

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ALAT KONVERSI ENERGI TENAGA GELOMBANG DENGAN MENGAPLIKASIKAN TEKNIK KOLOM OSILASI

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

Disusun Oleh:

MHD DIKI SARAGIH
1607230103



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal Tugas Akhir ini diajukan oleh:

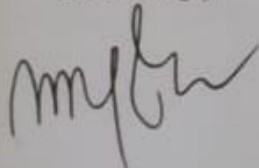
Nama : MHD DIKI SARGIH
NPM : 1607230103
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Merancang Alat Konversi Energi Tenaga Gelombang
Dengan Mengaplikasikan Teknik Kolom Osilasi
Bidang ilmu : Konversi Energi

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, Maret 2021

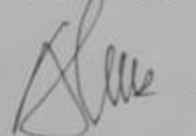
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji



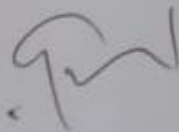
M. Yani S.T., M.T

Dosen Penguji



Sudirman Lubis S.T., M.T.

Dosen Penguji



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

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



Handwritten signature of the Program Studi Teknik Mesin Ketua, ST., MT

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : MHD DIKI SARAGIH
Tempat /Tanggal Lahir: HABATU/23 Mei 1998
NPM : 160230103
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Perancangan 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, Maret 2021



Saya yang menyatakan,

Mhd Diki saragih

ABSTRAK

Indonesia yang merupakan negara kepulauan yang memiliki banyak wilayah perairan khususnya laut berpotensi untuk di jadikan sebagai media pembangkit listrik dengan memanfaatkan tenaga gelombang laut. Kolom air osilasi (*Osilating water colom (owc)*) merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan tenaga gelombang sebagai sumber energi. Keuntungan utama *Osilating water colunm* dibandingkan kebanyakan konversi energi gelombang (*wave energy conversi*) lainnya adalah kesederhanaannya. Tempat di laksanakan kegiatan penelitian ini adalah labolatorium teknik mesin univeritas muhammadiyah sumatera utara. Penelitian ini akan merancang 3 konsep alat konversi energi listrik tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi, memilih satu konsep dari tiga konsep yang di rancang, menganalisa kuat arus listrik yang di hasilkan alat konversi energi listrik tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi. Berdasarkan uji konsep pada rancangan alat pembangkit listrik tenaga gelombang teknik kolom osilasi konsep 3 yang memenuhi kreteria untuk di buat rancangan pembuatan nya karena pada konsep 3 kolom osilasi nya mengerucut ke atas sehingga tekanan udara terfokus ke satu arah, setelah pengujian alat di dapat hasil dengan ketinggian air 30 cm, tinggi gelombang 1 cm dan panjang gelombang 66 cm menghasilkan listrik 0,06 v, dengan ketinggian air 40 cm, tinggi gelombang 5 cm dan panjang gelombang 75 cm menghasilkan listrik 0,08 v, dengan ketinggian air 45 cm, tinggi gelombang 6 cm dan panjang gelombang 97 cm menghasilkan listrik 0,06 v.

Kata kunci : kolom air osilasi, energi gelombang air.

ABSTRACT

Indonesia, which is an archipelagic country that has many marine areas which are deliberately used as a medium for generating electricity by utilizing ocean wave power. The oscillating water column is a power plant that uses wave power as an energy source. The main advantage of the oscillating water column over most other wave energy conversions is its simplicity. The place where this research activity is carried out is the Mechanical Engineering Laboratory of the Muhammadiyah University of North Sumatra. This study will design 3 concepts of a wave-powered electric energy conversion device by applying the oscillation column technique, selecting one concept from the three designed concepts, analyzing the electric current generated by the wave power electric energy conversion device by applying the column oscillation technique. Based on the concept test on the design of the wave power generator, the column engineering concept column 3 meets the criteria for designing the design because in the 3 concept the oscillation column exerts upward so that the air pressure is focused in one direction, after testing the tool can be obtained with an air height of 30 cm, 1 cm wave height and 66 cm length produces 0.06 v of electricity, with an air height of 40 cm, a wave height of 5 cm and a wavelength of 75 cm to generate electricity 0.08 v, with an air height of 45 cm, a wave height of 6 cm and a wavelength of 97 cm produces 0.06 v of electricity.

Key words: oscillating water column, water wave 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 “Merancang 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 1 yang telah banyak mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Sudirman Lubis S.T, M.T selaku Dosen Penguji 2 yang telah banyak mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Affandi ST. M.T sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Fakultas teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansuri Siregar ST. MT 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 keteknikmesinan kepada penulis.
7. Orang tua penulis: Sakban Saragih Dan Sarianta Damanik, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.

8. Saudara/Saudari Penulis : Jodialim Saragih, Afridayanti Saragih, Elpi Darmayanti Saragih, Ulan Sari Saragih yang telah banyak membantu dan memberi semangat kepada penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Andri Mustapa, Fahrin Syaputra Siregar, Gianto, Imam Akbar Tanjung, 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, Maret 2021

Mhd Diki Saragih

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR NOTASI | x |
| BAB 1 PENDAHULUAN | |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan masalah | 2 |
| 1.3. Ruang lingkup | 2 |
| 1.4. Tujuan | 2 |
| 1.5. Manfaat | 3 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1. Teknik pelaksanaan dalam memanfaatkan energi gelombang | 4 |
| 2.1.1. Heaving and pitching bodies | 4 |
| 2.1.2. Cavity resonator | 7 |
| 2.2. Gelombang laut | 9 |
| 2.2.1. Gelombang linier | 10 |
| 2.2.2. Gelombang non-linier | 10 |
| 2.2.3. Penentuan fetch gelombang | 11 |
| 2.2.4. Persamaan gelombang dengan metode wilson | 11 |
| 2.3. Metode pemanfaatan Gelombang laut sebagai energi listrik | 12 |
| 2.3.1. Permanent magnet linear buoy | 12 |
| 2.3.2. Sistem pelamis | 13 |
| 2.3.3. Sistem sirip ikan hiu buatan | 14 |
| 2.3.4. Sistem kolom air osilasi | 15 |
| 2.3.5. Sistem kanal | 16 |
| 2.4. Kolom air osilasi | 17 |
| 2.4.1. Komponen pada pembangkit listrik tenaga gelombang laut sistem kolom air osilasi | 17 |
| 2.4.2. Perhitungan daya listrik sistem kolom osilasi | 20 |
| 2.4.3. Kerapatan energi yang dihasilkan | 22 |
| BAB 3 METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Tempat dan Waktu | 25 |
| 3.1.1 Tempat | 25 |
| 3.1.2 Waktu | 25 |
| 3.2 Bahan Dan Alat | 25 |
| 3.2.1 Bahan | 25 |
| 3.2.2 Alat | 26 |
| 3.3 Bagan Alir Penelitian | 28 |
| 3.4 RancanganAlat Penelitian | 29 |
| 3.5 Prosedur Penelitian | 30 |
| 3.5.1 Langkah-langkah Pemasangan Alat | 30 |

| | |
|--|----|
| 3.5.2 Langkah-langkah Pengujian | 30 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 Hasil Gambar Sketsa Perancangan Kolom Air Osilasi | 31 |
| 4.1.1 Sketsa konsep 1 | 31 |
| 4.1.2 Sketsa konsep 2 | 32 |
| 4.1.3 Sketsa konsep 3 | 33 |
| 4.2 Hasil Pemilihan Konsep | 33 |
| 4.3 Gambar Rancangan | 36 |
| 4.3.1 kolom osilasi | 37 |
| 4.3.2 Tutup Turbin | 38 |
| 4.3.3 Sudu Turbin | 38 |
| 4.3.4 Bantalan | 39 |
| 4.3.5 Poros | 40 |
| 4.3.6 Generator | 40 |
| 4.3.7 Penyangga generator | 41 |
| 4.3.8 Daftar Harga | 41 |
| 4.4 Spesifikasi Alat | 42 |
| 4.5 Analisa Pengujian Alat | 42 |
| 4.5.1 Grafik Tinggi Air Pada Kolam Dengan Tinggi Gelombang | 52 |
| 4.5.2 Tinggi Air Terhadap Arus Yang Dihasil Kan. | 52 |
| BAB 5 KESIMPULASN DAN SARAN | |
| 5.1 Kesimpulan | 54 |
| 5.2 Saran | 54 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |
| LEMBAR ASISTENSI | |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP | |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Table 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian | 22 |
| Table 4.1 pemilihan konsep | 34 |
| Tabel 4.2. Daftar suku cadang dan harga | 41 |
| Tabel 4.3 spesifikasi | 42 |
| Table 4.4 hasil pengujian | 43 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Bodi Mengapung Terkena Gerak <i>Heaving</i> Dan <i>Pitching</i> . | 4 |
| Gambar 2.2 <i>Having Ecited Gear-Sprocket Generator System</i> . | 5 |
| Gambar 2.3 <i>Sprocket Generator System</i> . | 6 |
| Gambar 2.4 <i>Heaving Device (Solell)</i> . | 6 |
| Gambar 2.5 Cavacity Resonane. | 7 |
| Gambar 2.6 Sistem Pneumatis. | 7 |
| Gambar 2.7 Sketsa Profil Gelombang Linier. | 9 |
| Gambar 2.8 Sketsa Profil Gelombang Non-Linier. | 10 |
| Gambar 2.9 Sistem Buoy. | 12 |
| Gambar 2.10 <i>Pelamis Wave Energy Converters</i> . | 13 |
| Gambar 2.11 Sirip Ikan Hiu Buatan. | 13 |
| Gambar 2.12 Sistem Oscillating Water Column. | 14 |
| Gambar 2.13 Skema Sistem Kanal. | 15 |
| Gambar 2.14 Turbin Udara (<i>Wells Turbine</i>). | 17 |
| Gambar 2.15 Generator / <i>Rectifier</i> Turbin Udara. | 17 |
| Gambar 2.16 Skema Sitem Owc. | 18 |
| Gambar 3.1 Konsep Kolom Osilasi Turbin Vertikal. | 23 |
| Gambar 3.2 Konsep Kolom Osilasi Bentuk Tabung. | 24 |
| Gambar 3.3 Konsep Kolom Osilasi Bentuk Datar. | 24 |
| Gambar 3.4 Sofwer Solid Works. | 25 |
| Gambar 3.5 Multimeter. | 26 |
| Gambar 3.6 Kolom Osilasi Bentuk Datar. | 28 |
| Gambar 4.13 tinggi ari 30 cm | 43 |
| Gambar 4.14 mesin ombak | 43 |
| Gambar 4.15 panjang gelombang | 44 |
| Gambar 4.16 multimeter. | 44 |
| Gambar 4.17 tinggi ari 40 cm | 45 |
| Gambar 4.18 mesin ombak | 45 |
| Gambar 4.19 panjang gelombang | 46 |
| Gambar 4.20 multimeter | 46 |
| Gambar 4.21 tinggi ari 45 cm | 47 |
| Gambar 4.22 mesin ombak | 47 |
| Gambar 4.23 panjang gelombang | 48 |
| Gambar 4.24 multimeter | 48 |

DAFTAR NOTASI

| | | |
|----------------------------|---|---------------------------------|
| T | = | Periode Naik Turun Gelombang. |
| ω | = | Frekuensi Sirkular. |
| ρ | = | Density Air Laut. |
| A | = | Luas Muka Benda Yang Mengapung. |
| $m\omega$ | = | Massa Air Yang Naik Turun. |
| I_y | = | Momen Inersia Benda. |
| I_w | = | Momen Inersia Dari Air. |
| Z_i | = | tinggih Perpindahan Kolom Air. |
| V_1 | = | kecepatan. |
| α | = | Percepatan. |
| E_p | = | Energi Potensial. |
| E_k | = | Energi Kinetik. |
| E_m | = | Energi Mekanik. |
| g | = | Gravitasi. |
| λ | = | Panjang Gelombang. |
| P | = | Daya Listrik. |
| W | = | Lebar Gelombang. |
| A | = | Amplitudo. |
| $K = \frac{2\pi}{\lambda}$ | = | Konstanta Gelombang. |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi fosil merupakan sumber energi utama di dunia saat ini, namun energi fosil bukanlah jenis energi yang selalu ada selain itu energi fosil memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, Para ahli memperkirakan dunia akan mengalami krisis energi global karena penggunaan energi yang terus menerus berasal dari bahan bakar fosil tidak dapat diperbaharui kembali sedangkan kebutuhan energi semakin meningkat..

Solusi untuk mengatasi masalah itu dengan memanfaatkan energi terbarukan salah satu sumber energi terbarukan adalah energi gelombang laut. Di antara banyak jenis sistem pembangkit tenaga gelombang, OWC (*Oscillating water column*) sistem daya gelombang adalah salah satu sistem yang paling menjanjikan dan telah dipelajari oleh banyak peneliti. Perangkat *Oscillating water column* telah dibangun di beberapa negara termasuk Jepang.. *Oscillating water column (owc)* atau kolom osilasi merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan tenaga gelombang sebagai sumber energi.

Keuntungan utama *Oscillating water column* dibandingkan kebanyakan konversi energi gelombang (*wave energy conversion*) lainnya adalah kesederhanaannya, satu-satunya bagian yang bergerak dari konversi energi Mekanisme adalah rotor turbin, yang terletak di atas permukaan air, berputar pada kecepatan yang relatif tinggi dan langsung mengendarai konvensional generator listrik. *Oscillating water column* adalah kelas utama energi gelombang konverter, mungkin kelas yang paling luas dipelajari dan dengan jumlah prototype terbesar sejauh ini dikerahkan ke dalam laut..

Indonesia yang merupakan negara kepulauan yang memiliki banyak wilayah perairan khususnya laut berpotensi untuk di jadikan sebagai media pembangkit listrik dengan memanfaatkan tenaga gelombang laut. Balai pengkajian dinamika pantai universitas gadjah mada (bpdp-ugm) bekerjasama dengan badan pengkajian dan penerapan teknologi (bppt) telah berhasil membangun *prototype* pertama

pembangkit listrik tenaga gelombang laut di Indonesia dengan sistem *oscillating water column* (PLTGL OWC). PLTGL OWC ini dibangun di Pantai Baron, Yogyakarta.

