit listrik pada saat 45cm air pada kolam

Pada pengujian panjang gelombang pada saat tinggi air 45cm di dapatkan hasil 0,00006v seperti yang terlihat pada gambar 4.21



Gambar 4.21 Pengujian alat pembangkit listrik pada saat 45cm air pada kolam

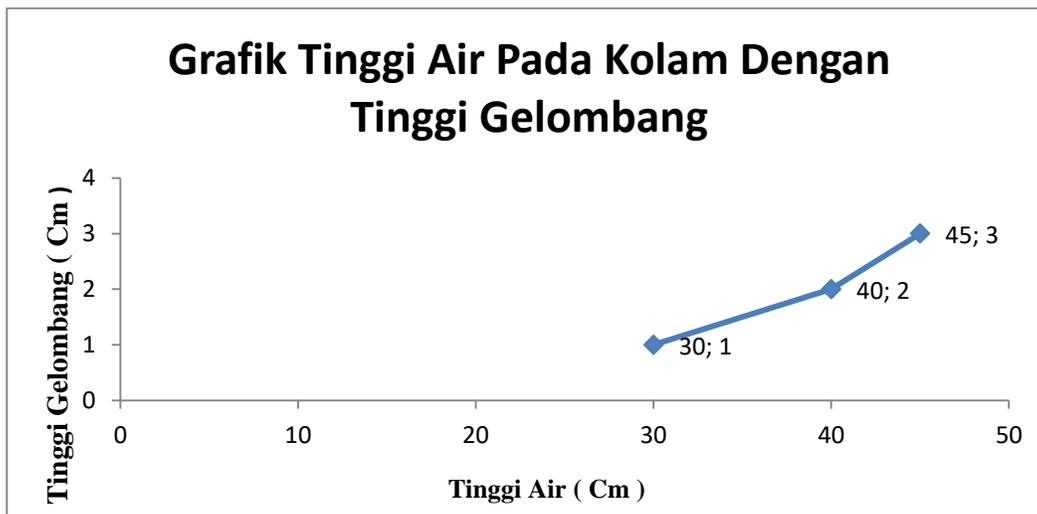
Hasil pengujian yang diperoleh pada pembuatan alat pembangkit listrik tenaga gelombang air dengan mengaplikasikan teknik osilasi kolom dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Table 4.4 hasil pengujian

Air (Cm)	Tinggi Gelombang (cm)	Panjang Gelombang (cm)	Tegangan Yang Dihasilkan (V)
30	1	66	0,00006
40	5	75	0,00008
45	6	97	0,00006

Pada pengujian alat konversi energi listrik tenaga gelombang dengan Mengaplikasikan Teknik Kolom Osilasi yang telah dilakukan menghasilkan data seperti pada table 4.4. dari data tersebut dapat di buat grafik antara tinggi air pada kolam dengan tinggi gelombang, tinggi air terhadap arus yang dihasilkan.

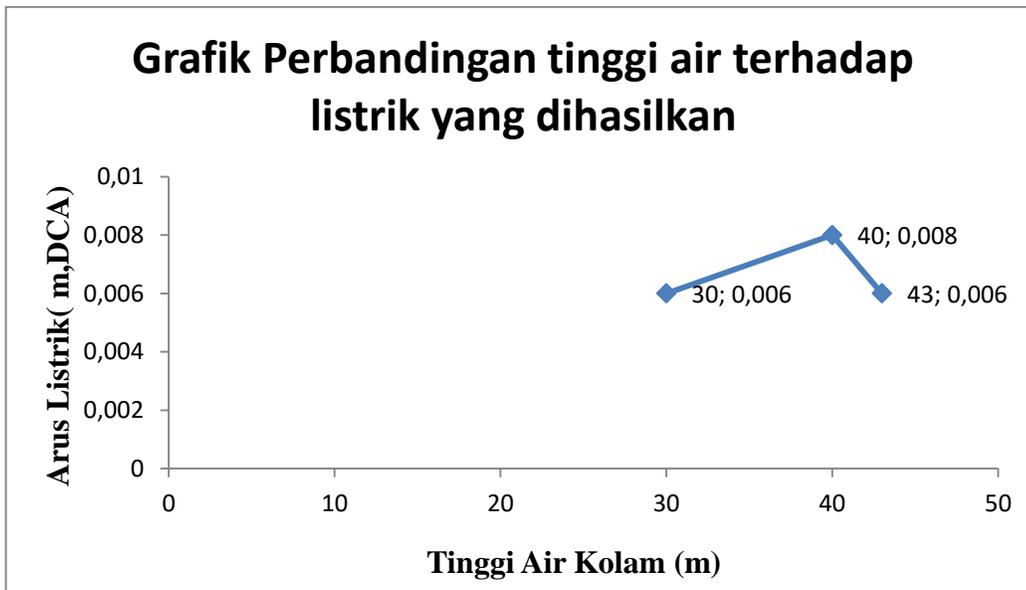
#### 4.7.2. Grafik Tinggi Air Pada Kolam Dengan Tinggi Gelombang