Teknologi konversi gelombang laut sistem OWC dipilih karena selain tidak membutuhkan biaya yang besar, teknologi ini juga cocok di daerah dengan topografi pantai yang curam. Berkaitan dengan kondisi tersebut, penelitian ini mempelajari bagaimana potensi energi gelombang laut dengan merancang prototype alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi untuk pengembangan pembangkit listrik sistem kolom osilasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pokok permasalahan yang ada di latar belakang maka dari itu penelitian ini diambil dari rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Karena kurangnya pemanfaatan masyarakat terhadap alat konversi energi gelombang teknik kolom osilasi.
- b. Karena semakin berkurangnya energi fosil di dunia.
- c. Karena minimnya penelitian tentang alat konversi listrik tenaga gelombang di Sumatera Utara Indonesia.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

- a. Merancang 3 konsep prototype alat konversi energi listrik tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi.
- b. Memilih satu konsep dari tiga konsep yang dirancang
- c. Menganalisa kuat arus listrik yang dihasilkan alat prototype konversi energi listrik tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang ada di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Untuk merancang alat konversi energi listrik tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi.
- b. Mampu merancang 3 konsep alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi.

- c. Untuk mengetahui kinerja alat konversi energi listrik tenaga gelombang teknik kolom osilasi.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang di dapat dari penelitian ini adalah agar pembaca memahami tentang alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi dan Mampu menganalisa kinerja alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi.

BAB 2

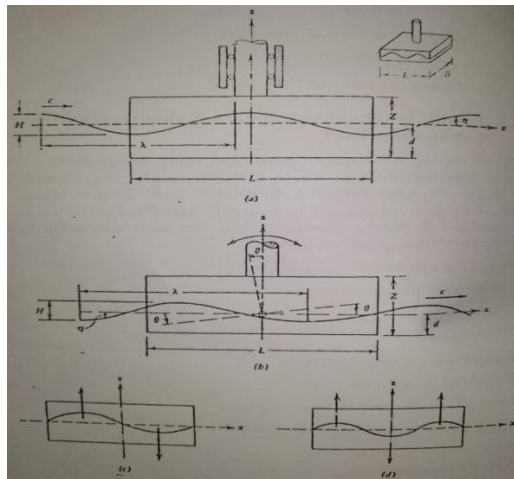
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teknik Pelaksanaan dalam Memanfaatkan Energi Gelombang.

Energi gelombang laut dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan pesawat-pesawat demi kesejahteraan manusia, upaya untuk menggerakkan energi gelombang laut telah banyak dilaksanakan baik dengan konsep yang sederhana. Sejumlah percobaan telah dilaksanakan oleh para ahli di bidang gelombang laut dan telah ditemukan beberapa konsep pemanfaatannya, diantaranya :

2.1.1 Heaving And Pitching Bodies

Gambar 2.1 menunjukkancara kerja dari pesawat konversi energi gelombang laut dengan memanfaatkan naik-turunnya gelombang lautan (*heaving*) dan goyangan (*pitching*)dari gelombang. Pada gambar 2.1 (a) ditunjukkan suatu benda yang memanfaatkan gerak naik-turunnya ombak dalam arah vertikal. Gerak naik-turun benda tersebut dapat mendorong suatu mekanisme alat yang dapat mengubah energi ombak menjadi energi tenaga listrik ataupun penggerak pesawat yang lain (lihat gambar 2.1, 2.3, 2.4). Besar nya daya mekanik dari benda yang bergerak naik-turun (*heaving body*) adalah produk dari gaya ombak yang terinduksi dan kecepatan naik-turunnya dari benda.



Gambar 2.1 bodi mengapung terkena gerak gerak *heaving* dan *pitching* : (a) *purely heaving float*: (b) *purely pitching float*: (c) *pure pitching condition*: (d) *pure heaving condition*.

Bila gerak naik turun nya memanfaatkan panjang gelombang $L = \lambda$ dengan gaya bersih vertikal (net vertical force) untuk harga $L = \frac{L\lambda}{2}$ maka harga $N = 1, 3, 5, \dots$

Besar frekuensi gerak naik naik-turun dari benda terapung dijabarkan McCormick (1973) dan Bhattacharyya (1978) sebagai berikut :

$$f_z = \frac{1}{T_z} = \frac{\omega_z}{2\pi} = 1/2 \sqrt{\frac{\rho g A_{wp}}{m + m_w}} \quad (2.1)$$

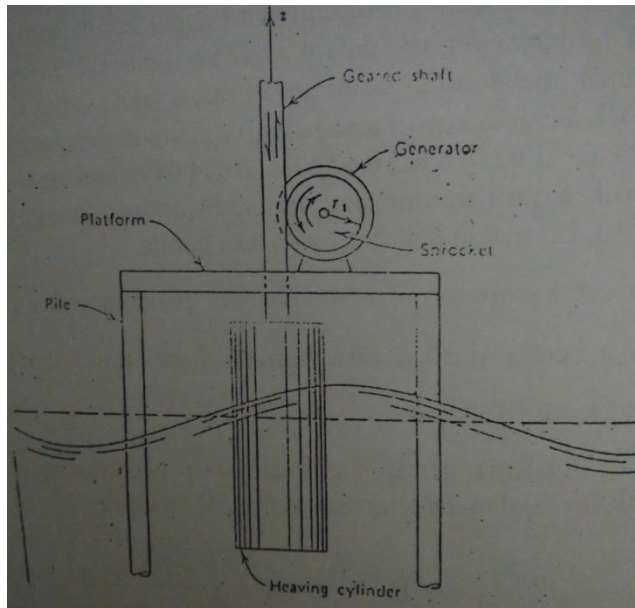
Dimana : $T_z = heaving$ periode $A_{wp} =$ luas muka benda yang mengapung

$\omega_z =$ frekuensi sirkular $m_w =$ massa air yang gerak naik turun

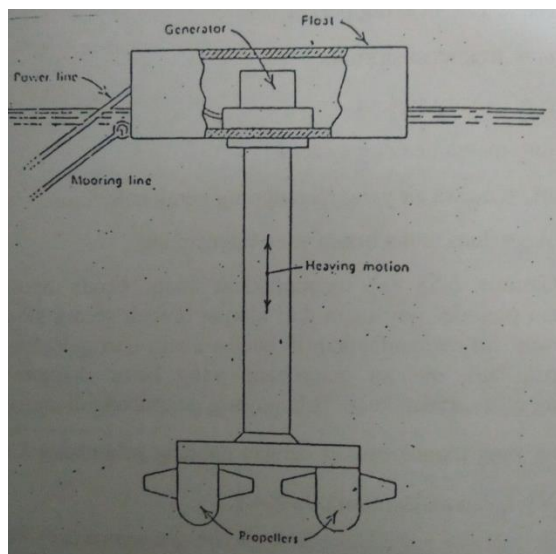
$\rho =$ density air laut $m =$ massa *heaving* system

Pada gambar 2.1 (a) menunjukkan suatu benda apung yang memanfaatkan priode goyangan dari alinan ombak secara alami. Perancangan dari pesawat ini memanfaatkan frekuensi alami dari gelombang laut untuk beresonansi, baik melalui gelombang maupun oleh alunan gelombang medium dan kecil. Bila goyangan gelombang dianggap berasal dari gelombang yang monokromatis dengan panjang gelombang λ dan

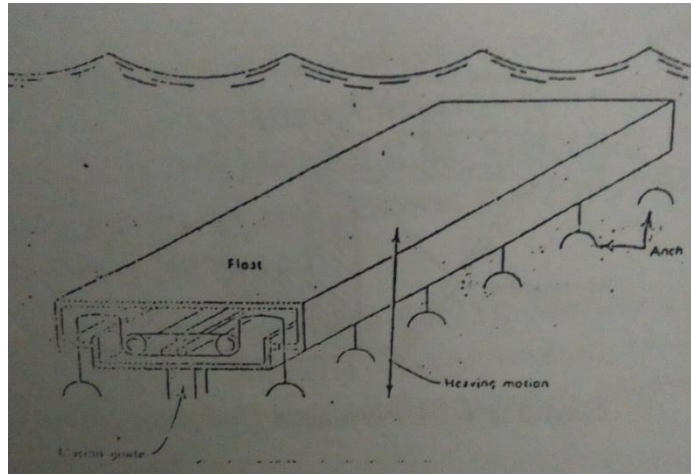
$$L = \frac{L\lambda}{2}, \text{ dimana } N = 3, \text{ dan maksimum bila } N = 1$$



Gambar 2.2having ecited gear-sprocket generator system



Gambar 2.3Sprocket Generator System



Gambar 2.4 heaving device (solel)

Besar frekuensi gerak goyang alami dari benda terapung adalah :

$$f_z = \frac{1}{T_\theta} = \frac{\omega_\theta}{2\pi} = 1/2\pi \sqrt{\frac{c}{I_y + I_w}} \quad (2.2)$$

Dimana c adalah koefisien momen tersimpan hidrotatis $c = \frac{\rho g B L^3}{12}$

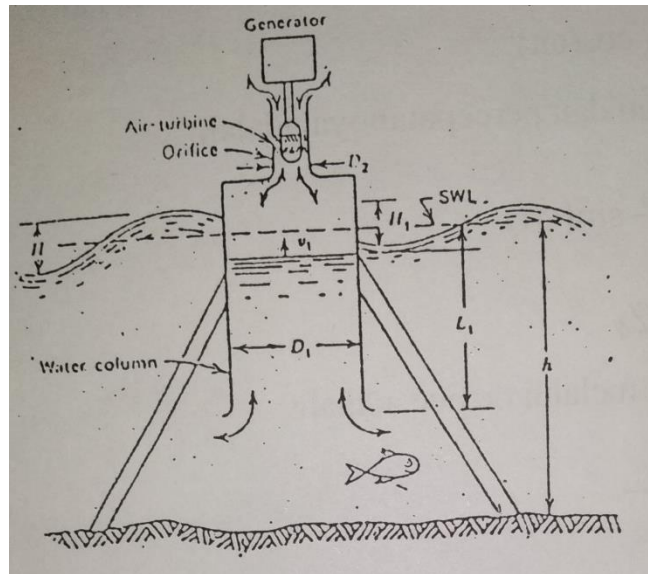
I_y = momen inersia dari benda tersebut bergoyang

I_w = momen inersia dari massa air yang berpengaruh terhadap goyangan

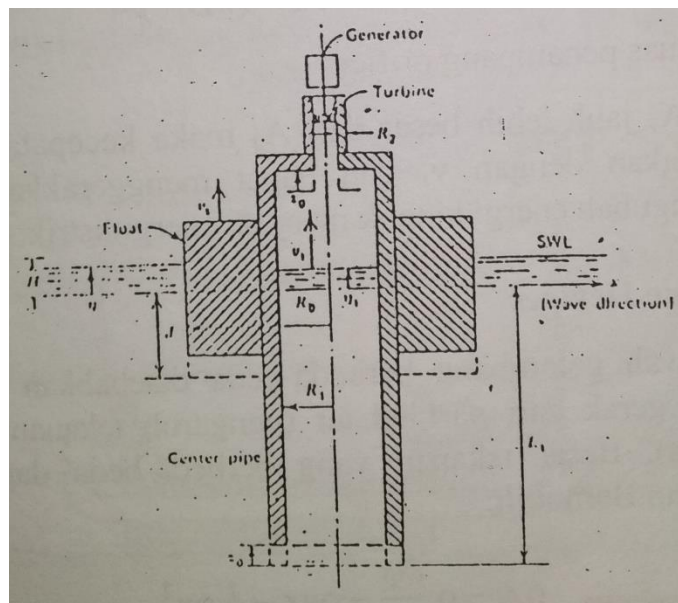
2.1.2 Cavity Resonator

Jenis kedua dari pesawat yang memanfaatkan resonansi dari gelombang laut sebagai konvertori energi ombak adalah cavacity resonance, baik yang dikembangkan oleh musada (1970) maupun R.M. ricafranca dari philipina. Alat tersebut terutama berfungsi sebagai pesawat pembangkit tenaga listrik untuk kepentingan navigasi (light bouys).

McCormick (1976), Carson and Rau (1975), Masuda et, Al.(1978) telah mengembangkan pesawat konversi energi ombak sistem cavacity resonane atau sistem pneumatis yang pelaksanaannya dilukiskan melalui gambar 2.5 dan 2.6.



Gambar 2.5 cavacity resonane



Gambar 2.6sistem pneumatis

Pada gambar 2.5 melukiskan suatu skema dari pesawat komversi energi ombak sistem pneumatis tetap (stasionnary pneumatic). Gambar 2.6 adalah skema dari pesawat konversi energi ombak sistem pneumatik terapung (floating pneumatic).

Adapun prinsip kerja dari pesawat konversi energi gelombang laut sistem cavacity resonator adalah sebagai berikut (lihat gambat 2.5): ombak mengalir

dengan resonansi tertentu, menyebabkan kolom air berisolasi dengan amplitudo sebesar $H_1/2$ (dianggap gerak yang terjadi secara sinusoidal). Kolam air di sini berada di atasnya. Menurut McCormick(1974), tinggi perpindahan kolom air rata-rata adalah :

$$Z_1 = \frac{1}{2} H_1 \cos(\omega t) \quad (2.3)$$

Sedangkan kecepatan dan percepatannya adalah :

$$v_1 = -\frac{H_1}{2} \sin(\omega t) \quad (2.4)$$

$$a_1 = -\omega^2 Z_1$$

Kecepatan udara melalui orifice adalah :

$$v_2 = v_1 \frac{A_1}{A_2} \quad (2.5)$$

Dimana A_1 = Luas penampang kolom air $= \pi(D_1^2)/4$

A_2 = Luas penampang orifice

Karena A_1 jauh lebih besar dari A_2 maka kecepatan v_2 akan sangat besar dibandingkan dengan v_1 dan dapat menggerakkan *double acting turbine* dan akan mengubah energi kinetik menjadi energi listrik. (Ir.pudjanarsa & Prof.Ir.nursuhud, 2006)

2.2 Gelombang Laut

Gelombang laut merupakan energi dalam transisi, merupakan energi yang terbawa oleh sifat aslinya . gelombang permukaan merupakan gambaran yang sederhana untuk menunjukkan bentuk dari suatu energi lautan.

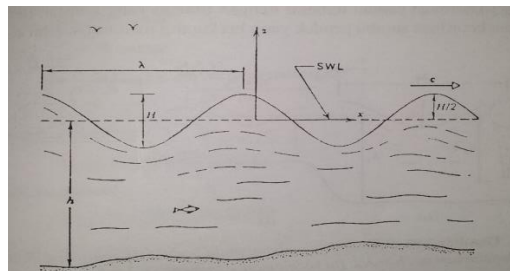
Selanjutnya gelombang laut ditinjau dari sifat pengaruh nya di bedakan menurut ketinggian serta periode alunannya. Dari kebanyakan data yang ada, tinggi gelombang lautan dapat diukur melalui alat ukur gelombang atau pun dengan cara visual dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan. Menurut pengamatan para ahli, tinggi gelombang sama sekali tidaklah berkaitan dengan

tinggih rata-ratanya, melainkan berkaitan dengan sepertiga rata-rata, melainkan berkaitan dengan sepertiga rata-rata tinggih gelombang maksimum nya.

Secara matematika gelombang laut sukar dijabarkan dengan pasti tetapi dapat diformulasikan dengan pendekatan. Selanjutnya para ahli membedakan sifat gelombang laut sebagai gelombang linier dan gelombang non-linier.

2.2.1 Gelombang linier

Teori gelombang linier (Airy) didasarkan pada asumsi bahwa tinggi (H) dan panjang gelombang (L) relatif kecil bila dibandingkan dengan kedalaman laut (d). Dengan asumsi tersebut persamaan kondisi batas pada muka air laut (free surface boundary condition) dapat dilinierisasi; pada analisis dengan *deret Taylor* hanya suku pertama saja yang digunakan sedang suku orde yang lebih tinggi diabaikan. Bila gelombang laut bergerak ke pantai asumsi ini mungkin tidak valid lagi karena nilai H/d dan L/d menjadi relatif besar. Validitas beberapa teori gelombang telah dilakukan oleh Dean (1968) kemudian Dean dan Le Mehaute (1970). Mereka memberikan daerah validitas untuk beberapa teori gelombang sebagai fungsi periode (T), tinggi gelombang ($2H/gT$) serta kedalaman laut ($2d/gT$). Dari hasil penelitian mereka, dapat disimpulkan bahwa untuk memodelkan gelombang di laut dangkal teori gelombang yang cocok adalah gelombang Cnoidal. Sobey dkk. (1987) menyimpulkan hal yang sama. Disamping itu mereka juga merekomendasikan teori gelombang Fourier untuk digunakan di laut dangkal maupun transisi (antara laut dangkal dan dalam). (Budipriyanto 2008)

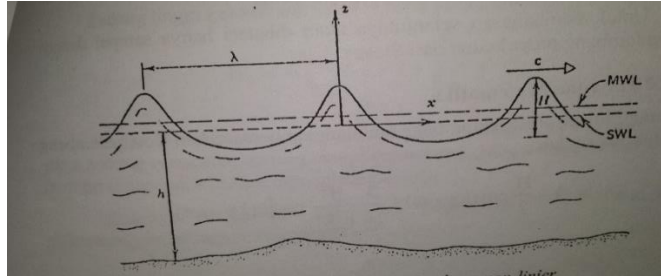


Gambar 2.7 Sketsa profil gelombang linier.

2.2.2 Gelombang non-linier

Pada gelombang non-linier, permukaan air laut (SWL) dan permukaan air rata-rata (MWL) mempunyai selisih tertentu. Bila batas swl selalu dan mwl

berhimpitan maka gelombang non-linier akan berubah kembali menjadi gelombang linier. Untuk gelombang non-linier, kedudukan SWL selalu dibawah MWL.



Gambar 2.8 sketsa profil gelombang non-linier.

2.2.3 Penentuan Fetch Gelombang

Fetch merupakan jarak pembentukan gelombang yang diasumsikan memiliki kecepatan dan arah angin yang relatif konstan hingga menuju ke daratan. Panjang *fetch* dapat diukur manual menggunakan aplikasi peta *Google Earth*. Panjang *fetch* dihitung berdasarkan rentang 22,50 samping kiri arah utama hingga 22,50 samping kanan arah utama. Besar interval pada tiap panjang *fetch* yang diukur adalah sebesar 50. Persamaan *fetch* dapat ditulis sebagai berikut:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^k F_i \cos \alpha}{\sum_{i=1}^k \cos \alpha} \quad (2.6)$$

dengani F adalah panjang *fetch* ke- i (m), α i adalah sudut pengukuran *fetch* ke- i ($^{\circ}$), i adalah nomor pengukuran *fetch* dan k adalah jumlah pengukuran *fetch*.

2.2.4 Persamaan Gelombang Dengan Metode Wilson

Peramalan gelombang digunakan untuk mencari nilai tinggi signifikan gelombang laut dan periode gelombang laut. Tinggi gelombang laut merupakan jarak dari puncak ke lembah gelombang, sedangkan periode gelombang laut merupakan waktu yang diperlukan untuk satu panjang gelombang yang merambat melewati satu titik tertentu. Karakteristik ombak yang menuju ke tepi pantai pada saat angin berhembus dapat diprediksi dengan metode wilson[6]. Adapun persamaan yang digunakan pada metode wilson sebagai berikut :

$$H_s = \frac{0,3}{g} \left[1 - \left\{ 1 + 0,004 \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{\frac{1}{2}} \right\}^{-2} \right] U^2$$

$$T = 6,23 \times 10^{-2} (U_{AF})^{\frac{1}{3}} \quad (2.7)$$

Dengan u adalah kecepatan angin (m/s), f merupakan panjang *fetch* gelombang (m), h_s adalah tinggi signifikan gelombang laut (m), t adalah periode gelombang laut (s), a u merupakan tegangan angin (m/s) dan g adalah percepatan gravitasi bumi (9,81 m/s²).

2.3 Metode Pemanfaatan Gelombang Laut Sebagai Penghasil Energi Listrik

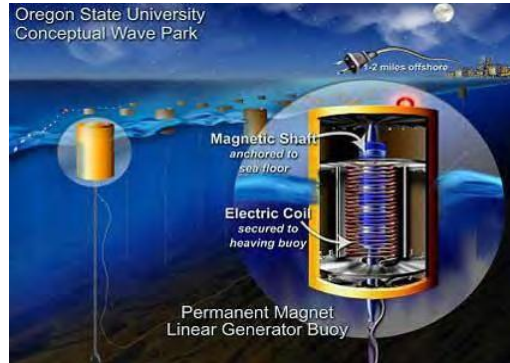
Ada bermacam-macam metode yang dapat digunakan untuk pemanfaatan gelombang laut sebagai penghasil energi listrik, diantaranya adalah :

2.3.1 *Permanent Magnet Linear Buoy*

Peneliti Universitas Oregon memublikasikan temu teknologi terbarunya yang diberi nama *Permanent Magnet Linear Buoy*. Diberi nama buoy karena memang pada prinsip dasarnya, teknologi terbaru tersebut dipasang untuk memanfaatkan gelombang laut di permukaan. Berbeda dengan buoy yang digunakan untuk mendeteksi gelombang laut yang menyimpan potensi tsunami. Prinsip dasar buoy penghasil listrik ini yaitu dengan mengapungkannya di permukaan. Gelombang laut yang terus mengalun dan berirama bolak-balik dalam buoy ini akan diubah menjadi gerakan harmonis listrik. Sekilas bila dilihat dari bentuknya, buoy ini mirip dengan dinamo sepeda.

Bentuknya silindris dengan perangkat penghasil listrik pada bagian dalamnya. Buoy diapungkan di permukaan laut dengan posisi sebagian tenggelam dan sebagian lagi mengapung. Kuncinya, terdapat pada perangkat elektrik yang berupa koil (kumparan yang mengelilingi batang magnet di dalam buoy). Saat ombak mencapai pelampung, maka pelampung akan bergerak naik dan turun secara relatif terhadap batang magnet sehingga bisa menimbulkan beda potensial dan listrik dibangkitkan. Agar dapat bergerak, koil tersebut ditempelkan pada pelampung yang dikaitkan ke dasar laut. Sistem ini diletakkan kurang lebih satu atau dua mil laut dari pantai. Kondisi ombak yang cukup kuat dan mengayun

dengan gelombang yang lebih besar akan menghasilkan listrik dengan tegangan yang lebih tinggi. Berdasarkan hasil penelitian Universitas Oregon, setiap pelampung mampu menghasilkan daya sebesar 250 kilowatt. (Siti Rahma Utami et al., 2010).



Gambar 2.9 Sistem Buoy

2.3.2 Sistem Pelamis

Sistem pelamis dikembangkan oleh *ocean power delivery*, pada sistem ini terdapat tabung-tabung yang sekilas terlihat seperti ular yang mengambang di permukaan laut sebagai penghasil listrik. Setiap tabung memiliki panjang sekitar 122 meter dan terbagi menjadi empat segmen.

Setiap ombak yang melalui alat ini akan menyebabkan tabung silinder tersebut bergerak secara vertikal maupun lateral. Gerakan yang ditimbulkan akan mendorong piston diantara tiap sambungan segmen yang selanjutnya memompa cairan hidrolik bertekanan melalui sebuah motor untuk menggerakkan generator listrik.

Supaya tidak ikut terbawa arus, setiap tabung ditahan di dasar laut menggunakan jangkar khusus. Prinsipnya menggunakan gerakan naik turun dari ombak untuk menggerakkan piston yang bergerak naik turun pula di dalam sebuah silinder.



Gambar 2.10 *Pelamis Wave Energy Converters* dari *Ocean Power Delivery*. Proyek komersial pertama dengan kapasitas 2,25 MW telah dibangun di tengah laut 4,8 km dari tepi pantai Portugal.

2.3.3 Sistem sirip ikan hiubuatan

Sistem ini dikembangkan oleh perusahaan inovatif *BioPower System* yang mengembangkan sirip ikan hiu buatan dan rumput laut mekanik untuk menangkap energi dari ombak. Ketika arus ombak menggoyang sirip ekor mekanik dari samping ke samping, sebuah kotak gir akan mengubah gerakan osilasi tersebut menjadi gerakan searah yang menggerakkan sebuah generator magnetik. Rumput laut mekaniknya pun bekerja dengan cara yang sama, yaitu dengan menangkap arus ombak di permukaan laut dan menggunakan generator yang serupa untuk merubah pergerakan laut menjadilistrik.

Dalam konfigurasi ini, mekanisme pendorong dibalik dan energi yang terdapat pada arus yang mengalir digunakan untuk mendorong gerakan perangkat terhadap torsi penahan dari sebuah generator listrik.

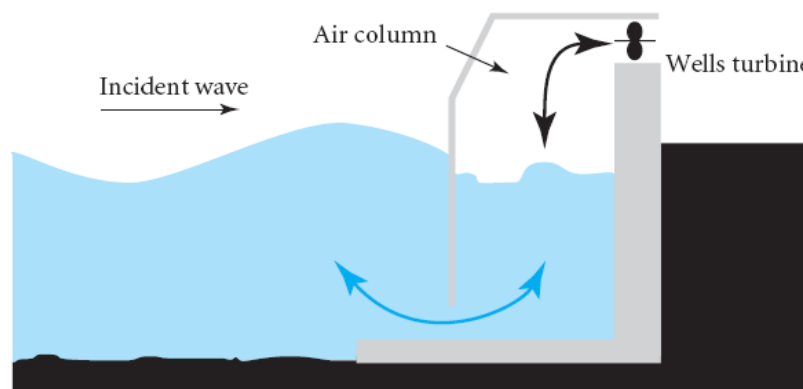


Gambar 2.11 Sirip Ikan hiu buatan yang disebut *biostream* hasil ciptaan Prof. Tim Finnigan dari Departemen Teknik Kelautan, University of Sydney.

Karena satu titik rotasi, perangkat ini dapat bekerja pada aliran ke segala arah, dan dapat menghindari kelebihan beban dalam kondisi ekstrim. Sistem ini masih dikembangkan untuk kapasitas 250kW, 500kW, dan 1000kW yang disesuaikan di berbagai lokasi.

2.3.4 Sistem Kolom Air Osilasi

Sistem ini membangkitkan listrik dari naik turunnya air laut akibat gelombang laut yang masuk kedalam sebuah kolom osilasi yang berlubang. Naik turunnya air laut ini akan mengakibatkan keluar masuknya udara di lubang bagian atas kolom dan tekanan yang dihasilkan dari naik turunnya air laut dalam kolom tersebut akan menggerakkan turbin.



Gambar 2.12 Sistem Oscillating Water Column.

Tenaga mekanik yang dihasilkan dari sistem-sistem tersebut ada yang akan mengaktifkan generator secara langsung atau mentransferkannya ke dalam fluida udara, yang selanjutnya akan menggerakkan turbin atau generator.

Salah satu jenis turbin angin sumbu vertikal yang dapat digunakan pada kecepatan angin rendah adalah turbin angin Savonius. Konstruksi turbin sangat sederhana, terdiri dari dua bilah setengah silinder. Pada perkembangan turbin ini Savonius banyak mengalami perubahan bentuk pada rotornya. (Siregar, A. M., and C. A. Siregar)

Sistem *Oscillating Water Column* (OWC) merupakan sistem dengan konstruksi yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu ruang udara (*Air Chamber*) dan Turbin Udara Generator (*air turbine generator*). Kesemuanya ini di rencanakan untuk membangkitkan energi listrik melalui turbin generator yang dapat berputar karena tekanan udara yang di sebabkan oleh gerakan naik turunnya gelombang didalam ruang udara tetap.

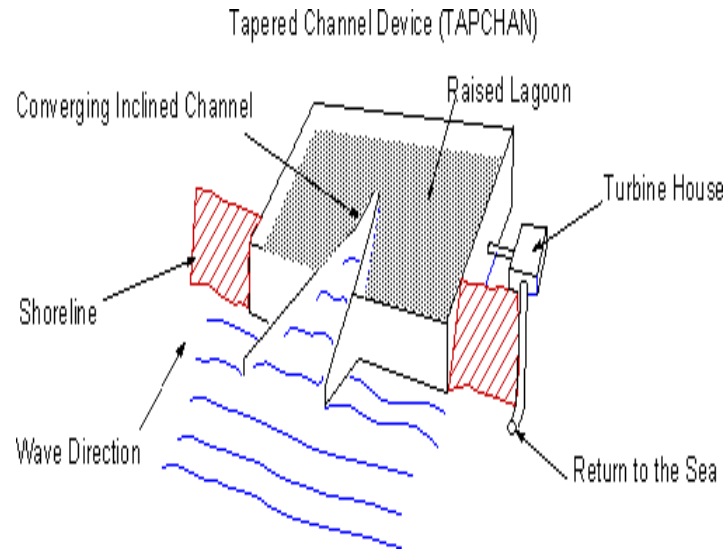
Gerakan naik turunnya air pada kolom osilasi diasumsikan sebagai piston hidraulik. Piston ini selanjutnya menekan udara yang berfungsi sebagai fluida udara. Udara yang bertekanan tersebut akan menggerakkan turbin udara yang selanjutnya menggerakkan generator listrik.

Proses pengubahan dari energi gerak gelombang kepada energi potensial tekanan udara berlangsung secara isothermis. Pendekatan ini dipilih karena dalam proses kompresi ini dianggap tidak terjadi peningkatan temperature yang berarti. Besarnya kompresi tergantung kepada panjang langkah piston, sedangkan panjang langkah piston dipengaruhi oleh tinggi gelombang (H) dan efisiensi absorsi gelombang pada kolom osilasi.