Pada grafik terlihat bahwa semakin tinggi air yang ada di dalam kolam ombak maka tinggi gelombang semakin tinggi pula, itu di sebabkan karena tumpuan

pendorong air berada di atas sehingga semakin tinggi air semakin kuat pula dorongan nya.

#### 4.7.3. Tinggi Air Terhadap Arus Yang Dihasilkan.



Pada grafik perbandingan tinggi air terhadap listrik yang dihasilkan terlihat bahwa ada peningkatan listrik dari tinggi air 30 cm dan 40 cm yaitu sebesar 0,00008v tetapi pada tinggi air 45 cm mengalami penurunan itu disebabkan karena air di dalam kolam ombak terlalu banyak sehingga putaran pendorong air ngalami perlambatan akibat beban air.

#### 4.8. Analisa Pengujian Alat

Dalam kesempatan ini akan dilakukan analisa gaya pelampung untuk mengetahui seberapa besar gaya yang di hasilkan pelampung, besarnya gaya yang di hasilkan pelampung dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$p_{wave} = \frac{\rho \cdot g^2 \cdot H^2}{32\pi} \quad (W)$$

$$F_{wave} = \frac{p_{wave} \times T}{L} \quad (N)$$

Dimana:

$P_{wave}$  = daya gelombang (watt),

$\rho$  = massa jenis air tawar (1000 kg/m<sup>3</sup>),

$g$  = percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>),

$H$  = tinggi gelombang (m),

$T$  = Periode gelombang (s),

$L$  = Panjang gelombang (m),

$F_{wave}$  = gaya gelombang

Berdasarkan rumus (2.2) maka diperoleh hasil gaya gelombang yang didapat sebagai berikut:

Percobaan Pertama

Dik =

Tinggi air = 30cm

Tinggi gelombang = 1cm

Panjang gelombang = 66cm

$$\begin{aligned} \text{Dit} = P_{wave} &= \rho \cdot g^2 \cdot \frac{H^2}{32\pi} \\ &= 1000 \cdot 9,8^2 \cdot \frac{0,01^2}{32\pi} \\ &= 0,095581210 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$T = \frac{t}{n}$$