2.3.5 SistemKanal

Peralatan ini biasa juga disebut sebagai *tapered channel* atau kanal meruncing atau dapat juga disebut sistem *tapchan*, sistem ini dipasang pada sebuah struktur kanal yang dibangun di pantai untuk mengkonsentrasikan gelombang dan membawanya ke dalam kolam penampung yang ditinggikan. Air yang mengalir keluar dari kolam penampung ini yang akan digunakan untuk

membangkitkan listrik dengan menggunakan teknologi standar *hydropower* (prinsip dasar PLTA) dengan menyalurkan gelombang ke dalam *reservoir* atau kolam



Gambar 2.13 Skema Sistem Kanal

2.4 Kolom Air Osilasi

Kolom air osilasi (*Oscillating water column (owc)*) merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan tenaga gelombang sebagai sumber energi. Keuntungan utama *Oscillating water column* dibandingkan kebanyakan konversi energi gelombang (*wave energy conversion*) lainnya adalah kesederhanaannya.

2.4.1 Komponen Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang.

Komponen peralatan yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut sistem OWC antara lain adalah :

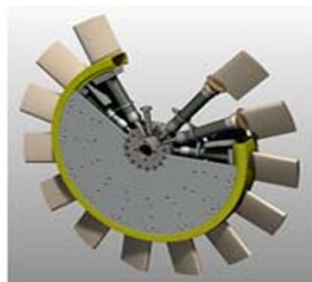
a. Turbin

Turbin adalah mesin penggerak awal, yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Dimana energi fluida kerjanya dipergunakan langsung untuk memutar roda turbin. Pada turbin hanya terdapat gerak rotasi. Bagian turbin yang berputar dinamakan stator atau rumah turbin. Roda turbin terletak dalam

rumah turbin dan roda turbin memutar poros daya yang menggerakkan atau memutar beban seperti generator listrik. Di dalam turbin terdapat fluida kerja yang mengalami proses ekspansi, yaitu proses penurunan tekanan dan mengalir secara terus menerus. Fluida kerja dapat berupa air, uap air atau gas. Pada roda turbin terdapat sudu, kemudian fluida akan mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut sehingga roda turbin berputar. Ketika roda turbin berputar maka tentu ada gaya yang bekerja pada sudu. Gaya tersebut timbul karena terjadinya perubahan momentum dari fluida kerja yang mengalir diantara sudu. Jadi sudu harus dibentuk sedemikian rupa agar terjadi perubahan momentum pada fluida kerja. Karena sudu bergerak bersamaan dengan gerak roda turbin, maka sudu tersebut dinamakan sudu gerak, sedangkan sudu yang menyatu dengan rumah turbin sehingga tidak bergerak dinamakan sudu tetap.

Pemilihan suatu turbin tergantung pada karakteristik lokasi, karena menentukan tinggi air jatuh dan kapasitas air. Selain itu pemilihan turbin juga tergantung dari kecepatan putar yang di minta oleh generator.(Umurani.K, Habiburrahman 2019)

Sudu tetap berfungsi mengarah aliran fluida kerja masuk ke dalam sudu {Formatting Citation}gerak atau juga berfungsi sebagai nosel. Padasebuah roda turbin mungkin terdapat satu baris sudu gerak saja yang disebut turbin bertingkat tunggal, dan jika terdapat beberapa baris sudu gerak disebut turbin bertingkat ganda.(Utami 2010)

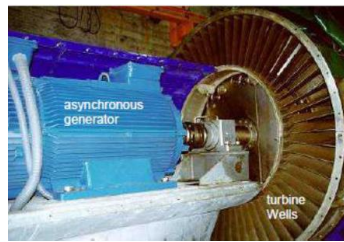


Gambar 2.14 Turbin udara (*Wells Turbine*)

b. Generator

Generator adalah suatu alat yang dipergunakan untuk mengkonversi energy mekanis dari prime mover menjadi energi listrik. Generator yang umum

dipergunakan dalam sistem pembangkit adalah generator asinkron. Secara garis besar generator terbagi atas stator dan rotor.



Gambar 2.15 Generator / *rectifier* turbin udara

- Stator

Stator merupakan bagian dari generator yang tidak bergerak. Stator memiliki kumparan dan inti. Biasanya inti stator terbuat dari lembaran-lembaran besi yang dilaminasi, kemudian diikat satu sama lain membentuk stator. Laminasi dimaksudkan agar rugi akibat arus Eddy kecil. Pada stator terdapat kumparan jangkar.

- Rotor

Merupakan bagian dari generator yang bergerak atau berputar. Ada dua jenis rotor pada generator asinkron yaitu :

- Rotor Dengan Kutub Menonjol (*salient pole*)

Biasa dipakai pada mesin-mesin dengan putaran rendah atau menengah. Kutub rotornya terbuat dari besi berlaminasi untuk mengurangi arus Eddy. Untuk mesin yang besar, kumparan rotor seringkali dibuat dari kawat persegi.

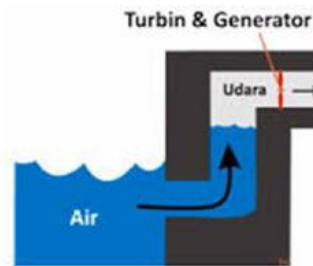
- Rotor Dengan Kutub Silinder

Biasa dipakai pada mesin dengan kecepatan tinggi. Untuk putaran rendah biasanya rotor bulat ini diameternya kecil dan panjang. Kumparan rotor diatur sedemikian rupa sehingga terdapat fluks maksimum pada suatu posisi tertentu. Rotor dengan bentuk ini biasanya lebih seimbang dengan noise yang rendah. Pada rotor terdapat kumparan medan. Arus searah untuk menghasilkan fluks pada kumparan medan dialirkan ke rotor melalui cincin geser. Terdapat beberapa hal yang mendasari dalam pemilihan generator. Pada pemakaian tegangan generator yang relatif tinggi, maka diperlukan isolasi yang tebal dan baik, hal ini menyebabkan ruangan untuk penghantar menjadi semakin sempit dan harga generator akan menjadi lebih mahal. Sedangkan pada generator dengan pemakaian tegangan lebih rendah akan menyebabkan berkurangnya jumlah lilitan

gulungan stator, sehingga akan membatasi dalam perencanaan dan tidak ekonomis tetapi menguntungkan dalam pengoperasiannya. (Utami 2010).

2.4.2 Perhitungan Daya Listrik Sistem OWC

PLTGL sistem OWC membangkitkan listrik dari naik turunnya air laut akibat gelombang laut yang masuk kedalam sebuah kolom osilasi yang berlubang. Naik turunnya air laut ini akan mengakibatkan keluar masuknya udara di lubang bagian atas kolom dan tekanan yang dihasilkan dari naik turunnya air laut dalam kolom tersebut akan menggerakkan turbin (Gambar 2).



Gambar 2. 16 Skema sitem owc

Tenaga mekanik yang dihasilkan dari sistem-sistem tersebut akan mengaktifkan generator secara langsung. PLTGL sistem OWC merupakan sistem dengan konstruksi yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu ruangudara serta ruang turbin udara dan generator. Proses pengubahan dari energi gerak gelombang kepada energi potensial berlangsung secara isothermis. Pendekatan ini dipilih karena dalam proses ini dianggap tidak terjadi peningkatan temperatur yang berarti. (Safitri DKK 2016)

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:

$$E_p = mg \frac{y(x,t)}{2} \quad (2.8)$$

dengan $P E$ adalah energi potensial gelombang (Joule), m adalah massa air laut yang masuk ke ruang sistem OWC (kg) dan g merupakan percepatan gravitasi bumi (9,81 m/s²).

Bentuk persamaan pada gelombang yaitu :

$$y(x, t) = A \sin(kx - \omega t) \quad (2.9)$$

Nilai energi potensial tiap panjang gelombang didapatkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_p = \int_0^\lambda E_p dx \quad (2.10)$$

Sehingga didapatkan persamaan energi potensial tiap panjang gelombang yaitu :

$$E_p = \frac{1}{4} \rho w g A^2 \lambda \quad (2.11)$$

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 :

$$E_k = \frac{1}{4} \rho w g A^2 \lambda \quad (2.12)$$

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

$$E_M = E_p + E_k$$

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

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

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

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

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

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

$$P = \frac{1}{16\pi} \rho w g^2 h^2 T \quad (2.14)$$

dengan P merupakan daya listrik (Watt), w adalah lebar ruang, ρ merupakan massa jenis air laut (kg/m³), g adalah percepatan gravitasi bumi (9,81 m/s²), h adalah tinggi gelombang laut (m) dan T adalah periode gelombang laut (detik).

2.4.3 kerapatan energi yang dihasilkan pltg sistem owc

Dalam menghitung besarnya energi gelombang laut dengan metode *oscillating watercolumn* (OWC), hal yang pertama yang harus diketahui adalah ketersediaan akan energi gelombang laut. Total energi gelombang laut dapat diketahui dengan menjumlahkan besarnya energi kinetik dan energi potensial yang dihasilkan oleh gelombang laut tersebut. Energi potensial adalah energi yang ditimbulkan oleh posisi relatif atau konfigurasi gelombang laut pada suatu sistem fisik. Bentuk energi ini memiliki potensi untuk mengubah keadaan objek-objek lain di sekitarnya, contohnya, konfigurasi atau gerakannya. Besarnya energi potensial dari gelombang laut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Navarro,D,dkk 2008)

$$P.E. = mg \frac{y(x,t)}{2} \quad (2.15)$$

Dimana:

$m = wpy$: Massa Gelombang (kg)

ρ : massa jenis air laut (kg/m³)

w : lebar gelombang (m) (diasumsikan sama dengan luas *chamber* pada OWC).

$Y = y(x,t) = a \sin(kx - \omega t)$ (m) : persamaan gelombang (diasumsikan gelombang sinusoidal).

$a = h/2$: amplitudo gelombang.

h = ketinggian gelombang (m)

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$: konstanta gelombang

λ : panjang gelombang (m)

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ (rad/sec) : frekuensi gelombang.

T : periode gelombang (sec)

Maka persamaan energi potensial ini dapat ditulis sebagai berikut.

$$P.E. = w\rho g \frac{y^2}{2} = w\rho g \frac{a^2}{2} \sin^2(kx - \omega t) \quad (2.15)$$

Selanjutnya dihitung besarnya energi potensial gelombang lebih dari 1 periode, diasumsikan bahwa gelombang hanya merupakan fungsi dari x terhadap waktu, sehingga didapatkan persamaan $y(x,t) = y(x)$. Jadi didapatkan:

$$dP.E. = 0.5 w\rho g a^2 \sin^2(kx - \omega t) dx \quad (2.16)$$

Berdasarkan persamaan $K = \frac{2\pi}{\lambda}$ dan $\omega = \frac{2\pi}{T}$, maka didapatkan persamaan:

$$P.E. = \frac{1}{4} w\rho g a^2 \lambda \quad (2.17)$$

Besarnya energi kinetik lebih dari 1 periode adalah sebanding dengan besarnya energi potensial yang dihasilkan.

$$K.E. = \frac{1}{4} w \rho g a^2 \lambda \quad (2.18)$$

Dimana energi kinetik adalah bagian energi yang berhubungan dengan gerakan dari gelombang laut. Setelah besarnya energi potensial dan energi kinetik diketahui, maka dapat dihitung total energi yang dihasilkan selama lebih dari 1 periode dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$E_W = P.E. + K.E. = \frac{1}{2} w \rho g a^2 \lambda \quad (2.19)$$

Total energi yang dimaksud disini adalah jumlah besarnya energi yang dihasilkan gelombang laut yang didapatkan melalui penjumlahan energi potensial dan energi kinetik yang dimilikinya. Melalui persamaan diatas, maka dapat dihitung besarnya *energy density* (EWD), daya listrik (PW), dan *power density* (PWD) yang dihasilkan gelombang laut. Untuk menentukan besarnya *energy density* (EWD) yang dihasilkan gelombang laut digunakan persamaan berikut ini.

$$E_{WD} = \frac{E_W}{\lambda w} = \frac{1}{2} \rho g a^2 \quad (\text{J/m}^2) \quad (2.20)$$

Energy density adalah besarnya kerapatan energi yang dihasilkan gelombang laut tiap 1 satuan luas permukaan. Untuk menentukan besarnya daya listrik (PW) yang dihasilkan gelombang laut digunakan persamaan berikut ini.

$$P_w = \frac{E_W}{T} \quad (\text{W}) \quad (2.21)$$

Dimana *wave power* adalah besarnya daya listrik yang mampu dihasilkan oleh gelombang laut. Untuk menentukan besarnya *power density* (PWD) yang dihasilkan gelombang laut digunakan persamaan 2.9 berikut ini.

$$P_{wD} = \frac{P_w}{\lambda w} = \frac{1}{2T} \rho g a^2 \quad (\text{W/m}^2) \quad (2.23)$$

(Wijaya 2010)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Tempat di laksanakan nya kegiatan penelitian ini adalah labolatorium teknik mesin univeritas 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 3 bulan sampai di nyatakan selesai.

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian

| No | Uraian Kegiatan | Waktu | | | | | |
|----|------------------------------------|-------|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Pengajuan Judul | | | | | | |
| 2 | Studi Litelatur | | | | | | |
| 3 | Desain Alat | | | | | | |
| 4 | Bab 1 s/d Bab 3 | | | | | | |
| 5 | Seminar proposal | | | | | | |
| 6 | Pembuatan Alat | | | | | | |
| 7 | pengujian alat dan pengolahan data | | | | | | |
| 8 | Penyelesaiaan tulisan | | | | | | |
| 9 | Seminar Hasil Dan Sidang Sarjana | | | | | | |

3.2 Bahan Dan Alat

3.2.1 Bahan

Ada pun bahan yang di gunakan dalam perancangan alat konversi energi tenaga gelombang ini adalah konsep 1, konsep 2 dan konsep 3:

a) Konsep 1

Konsep kolom osilasi turbin vertikal ini memiliki 2 katub udara yaitu katup masuk dan katup keluar, prinsip kerja hampir sama dengan prinsip kerja motor tetapi di sini yang berperan sebagai piston adalah air. Air yang naik turun akan memberikan tekanan pada udara yang ada di dalam kolom osilasi sehingga terdorong keluar melalui katup keluar kemudian memutar turbin.

b) Konsep 2

Konsep 2 adalah kolom air osilasi yang turbin dan generator nya berada di depan.

c) Konsep 3

Konsep ini memiliki bentuk yang menyerupai konsep turbin vertikal, yang membedakannya adalah pada konsep ini memiliki dinding kolom osilasi sedikit kerukut yang bertujuan untuk memberikan tekanan udara ke satu titik, pada konsep ini turbin diletakkan tepat atas kolom osilasi.

3.2.2 Alat

Ada pun alat yang di gunakan pada perancangan dan penelitian ini adalah solid works dan ampere meter .

1. Solid works

Diterjemahkan dari bahasa Inggris SolidWorks adalah program pemodelan komputer yang dibantu desain dan computer 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



Gambar 3.6 Sofwer solid works

2. Multimeter

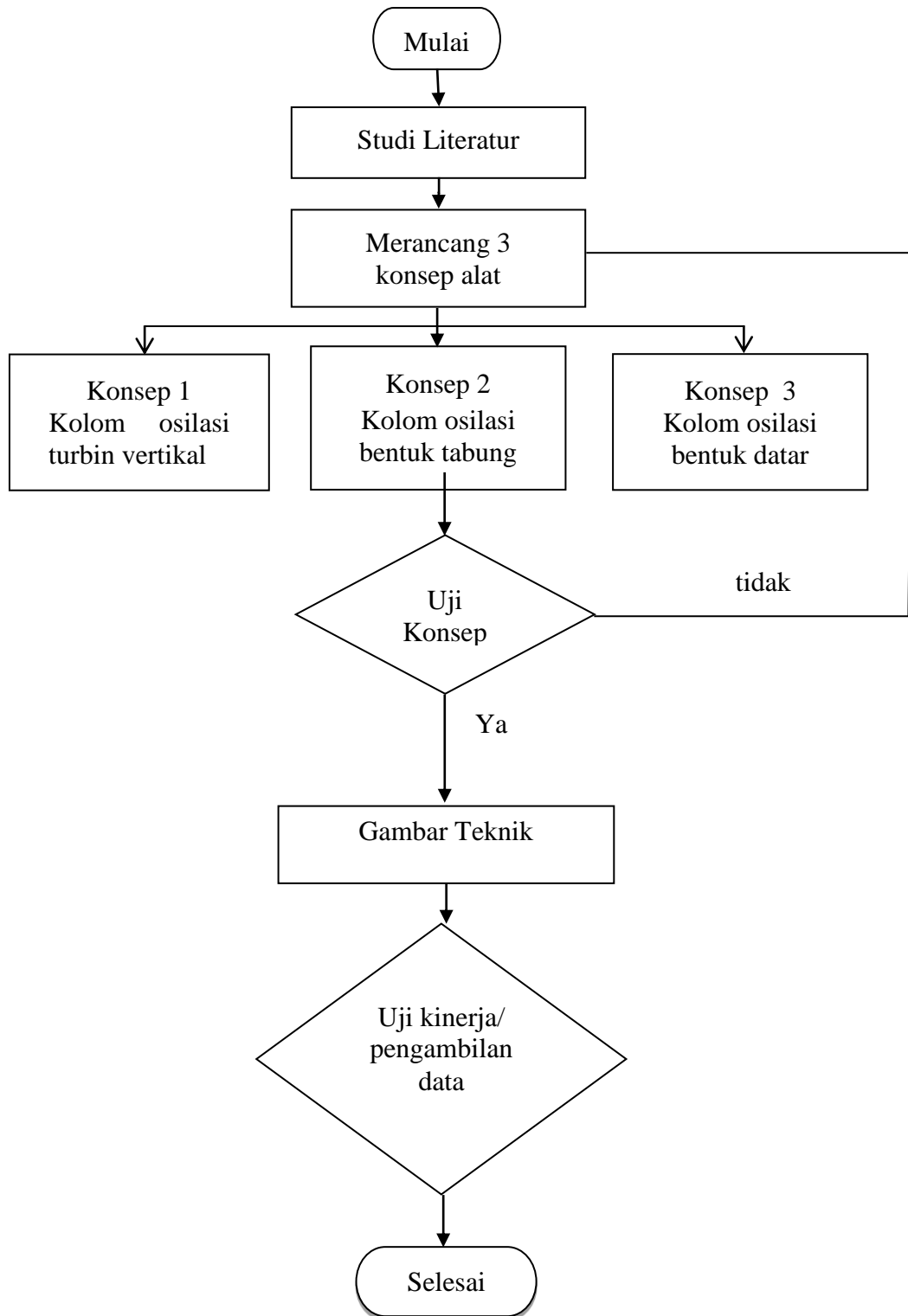
Multimeter atau multimeter adalah alat pengukur listrik yang sering dikenal sebagai VOM (Volt-Ohm meter) yang dapat mengukur tegangan (voltmeter), hambatan (ohm-meter), maupun arus (amperemeter). Ada dua kategori multimeter: multimeter digital atau DMM (digital multi-meter)(untuk yang baru dan lebih akurat hasil pengukurannya), dan multimeter analog. Masing-masing kategori dapat mengukur listrik AC, maupun listrik DC.

Sebuah multimeter merupakan perangkat genggam yang berguna untuk menemukan kesalahan dan pekerjaan lapangan, maupun perangkat yang dapat mengukur dengan derajat ketepatan yang sangat tinggi.



Gamabar 3.7 Multimeter

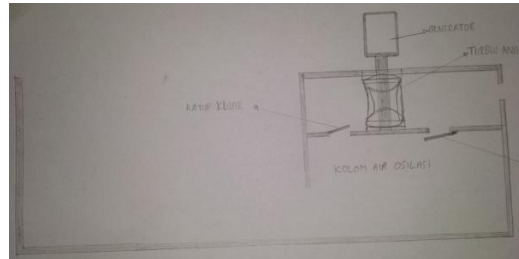
3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.18 Bagan Alir Penelitian

3.4 Rancangan Alat Penelitian

Dalam penelitian ini akan di rancang alat konversi energi tenaga gelombang teknik kolom osilasi, ada pun konsep yang di buat untuk rancangan alat penelitian adalah sebagai berikut.



Gambar 3.8 konsep 1

a) Konsep 1

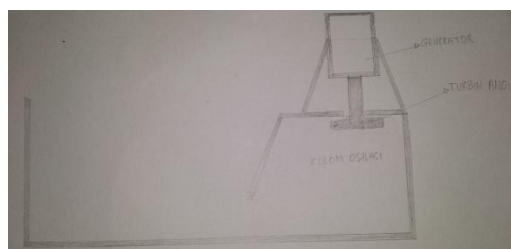
Konsep kolom osilasi turbin vertikal ini memiliki 2 katub udara yaitu katup masuk dan katup keluar, prinsip kerja hampir sama dengan prinsip kerja motor tetapi di sini yang berperan sebagai piston adalah air. Air yang naik turun akan memberikan tekanan pada udara yang ada di dalam kolom osilasi sehingga terdorong keluar melalui katup keluar kemudian memutar turbin.



Gambar 3.9 konsep2

b) Konsep 2

Konsep 2 adalah kolom air osilasi yang turbin dan generator nya berada di depan.



Gambar 3.9 konsep 3

c) Konsep 3

Konsep ini memiliki bentuk yang menyerupai konsep turbin vertikal, yang membedakannya adalah pada konsep ini memiliki dinding kolom osilasi sedikit kerukut yang bertujuan untuk memberikan tekanan udara ke satu titik, pada konsep ini turbin diletakkan tepat atas kolom osilasi.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Langkah-langkah Perancangan Alat

Adapun langkah-langkah perancangan alat konversi energi tenaga gelombang teknik kolom osilasi adalah sebagai berikut :

1. Mencari sepuluh referensi atau literatur yang berkaitan tentang pembangkit listrik tenaga gelombang teknik kolom osilasi.
2. Membuat 3 konsep rancangan alat pembangkit listrik tenaga gelombang teknik kolom osilasi.
3. Menguji konsep yang telah di buat.
4. Membuat gambar teknik dari konsep yang dipilih
5. Menguji kinerja alat konversi energi tenaga gelombang teknik kolom osilasi dan pengambilan data.

3.5.2. Langkah-langkah Pengujian

Adapun langkah-langkah pengujian alat konversi energi tenaga gelombang teknik 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 multitester.
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.

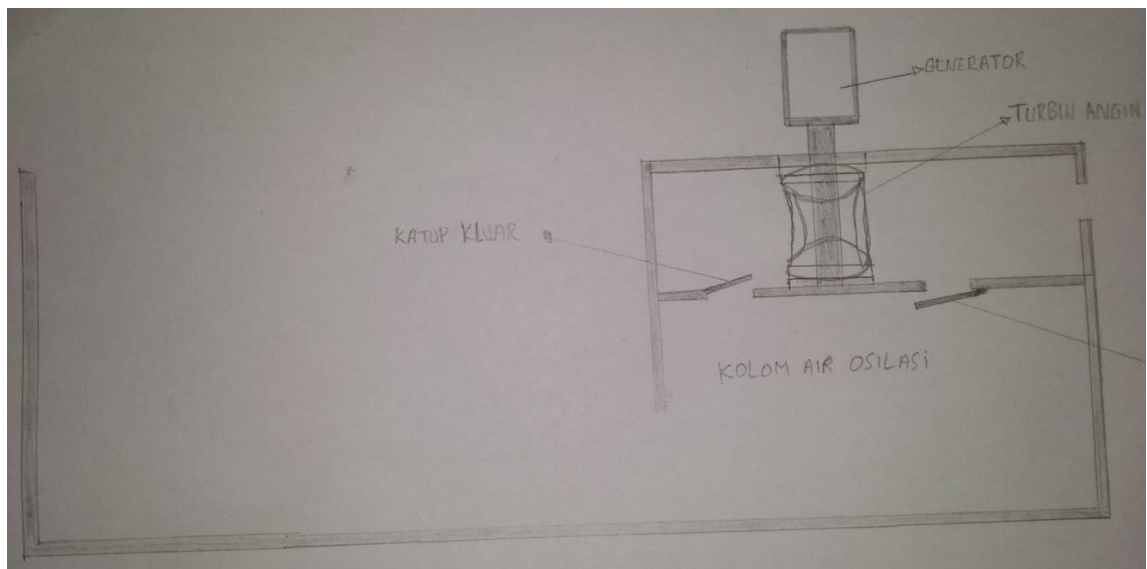
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Gambar Sketsa Perancangan Kolom Air Osilasi

Dalam perancangan ini ada tiga gambar sketsa yang telah dibuat diantaranya adalah :

4.1.1 Sketsa konsep 1

Sketsa konsep satu ini memiliki 2 katub udara yaitu katup masuk dan katup keluar yang dapat dilihat pada gambar di bawah, prinsip kerja hampir sama dengan prinsip kerja motor tetapi di sini yang berperan sebagai piston adalah air. Air yang naik turun akan memberikan tekanan pada udara yang ada di dalam kolom osilasi sehingga terdorong keluar melalui katup keluar kemudian memutar turbin.



Gambar 4.1 sketsa konsep 1

Ada pun bagian-bagian yang terdapat pada sketsa di atas adalah :

1. Generator

Generator berfungsi sebagai alat konversi energi dari energi mekanik atau gerak menjadi energi listrik/

2. Turbin angin

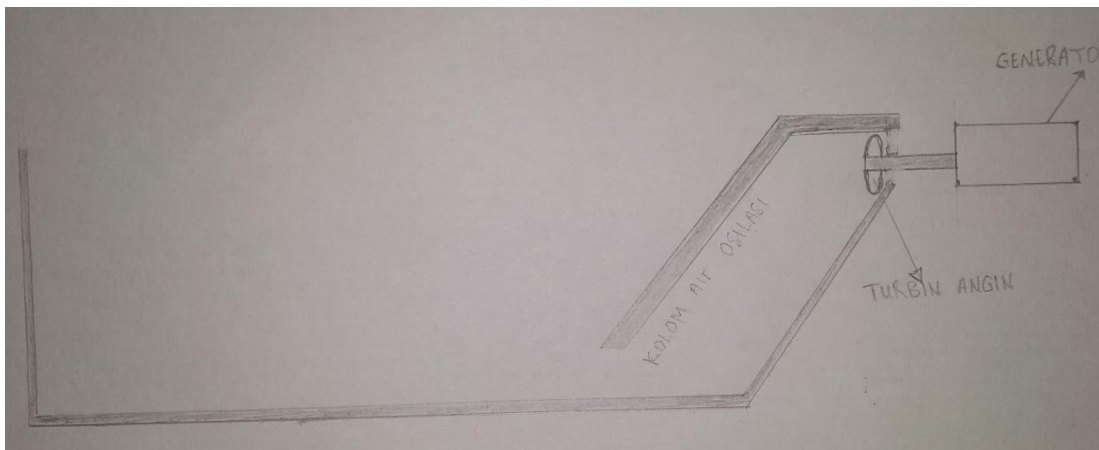
Turbin angin berfungsi sebagai alat pengubah angin menjadi energi gerak untuk menutar generator.

3. katup

Pada rancangan ini terdapat dua katup yaitu katup untuk masuk nya udara dari luar dan katup untuk keluar nya udara dari kolom osilasi lalu udara memutar turbin.

4.1.2 Sketsa konsep 2

Sketsa konsep 2 adalah kolom air osilasi yang turbin dan generator nya berada di depan.



Gambar 4.2 sketsa konsep 2

Adapun bagian-bagian dari sketsa konsep 2 ini adalah sebagai berikut :

1. Generator

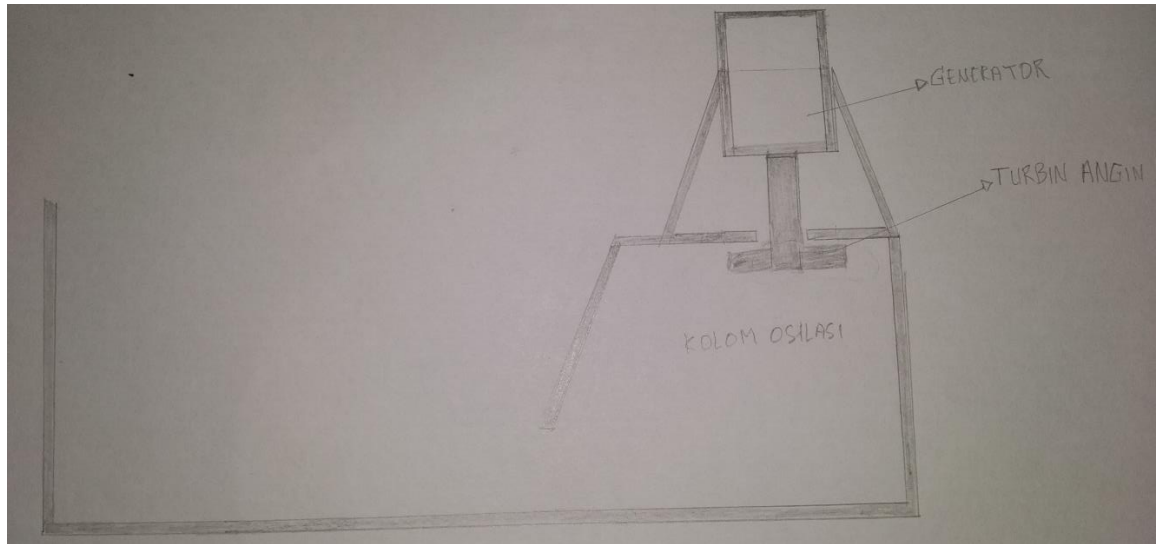
Generator berfungsi sebagai alat konversi energi dari energi mekanik atau gerak menjadi energi listrik/

2. Turbin angin

Turbin angin berfungsi sebagai alat pengubah angin menjadi energi gerak untuk menutar generator.