$$= \frac{1}{9}$$

$$= 0,11$$

Dimana  $t$  = waktu

$n$  = jumlah gelombang

$$F_{wave} = \frac{P_{wave} \cdot T}{L}$$

$$\frac{0,095581210 \cdot 0,11}{0,66}$$

$$= 0,015 \text{ Newton}$$

Berdasarkan perhitungan di atas di dapat hasil gaya sebesar 0,015 Newton

Percobaan Kedua

Dik=

Tinggi air = 40cm

Tinggi gelombang = 5cm

Panjang gelombang = 75cm

$$\text{Dit} = P_{wave} = \rho \cdot g^2 \cdot \frac{H^2}{32\pi}$$

$$= 1000 \cdot 9,8^2 \cdot \frac{0,05^2}{32\pi}$$

$$= 2,389530255 \text{ Watt}$$

$$T = \frac{t}{n}$$

$$= \frac{1}{7}$$

$$= 0,14$$

Dimana t = waktu

n = jumlah gelombang

$$F_{wave} = \frac{P_{wave} \cdot T}{L}$$

$$\frac{2,389530255 \cdot 0,14}{0,75}$$

$$= 0,45 \text{ Newton}$$

Berdasarkan perhitungan di atas di dapat hasil gaya sebesar 0,45 newton

Percobaan Ketiga

Dik=

Tinggi air = 45cm

Tinggi gelombang = 6cm

Panjang gelombang = 97cm

$$\text{Dit} = P_{wave} = \rho \cdot g^2 \cdot \frac{H^2}{32\pi}$$

$$= 1000 \cdot 9,8^2 \cdot \frac{0,06^2}{32\pi}$$

$$= 3,440923567 \text{ Watt}$$

$$T = \frac{t}{n}$$

$$= \frac{1}{5}$$

$$= 0,14$$

Dimana t = waktu

n = jumlah gelombang

$$F_{wave} = \frac{P_{wave} \cdot T}{L}$$

$$\frac{3,440923567 \cdot 0,2}{0,97}$$

$$= 0,70 \text{ Newton}$$

Berdasarkan perhitungan di atas di dapat hasil gaya sebesar 0,70 Newton

Berdasarkan rumus (2.4) maka diperoleh hasil proses transfer energi adalah sebagai berikut :

Percobaan pertama

Dik=

$$\eta = 40 \text{ cm}$$

$$P_a = 1 \text{ atm} = 1,013 \text{ bar}$$

$$t = 1 \text{ sec}$$

$$\begin{aligned} \text{Dit} = P_{owc} &= P_a (t) \cdot \eta \\ &= 1,013 (1) 40 \\ &= 40,52 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{inc} &= \frac{\rho g A i^2}{4} \\ &= \frac{\rho g A i^2}{4} \\ &= \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 0,5^2}{4} \\ &= 612,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$Ai$  = Amplitudo gelombang

$$\text{Dik} = t = 1 \text{ cm}$$

$$Ai = t/2$$

$$= 1/2$$

$$= 0,5$$

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{P_{owc}}{P_{inc w}} \times 100\% \\ &= \frac{40,52}{612,5} \times 100\% \\ &= 6,615 \% \end{aligned}$$

Percobaan kedua

Dik=

$$\eta = 30 \text{ cm}$$

$$P_a = 1 \text{ atm} = 1,013 \text{ bar}$$

$$t = 1 \text{ sec}$$

$$\begin{aligned} \text{Dit} = P_{owc} &= P_a(t) \cdot \eta \\ &= 1,013 (1) 30 \\ &= 30,39 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{inc} &= \frac{\rho g A i^2}{4} \\ &= \frac{\rho g A i^2}{4} \\ &= \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 2,5^2}{4} \\ &= 153,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$Ai$  = Amplitudo gelombang

$$\text{Dik} = t = 5 \text{ cm}$$

$$Ai = t/2$$

$$= 5/2$$

$$= 2,5$$

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{P_{owc}}{P_{inc w}} \times 100\% \\ &= \frac{30,39}{153,5} \times 100\% \\ &= 19,79\% \end{aligned}$$

Percobaan ketiga

Dik=

$$\eta = 25 \text{ cm}$$

$$P_a = 1 \text{ atm} = 1,013 \text{ bar}$$

$$t = 1 \text{ sec}$$

$$\begin{aligned} \text{Dit} = P_{owc} &= P_a(t) \cdot \eta \\ &= 1,013 (1) 25 \\ &= 25,32 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{inc} &= \frac{\rho g A_i^2}{4} \\
 &= \frac{\rho g A_i^2}{4} \\
 &= \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 3^2}{4} \\
 &= 220,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$A_i$  = Amplitudo gelombang

Dik =  $t = 6 \text{ cm}$

$$A_i = t/2$$

$$= 6/2$$

$$= 3$$

$$\begin{aligned}
 \xi &= \frac{P_{owc}}{P_{inc w}} \times 100\% \\
 &= \frac{25,32}{220,5} \times 100\% \\
 &= 11,48 \%
 \end{aligned}$$

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1. Kesimpulan

Dari penelitian pembuatan alat pembangkit listrik tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik osilasi kolom, maka dapat disimpulkan hasil penelitian yang dilakukan pada ketinggian air 30 cm, panjang gelombang yang diperoleh 66 cm dengan tegangan yang dihasilkan 0,00006V. Pada ketinggian air 40 cm, panjang gelombang yang diperoleh 75 cm dengan tegangan yang dihasilkan 0,00008V. Dan pada ketinggian air 45 cm, panjang gelombang yang diperoleh 97 cm dengan tegangan yang dihasilkan 0,00006V. Dan pembuatan osilasi kolom akan lebih baik jika menggunakan material yang lebih tipis agar lebih mudah dibentuk dan dapat menghasilkan tekanan udara yang maksimal.