4.1.3 Sketsa konsep 3

Sketsa konsep yang ke 3 ini dirancang memiliki generator yang berada di atas kolom air osilasi nya.



Gambar 4.4 sketsa konsep 3

Adapun bagian-bagian dari konsep 3 ini adalah sebagai berikut :

1. Generator

Generator berfungsi sebagai alat konversi energi dari energi mekanik atau gerak menjadi energi listrik/

2. Turbin angin

Turbin angin berfungsi sebagai alat pengubah angin menjadi energi gerak untuk menutar generator.

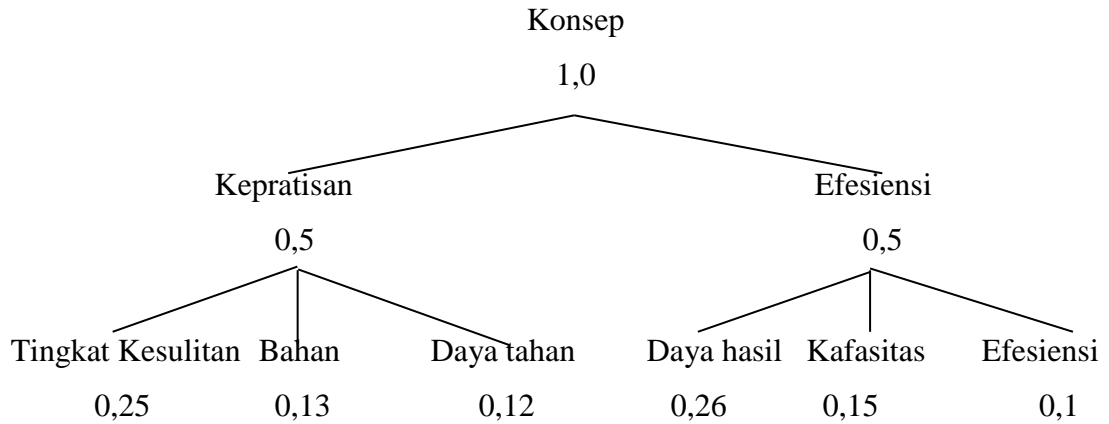
3. Batang besi

Batang besi berfungsi sebagai penyangga generator supaya bisa berdiri di atas menghadap ke kolom air osilasi.

4.2 Hasil Pemilihan Konsep

Dalam perancangan ini telah dibuat 3 konsep alat konversi energi tenaga gelombang dengan teknik kolom osilasi, maka dari itu akan di pilih satu konsep dengan cara metode matrik keputusan. Metode ini umumnya di gunakan dalam bidang teknik untuk membuat keputusan dalam perancangan produk tetapi juga dapat digunakan untuk berbagai tujuan. Dengan menggunakan nilai skala 5 yang dimulai dari 0 hingga 4, karakteristik tertentu diberi peneringkatan dan pada akhirnya penjumlahan dengan nilai terbesar yang dianggap paling baik. Untuk

pemilihan konsep alat konversi energi tenaga gelombang dengan teknik kolom osilasi akan di tentukan kriteria yang dianggap sesuai seperti yang terlihat pada pohon objektif dibawah.



Gambar 4.1 pohon objektif untuk pemilihan konsep.

Hasil dari pemilihan konsep di tinjau dari kepraktisan dan efiesiensi nya maka jenis konsep 1 mendapat penilaian terkecil dengan nilai 3 dibandingkan dua konsep lain nya, konsep 2 mendapat penilaian tertinggi kedua dengan nilai 4,24 , sedangkan konsep 3 mendapat penilaian tertinggi pertama yaitu dengan nilai 5,3 maka dari itu konsep 3 lah yang akan dipilih untuk di buat. Hasil selengkap nya dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah

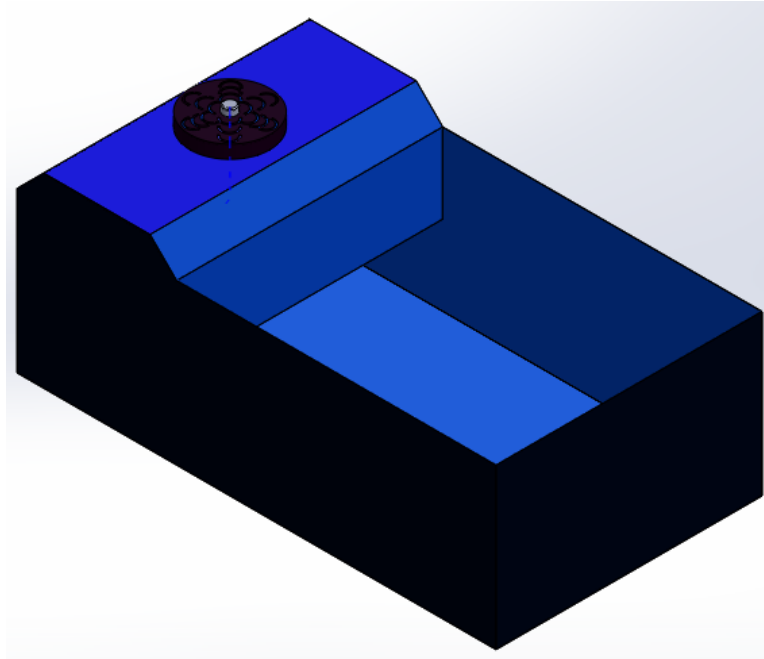
Table 4.1 pemilihan konsep

| 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 |
| Efesiensi | 0,1 | Kecil | 2 | 0,24 | Sedang | 4 | 0,4 | Besar | 6 | 0,6 |
| Hasil | | | | 3 | | | 4,24 | | | 5,3 |

1. Tingkat kesulitan dalam pemelihan konsep sangat di perhitungkan berdasarkan dari 3 konsep yang sudah di buat memiliki tinggkat kesulitan yang berbeda-beda. Konsep pertama memiliki tingkat kesulitan yang sangat sulit di karenakan pada konsep ini memiliki katup udara sehingga sulit dalam pembuatan nya, konsep kedua memiliki tingkat kesulitan yang mudah karena dalam konsep ini turbin atau kincir angin langsung menghadap kolom osilasi, konsep ke tiga memiliki tingkat kesulitan yang sedang pada konsep ini tubin dan generator berada di atas kolom osilasi sehingga di perlukan penyangga untung menahan generator.
2. Berdasarkan bahan atau material konsep pertama di katagorikan mahal karena konponen-komponen yang di butuhkan banyak, pada konsep dua material yang digunakan sedikit karena osilasi kolom nya kecil dan dapat di katagorikan murah, sedangkan konsep ke tiga membutuhkan material banyak tetapi tidak sebanyak pada konsep 1 dan biaya pembuatan tidak terlalu mahal.
3. Daya tahan pada konsep satu daya tahan alat kurang karena katup akan mudah rusak sedang kan konsep satu dan dua memiliki daya tahan yang sama.
4. Daya yang di hasil kan pada konsep satu kurang maksimal karena menggunakan katup yang membuat sirkulasi udara kurang maksimal, pada konsep dua daya yang dihasilkan kecil karena kolom osilasinya kecil, pada konsep tiga daya yang dihasilkan cukup besar karena kolom osilasinya besar dan udara langsung menghembus turbin maka daya dari udara dapat di terima secara maksimal.
5. Kafasitas konsep satu besar tetapi daya yang dihasilkan kurang maksimal, kafasitas pada konsep 2 kecil karena memilki kolom osilasi yang kecil, pada konsep tiga kafasitas nya sama dengan konsep 1 tetapi daya yang di hasilkan cukup besar.
6. Efisiensi pada konsep satu kurang karena kolom osilasi yang besar tetapi daya yang dihasikan kurang, pada konsep dua karena memiliki kolom osilasi yang kecil maka efisiensi kurang, pada konsep tiga efisiensi bagus karna kolom osilasi yang bersar dan udara langsung menghadap turbin.

4.3 Gambar Rancangan

Berdasarkan pemilihan konsep yang telah dilakukan di atas maka di pilih konsep 3 untuk di buat, sebelum pembuatan terlebih dahulu akan dibuat gambar teknik dari rancangan. Gambar dapat dilihat di gambar 4.5

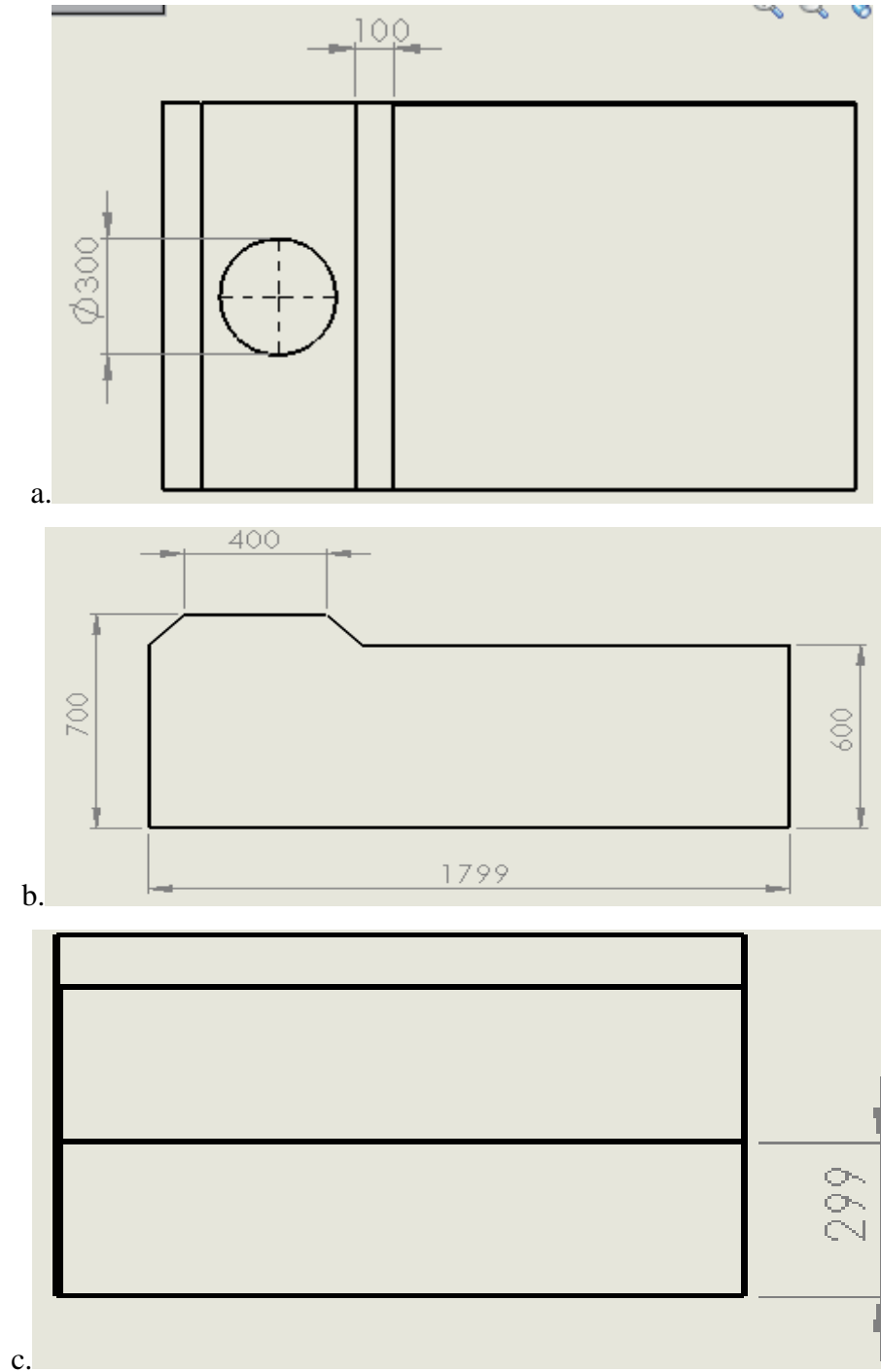


Gambar 4.5 gambar rancangan.

Pada gambar terlihat ada nomor yang menunjukkan bagian-bagian dari alat konversi energi tenaga gelombang teknik kolom osilasi, yang pertama itu ada kolom osilasi/bak, yang kedua penutup kipas atau turbin, yang ke tiga yaitu kipas atau turbin yang berada di dalam penutup, yang ke empat bantalan, yang kelima poros, yang ke enam generator, dan yang ke tujuh penyangga generator.

4.3.1 kolom osilasi

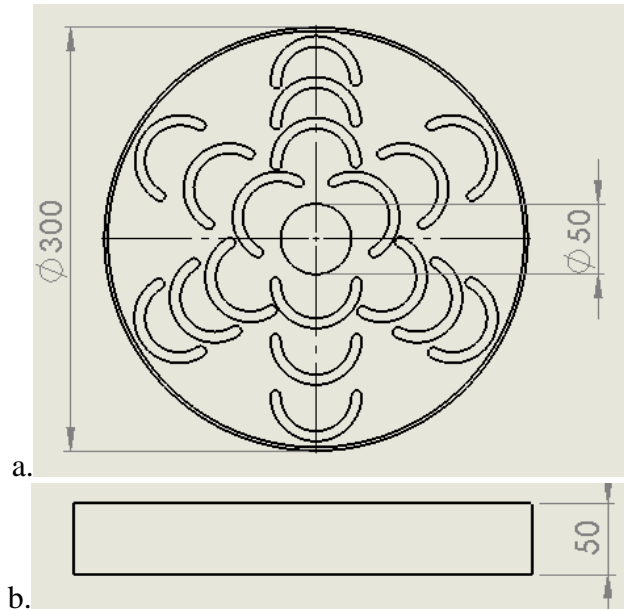
Kolom osilasi berbentuk persegi berfungsi untuk menangkap energi gelombang yang nantinya akan memutar turbin, ada pun ukuran dari bak kolom osilasi yang dirancang dapat dilihat di gambar 4.6.



Gambar 4.6 Kolom Osilasi a.pandangan atas, b.pandangan depan, c.pandangan samping

4.3.2 Tutup Turbin

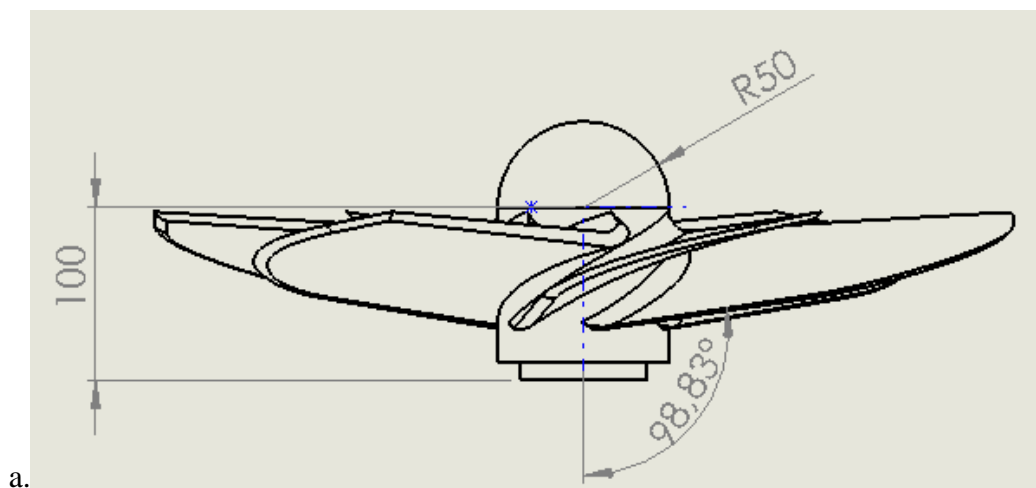
Penutup ini berfungsi sebagai pelindung turbin sekaligus tempat duduk bearing poros, gambar tutup ini dapat dilihat pada gambar 4.8.

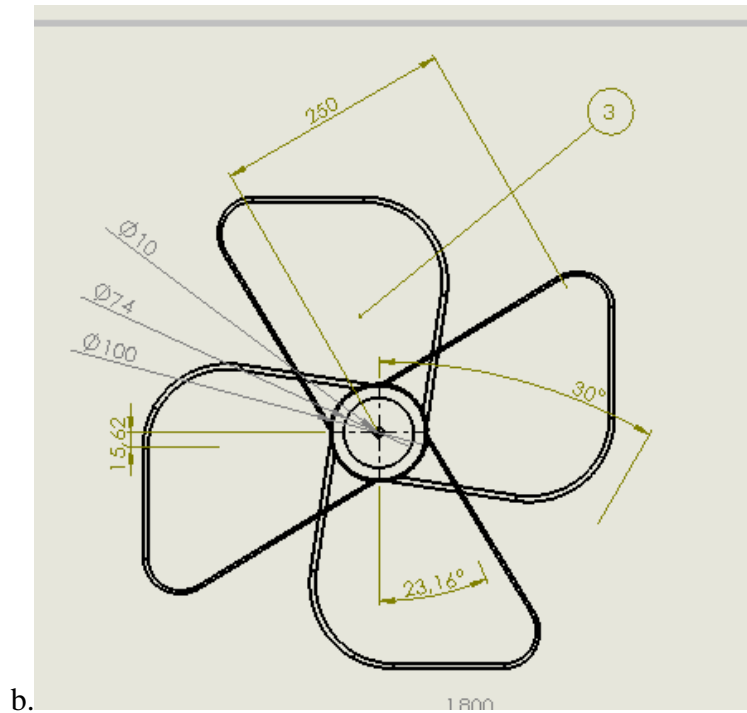


Gambar 4.7 Tutup turbin a.pandangan atas, b, pandangan samping.

4.3.3 Sudu Turbin

Turbin berfungsi sebagai penangkap energi gelombang dari kolom osilasi lalu meneruskan ke poros untuk memutar generator, ada pun gambar dari turbin yang di rancang adalah seperti gambar 4.7 turbin.

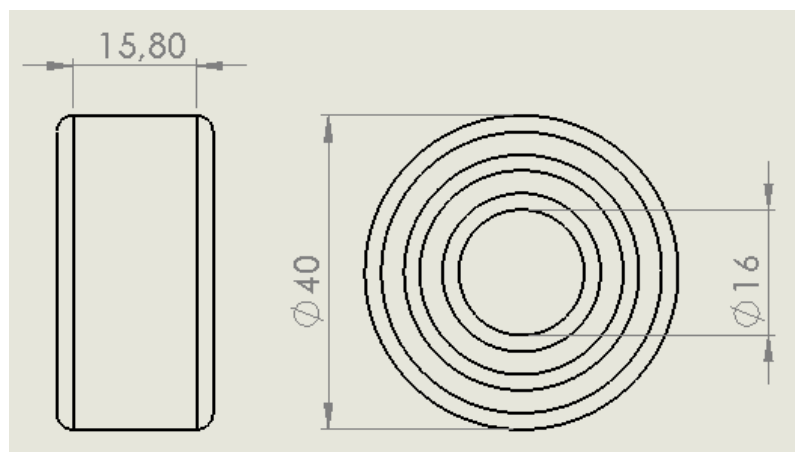




Gambar 4.8 Turbin a.pandangan samping. b. Pandangan atas.

4.3.4 Bantalan

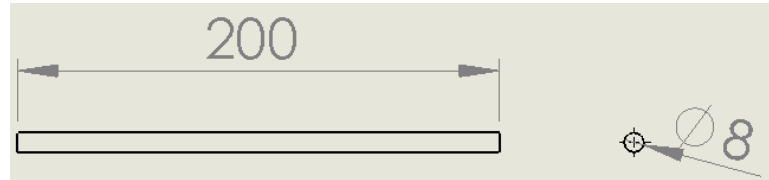
Bantalan berfungsi untuk menjaga poros tetap bergerak lurus dan meredam gesekan antara poros dan penutup tubin, gambar bantalan yang di rancang dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Bantalan

4.3.5 Poros

Poros berfungsi untuk meneruskan putaran turbin ke generator poros yang digunakan pada perancangan ini memiliki diameter 10 mm lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.10 dibawah.



Gambar 4.10 Poros

4.3.6 Generator

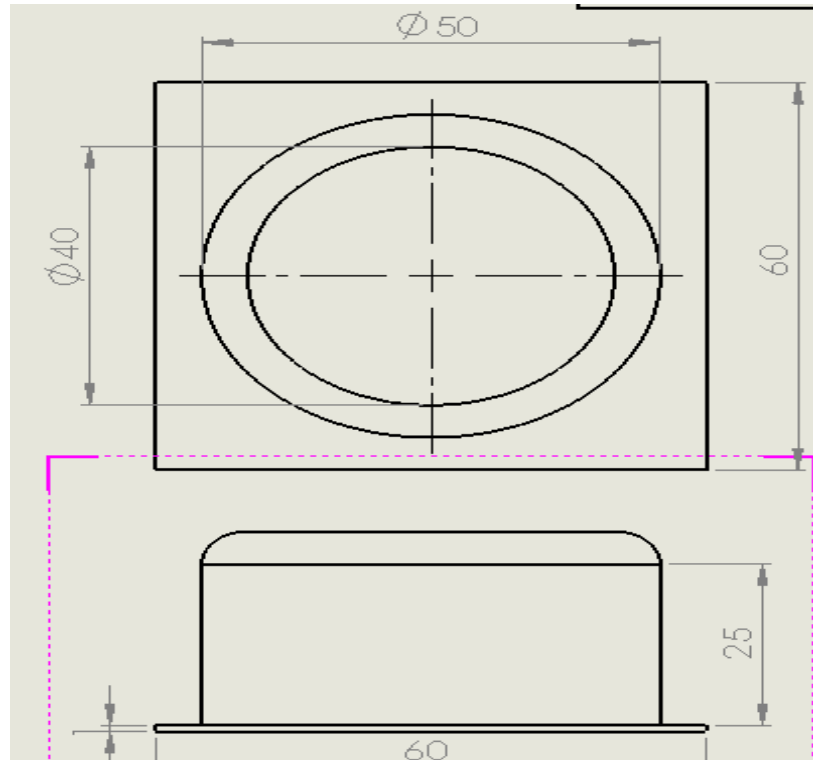
Generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik atau gerak yang di berikan turbin menjadi energi listrik.



Gambar 4.11 Generator

4.3.7 Penyangga generator

Penyangga generator berfungsi untuk menahan generator supaya tidak jatuh mau pun bergerak saat poros berputar.



Gambar 4.12 Penyangga generator

4.3.8 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 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat konversi energi gelombang teknik kolom osilasi yang akan di buat dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah.

Tabel 4.3 spesifikasi

| Dimensi kolom osilasi | |
|--------------------------|------------------|
| Panjang/mm | 600 |
| Lebar/mm | 1000 |
| Tinggi/mm | 700 |
| Diameter lingkaran | 300 |
| Panjang pembatas | 310 |
| Dimensi sudu turbin | |
| Diameter 1/mm | 300 |
| Diameter lubang poros/mm | 8 |
| Sudut lengkung | 115 ^o |
| 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 |

4.5 Analisa Pengujian Alat

Dalam kesempatan ini akan di lakukan pengujian analisa,energi yang di hasilkan gelombang, tinggi air kolam terhadap daya listrik,dan tinggi air kolam terhadap panjang gelombang yang di hasil kan. Ada pun langkah-langkah pengujian yang dilaku kan pada pengujian alat ini di bagi tiga tahapan yaitu :

1. Tahap pertama

1. Mengisi air kolam ombak setinggi 30 cm.

Kolam ombak di isi oleh air hingga setinggi 30 dari dasar kolam, ketinggian air dapat di lihat dari meteran yang terdapat di dinding kolam.



Gambar 4.13 tinggi ari 30 cm

2. Menyalakan mesin pendorong air (mesin gelombang).

Setelah melakukan pengisian air di dalam kolam selanjut nya menyalakan mesin gelombang.



Gambar 4.14 mesin ombak

3. Melihat tinggi dan pajang gelombang yang di hasilkan.

Setelah menyakan mesin gelombang maka selanjut nya melihat berapa tinggi dan panjang gelombang yang dihasilkan



Gambar 4.15 panjang gelombang

4. Mengukur arus pada generator menggunakan multimeter.

Selanjutnya setelah mesin gelombang di nyalakan maka menghasilkan gelombang air yang naik turun di dalam kolom osilasi yang menyebabkan tekanan udara di dalam kolom osilasi yang dapat memutar generator kemudian mengukur berapa tegangan listrik yang dihasilkan, pada percobaan ke 1 ini menghasilkan 0.06v.



Gambar 4.16 multimeter.

2. Tahap kedua

1. Mengisi air kolam ombak setinggi 40 cm.

Kolam ombak di isi oleh air hingga setinggi 40 dari dasar kolam, ketinggian air dapat di lihat dari meteran yang terdapat di dinding kolam.



Gambar 4.17 tinggi air 40 cm

2. Menyalakan mesin pendorong air (mesin gelombang).

Setelah melakukan pengisian air di dalam kolam selanjut nya menyalakan mesin gelombang.



Gambar 4.18 mesin ombak

3. Melihat tinggi dan pajang gelombang yang di hasilkan.

Setelah menyakan mesin gelombang maka selanjut nya melihat berapa tinggi dan panjang gelombang yang dihasilkan



Gambar 4.19 panjang gelombang

4. Mengukur arus pada generator menggunakan multimeter. Selanjutnya setelah mesin gelombang di nyalakan maka menghasilkan gelombang air yang naik turun di dalam kolom osilasi yang menyebabkan tekanan udara di dalam kolom osilasi yang dapat memutar generator kemudian mengukur berapa tegangan listrik yang dihasilkan, pada percobaan ke 2 ini menghasilkan 0.08v.



Gambar 4.20 multimeter

3. Tahap ketiga

1. Mengisi air kolam ombak setinggi 45 cm.

Kolam ombak di isi oleh air hingga setinggi 30 dari dasar kolam, ketinggian air dapat di lihat dari meteran yang terdapat di dinding kolam.



Gambar 4.21 tinggi air 45 cm

2. Menyalakan mesin pendorong air (mesin gelombang).

Setelah melakukan pengisian air di dalam kolam selanjut nya menyalakan mesin gelombang.



Gambar 4.22 mesin ombak

3. Melihat tinggi dan panjang gelombang yang di hasilkan.

Setelah menyalakan mesin gelombang maka selanjut nya melihat berapa tinggi dan panjang gelombang yang dihasilkan



Gambar 4.23 panjang gelombang

4. Mengukur arus pada generator menggunakan multimeter.

Selanjutnya setelah mesin gelombang di nyalakan maka menghasilkan gelombang air yang naik turun di dalam kolom osilasi yang menyebabkan tekanan udara di dalam kolom osilasi yang dapat memutar generator kemudian mengukur berapa tegangan listrik yang dihasilkan pada percobaan ke 3 ini menghasilkan 0.06v.



Gambar 4.24 multimeter

Table 4.4 hasil pengujian

| Air (Cm) | Tinggi Gelombang (cm) | Panjang Gelombang (cm) | Tegangan Listrik (V) |
|----------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 30 | 1 | 66 | 0,06 |
| 40 | 5 | 75 | 0,08 |
| 45 | 6 | 97 | 0,06 |

4.5.1 Energi Yang Di Hasilkan Gelombang

Besarnya energi potensial dari gelombang pada ketinggian air 30 cm dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana : ρ = massa jenis air

w = adalah lebar ruang

g = percepatan gravitasi bumi

A = amplitudo gelombang

λ = panjang gelombang

$$E_p = \frac{1}{4} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 1 \cdot (0,06^2) \cdot 0,066 = 0,0594$$

$$\text{Dimana } A^2 = \sin\left(\frac{60}{17}\right) = 0,06 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{66}{1000} = 0,066 \text{ m}$$

Berdasarkan rumus (2.11) dan (2.12) maka di peroleh energi kinetik gelombang sama dengan energi potensial.