#### 5.2. Saran

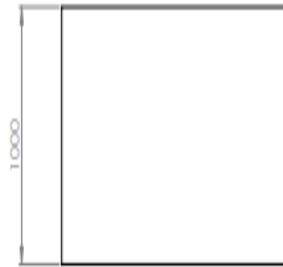
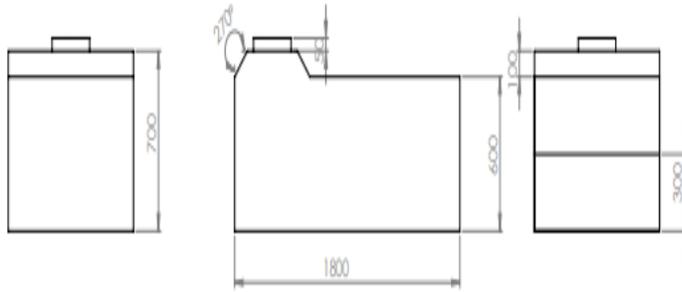
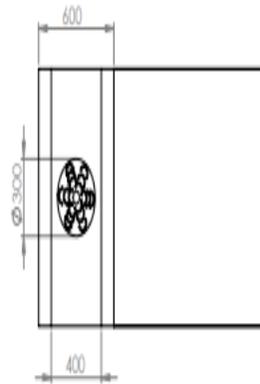
Berdasarkan dari penelitian pembuatan alat pembangkit listrik tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik osilasi kolom ini diharapkan penelitian ini dilanjutkan dan disempurnakan oleh mahasiswa sesudah saya agar hasil yang diperoleh lebih baik lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- J. C. C. Henriques, J. C. C. Portillo, L. M. C. Gato, D. N. Ferreira, “*Design of oscillating-water-column wave energy converters with an application to self-powered sensor buoys,*” vol. 112, pp. 852–867, 2016, doi: 10.1016/j.energy.2016.06.054.
- Ludji, J. F., Koehuan, V. A., & Nurhayati. (2014). *Analisis Efisiensi Sistem Osilator Kolom Air sebagai Pembangkit Daya Tenaga Gelombang Laut*. Lontar Jurnal Teknik Mesin Undana , 1 (2), 19.
- Patty, O. F. (2018). *Tenaga Air*. Surabaya: Erlangga.
- P. G. F. Filianoti, L. Gurnari, M. Torresi & S. M. Camporeale., “*ScienceDirect CFD analysis of the energy conversion process in a fixed oscillating water column ( OWC ) device with a di Wells turbine,*” *Energy Procedia*, vol. 148, no. Ati, pp. 1026–1033, 2018, doi: 10.1016/j.egypro.2018.08.058.
- Pudjanarsa, a M., (2016). *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta : Andi
- Royyana, M. B., Budiarto, U., & Rindho, G. (2015). *Analisa Bentuk Oscillating Water Column Untuk Pemanfaatan Gelombang Laut Sebagai Sumber Energi Terbarukan Dengan Metode Computational Fluid Dynamic(CFD)*. Jurnal Teknik Perkapalan , 3 (1), 47.
- R. Wang, D. Ning, C. Zhang, Q. Zou, and Z. Liu, “*Nonlinear and viscous effects on the hydrodynamic performance of a fi xed OWC wave energy converter,*” *Coast. Eng.*, vol. 131, no. January 2017, pp. 42–50, 2018, doi: 10.1016/j.coastaleng.2017.10.012.
- Setyono, G., & Ulum, M. (2018). *Variasi Putaran Turbin terhadap Performa Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Air Menggunakan Oscillating Water*. Jurnal Saintek , 15 (2), 59.
- Siregar. R. A, & Siregar. C. A (2019). *Pembangunan Turbin Angin Darrieus-Savonius Sebagai Ikon Wisata Laut Dan Kuliner Di Belawan*. Medan: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Siregar. A. M, & Siregar. C. A.(2019). *Reliability Test Prototype Wind Turbine Savonius Type Helical as an Alternative Electricity Generator*. University of Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan 20238, Indonesia.
- Siregar. C. A, & Irfansyah.(2018). *Study Numerik Unjuk Kerja Penggunaan Winglet Pada Heat Exchanger Tipe Compact*, Vol.1, No 1, September 2018, 20-29DOI:<https://doi.org/10.30596/rmme.v1i1.2432>, ISSN 2622-7398.

- Tae, V., Jarson, J. U., Nurhayati, & Koehuan, V. A. (2015). *Perencanaan Turbin Wells Sistem Osilasi Kolom Air pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut*. LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana , 2 (2), 74.
- Umurani.K & Muharnif. M.(2019). *Pengaruh Diameter Lubang Pembangkit Vorteks WingletMelengkung Terhadap Unjuk Kerja Apk Tipe Kompak Studi Eksperimental*. Vol. 2, No. 1, Maret2019, 84-93DOI:<https://doi.org/10.30596/rmme.v2i1.3072>, ISSN 2622-7398.
- Wijaya, I. W. (2010). *Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Teknologi Oscilating Water Column*. Pembangkit Listrik Tenaga , 9 (2), 165.

# LAMPIRAN



DAVID CONEVIDE SPINCO DIMENSIONI IN MILIMETRI SURFACE FINISH TOLERANZE UNITS: ANGLES	FINISH  SURFACE FINISH EDGE	DIMENSIONS MAX SURF EDGE	SCHITTELA DRIVING BUSH
NAME DATE	DATE	DATE	DATE
DESIGNED: <i>Salvo Spina</i> DWG: <i>Chassis &amp; Sogno U.I. 01</i> P/N: <i>0173880</i> DESIGNED BY	DATE	DATE	DATE
DA	DATE	DATE	DATE
DWG NO.	DWG NO.	DWG NO.	DWG NO.
VIEW	SCALE	SHEET NO.	SHEET OF

gambar teknik A3

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

Peserta seminar

Nama : Fahrin Syaputra Siregar  
 NPM : 1607230050  
 Judul Tugas Akhir : Pembuatan Alat Konversi Energi Tenaga Gelombang Dengan Meng-  
 Aplikasikan Teknik Kolom Osilasi.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
<b>Pembimbing - I</b> : Chandra A Siregar.S.T.M.T	: .....
<b>Pemanding - I</b> : M.Yani.S.T.M.T	:  .....
<b>Pemanding - II</b> : Sudirman Lubis.S.T.M.T	:  .....

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607230051	Imam Akbar Tanjung	
2	1607230050	FAHRIN SYAPUTRA SIREGAR	
3	1607230103	MHD DIKI SARAGIH	
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 : Fahrin Syaputra Siregar  
NPM : 1607230050  
Judul T.Akhir : Pembuatan Alat Konversi Energi Tenaga Gelombang Dengan Meng-  
Aplikasikan teknik Kolom Osilasi.

Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - I : M.Yani.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - 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



Afandi S.T.M.T

Dosen Pemanding-1

M.Yani S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Fahrin Syaputra Siregar  
NPM : 1607230050  
Judul T.Akhir : Pembuatan Alat Konversi Energi Tenaga Gelombang Dengan Meng-  
Aplikasikan teknik Kolom Osilasi.

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 hasil sidang sarjana  
- tambah data dan foto perbaikan

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 Konversi Energi Tenaga Gelombang Dengan Mengaplikasikan Teknik Kolom Osilasi

Nama : Fahrin Syaputra Siregar  
NPM : 1607230050

Dosen Pembimbing 1 : 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.	18/4/2020	Perbaiki hasil dan tambahkan referensi	↑
7.	27/8-2020	Ace Semhar	↑

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : Fahrin Syaputra Siregar  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Tempat, Tanggal Lahir : Torgamba, 30 Mei 1998  
Alamat : Jl. Ampera VI no.31  
Agama : Islam  
E-mail : [fahrinsyaputra300598@gmail.com](mailto:fahrinsyaputra300598@gmail.com)  
No.Hp : 0822 4746 6520

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD Swasta Torgamba Tahun 2004-2010
2. SMP Swasta Torgamba Tahun 2010-2013
3. SMKN 2 Rantau Utara Tahun 2013-2016
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016-2021