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

$$E_K = \frac{1}{4} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 1 \cdot (0,06^2) \cdot 0,066 = 0,0594$$

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

$$E_M = E_p + E_K$$

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

$$E_M = \frac{1}{2} \rho w g A^2 \lambda$$

$$E_M = \frac{1}{2} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 1 \cdot (0,05^2) \cdot 0,066 = 0,1188$$

Besarnya energi potensial dari gelombang pada ketinggian air 40 cm dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana : ρ = massa jenis air

w = adalah lebar ruang

g = percepatan gravitasi bumi

A = amplitudo gelombang

λ = panjang gelombang

$$E_p = \frac{1}{4} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 1 \cdot (0,06^2) \cdot 0,075 = 0,0675$$

$$\text{Dimana } A^2 = \sin\left(\frac{60}{17}\right) = 0,06 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{75}{1000} = 0,075 \text{ m}$$

Berdasarkan rumus (2.11) dan (2.12) maka di peroleh energi kinetik gelombang sama dengan energi potensial.

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

$$E_K = \frac{1}{4} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 1 \cdot (0,06^2) \cdot 0,075 = 0,0675$$

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

$$E_M = E_P + E_K$$

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

$$E_M = \frac{1}{2} \rho w g A^2 \lambda$$

$$E_M = \frac{1}{2} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 1 \cdot (0,06^2) \cdot 0,075 = 0,135$$

Besarnya energi potensial dari gelombang pada ketinggian air 45 cm dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana : ρ = massa jenis air

w = adalah lebar ruang

g = percepatan gravitasi bumi

A = amplitudo gelombang

λ = panjang gelombang

$$E_p = \frac{1}{4} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 1 \cdot (0,064^2) \cdot 0,097 = 0,099328$$

$$\text{Dimana } A^2 = \sin\left(\frac{60}{16}\right) = 0,064 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{97}{1000} = 0,097 \text{ m}$$

Berdasarkan rumus (2.11) dan (2.12) maka di peroleh energi kinetik gelombang sama dengan energi potensial.

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

$$E_K = \frac{1}{4} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 1 \cdot (0,064^2) \cdot 0,097 = 0,099328$$

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

$$E_M = E_P + E_K$$

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

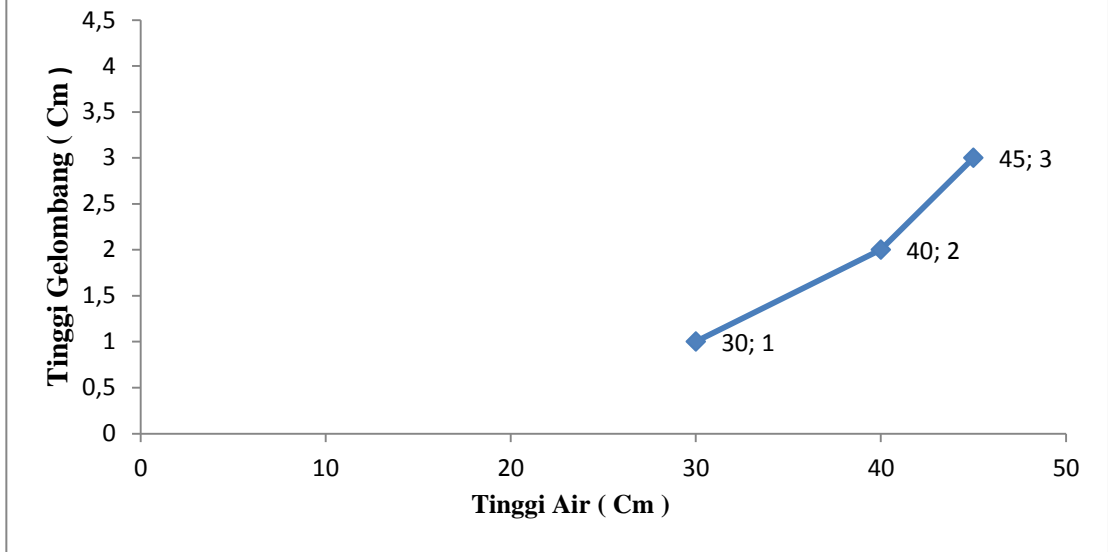
$$E_M = \frac{1}{2} \rho w g A^2 \lambda$$

$$E_M = \frac{1}{2} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 1 \cdot (0,005^2) \cdot 0,066 = 0,198656$$

Pada pengujian alat konversi energi listrik tenaga gelombang dengan Mengaplikasikan Teknik Kolom Osilas Yang Telah Dilakukan Menghasil Kan Data seperti pada table 4.1. dari data tersebut dapat di buat grafik antara tinggi air pada kolam dengan tinggi gelombang, tinggi air terhadap arus yang dihasil kan.

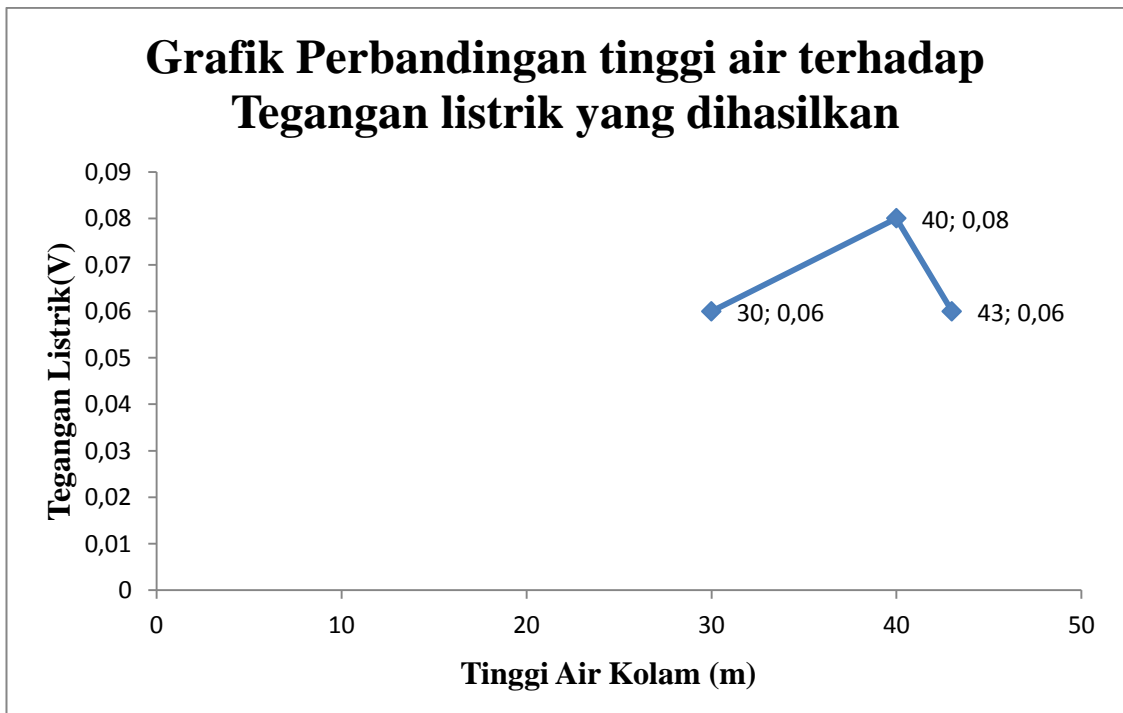
5.1.1 Grafik Tinggi Air Pada Kolam Dengan Tinggi Gelombang

Grafik Tinggi Air Pada Kolam Dengan Tinggi Gelombang



Pada grafik terlihat bahwa semakin tinggi air yang ada di dalam kolam omabak maka tinggi gelombang semakin tinggi pula, itu di sebab kan karena tumpuan pendorongair berada di atas sehing semakin tinggi air semakin kuat pula dorongan nya.

5.1.2 Tinggi Air Terhadap Arus Yang Dihasil Kan.



Pada grafik perbandingan tinggi air terhadap listrik yang dihasilkan terlihat bahwa ada peningkatan listrik dari tinggi air 30 cm dan 40 cm yaitu sebesar 0,02V tetapi pada tinggi air 45 cm mengalami penurunan kembali sebesar 0.02V itu disebabkan karena air di dalam kolam ombak terlalu banyak sehingga putaran pendorong air mengalami perlambatan akibat beban air.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uji konsep pada rancangan alat pembangkit listrik tenaga gelombang teknik kolom osilasi konsep 3 yang memenuhi kriteria untuk di buat rancangan pembuatannya karena pada konsep 3 kolom osilasi nya mengerucut ke atas sehingga tekanan udara terfokus ke satu arah, setelah pengujian alat di dapat hasil dengan ketinggian air 30 cm, tinggi gelombang 1 cm dan panjang gelombang 66 cm menghasilkan listrik 0,06 v, dengan ketinggian air 40 cm, tinggi gelombang 5 cm dan panjang gelombang 75 cm menghasilkan listrik 0,08 v, dengan ketinggian air 45 cm, tinggi gelombang 6 cm dan panjang gelombang 97 cm menghasilkan listrik 0,06v.

5.2 Saran

Berdasarkan dari pengkajian hasil penelitian dilapangan 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 teknik kolom osilasi adalah peneliti diharapkan untuk mengkaji lebih banyak sumber referensi yang terkait dengan alat pembangkit listrik tenaga gelombang teknik kolom osilasi agar hasil yang diperoleh lebih baik lagi, peneliti diharapkan mencari komponen-komponen alat pembangkit listrik tenaga gelombang teknik kolom osilasi lebih awal di karena sulit nya mencari komponen-komponennya di medan sumatera utara.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfansuri, T., & Zuliari, E. A. (2014). Kajian Potensi Tenaga Gelombang Laut. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan II*.
- Budipriyanto, A. (2008). Pengaruh Non Linieritas Gelombang terhadap Gaya dan Momen Guling akibat Gelombang pada Dinding Vertikal di Laut Dangkal. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*. <https://doi.org/10.12962/j12345678.v5i1.2759>
- Ir.pudjanarsa, a. M., & Prof.Ir.nursuhud, d. M. (2006). *MESIN KONVERSI ENERGI*. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET.
- Khoirul, M., Febri, R., Sarwito, S., & Kusuma, R. (2014). Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe Oscilating Water Column di Pantai Bandalit Jember. *TEKNIK POMITS*.
- Navarro,D,Dkk,2008.Wave Energy Conversion. USA: Departement Of Architecture And Marien Enginnering.
- Mardiansyah, L. A., Ismanto, A., & Setyawan, W. B. (2014). Kajian Potensi Gelombang Laut Sebagai Sumber Energi Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Dengan Sistem Oscilatting Water Column (OWC) Di Perairan Pantai Bengkulu. *Jurnal Oseanografi*, 3(3), 328–337.
- Mc Cormick,Michael E., OCEAN Wave Energy Conversion, John Wiley And Sons, New York,, 1981.
- Nunes, G., Valério, D., Beirão, P., & Sá da Costa, J. (2011). Modelling and control of a wave energy converter. *Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.12.018>
- Safitri, L. E., Jumarang, M. I., & Apriansyah, A. (2016). Studi Potensi Energi Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Oscillating Water Column (OWC) di Perairan Pesisir Kalimantan Barat. *Positron*, 6(1), 8–16. <https://doi.org/10.26418/positron.v6i1.14536>.
- Siregar, A. M., and C. A. Siregar. 2019. “Reliability Test Prototype Wind Turbine Savonius Type Helical as an Alternative Electricity Generator.” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 674(1).

- Umurani.K, Habiburrahman 2019 Studi Karakteristik Variasi Jumlah Sudu Impeler Pada Unjuk Kerja Blower Sentrifugal. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*.
- Umurani.K, Habiburrahman 2019 Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*.
- Utami, S. R. (2010). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dengan Menggunakan Sistem Oscilating Water Column (Owc) Di Tiga Puluh Wilayah Kelautan Indonesia. *Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 1(1), 7*.
- Wijaya, I. W. A. (2010). Teknologi Oscilating Water Column Di Perairan Bali. *Teknologi Elektro*.

LAMPIRAN

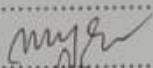
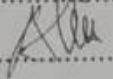
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020 – 2021**


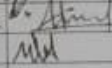

Peserta seminar

Nama : Mhd.Diki Saragih

NPM : 1607230103

Judul Tugas Akhir : Perancangan Alat Konversi Energi Tenaga Gelombang Dengan Meng-
Aplikasikan Teknik Kolom Osilasi

| DAFTAR HADIR | TANDA TANGAN |
|--|--|
| Pembimbing – I : Chandra A Siregar.S.T.M.T | : |
| Pemanding – I : M.Yani.S.T.M.T | :  |
| Pemanding – II : Sudirma Lubis.S.T.M.T | :  |

| No | NPM | Nama Mahasiswa | Tanda Tangan |
|----|------------|-------------------------|--|
| 1 | 1607230051 | Imans Akber 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


Affandi.S.T.M.T

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

NAMA : Mhd.Diki Saragih
NPM : 1607230103
Judul T.Akhir : Perancangan 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 :
*lihat pada draft skripsi, bagian esy
harus diperbaiki*
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 17 Rajab 1442H
01 Maret 2021 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembanding- I

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

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Mhd.Diki Saragih
NPM : 1607230103
Judul T.Akhir : Perancangan 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 metodologi penelitian*
perbaikan data hasil

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 17 Rajab 1442H
01 Maret 2021 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Afiandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II



Sudirman Lubis.S.T.M.T



UMSU

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

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

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUIJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 1059/II.3-AU/UMSU-07/F/2020

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

Nama : MUHAMMAD DIKI SARAGIH
NPM : 1607230103
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : IX(SEMBILAN)
Judul Tugas Akhir : PERANCANGAN ALAT KONVERSI ENERGI TEBAGA GELOMBANG
DENGAN MENGAPLIKASIKAN TEKNIK KOLOM OSILASI

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

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

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Perancangan Alat Konversi Energi Tenaga Gelombang Dengan Mengaplikasikan Teknik Kolom Osilasi

Nama : Mhd Diki Saragih

NPM : 1607230103

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 tujuan dan tambah daftar pustaka | ↑ |
| 7. | 27/11 - 2020 | Ace Semhas. | ↑ |

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



NAMA : MHD DIKI SARAGIH
Umur : 21 Tahun
Tgl.Lahir : 23 mei 1998
Jenis Kelamin L/P : L
Bangsa : INDONESIA
Agama : ISLAM
Alamat :Huta II Bandar Pulo,Kecamatan Bandar,
Kabupaten Simalungn

Pendidikan

- Tamatan SD Habatu 091658
- Tamatan SMP Negeri 1 Pematang Bandar
- Tamatan SMK Negeri 1 Bandar Masilam