

**PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT (PLTGL)  
BERBASIS PISTON**

**(Skripsi)**

**Oleh  
ARFI SURYANATA**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDARLAMPUNG  
2023**

## **ABSTRAK**

### **PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT (PLTGL) BERBASIS PISTON**

**Oleh**

**ARFI SURYANATA**

Telah dilakukan penelitian Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (Pltgl) Berbasis Piston. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat alat yang dapat menghasilkan tegangan listrik dari gelombang air laut dan membantu pengembangan energi alternatif yang memanfaatkan energi gelombang air laut. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah turbin sebagai penggerak generator, generator sebagai pengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik, pelampung sebagai membantu alat agar tetap di permukaan air, pompa sebagai penggerak turbin, gear sebagai penggerak turbin ke generator, rantai sebagai penghubung gear pada turbin ke gear pada generator, multimeter, besi sebagai penyangga pelampung dan piston, selang sebagai tempat mengalirnya udara dari piston ke turbin, kabel sebagai penghubung lampu dc ke generstor, lampu dc sebagai beban, klaher sebagai penyetabil besi poros. Penelitian dilakukan dengan runtutan perancangan alat, pengujian alat, dan pengambilan data. Hasil dari penelitian ini berupa alat yang dapat menghasilkan tegangan dari gelombang air laut dengan rata-rata tegangan sebesar 5,163 V saat surut dan 12,228 V saat pasang. Tegangan DC tegangan yang dihasilkan mampu menyalakan lampu DC 3 watt sampai 9 watt. Berdasarkan data tersebut maka dapat dikatakan alat bekerja dengan baik dan dapat digunakan.

**Kata Kunci :** *Pembangkit Listrik, Gelombang Laut, Tegangan, Piston*

## **ABSTRACT**

### **PISTON-BASED SEA POWER PLANT (PLTGL)**

**By**

**ARFI SURYANATA**

Piston-Based Ocean Wave Power Plant (Pltgl) research has been carried out. The purpose of this research is to make a tool that can generate electric voltage from sea waves and help develop alternative energy that utilizes sea wave energy. The tools and materials used in this study are turbines to drive generators, generators to convert mechanical energy into electrical energy, floats to help the device stay on the surface of the water, pumps to drive turbines, gears to drive turbines to generators, chains to connect gears on turbine to the gear on the generator, multimeter, iron as a float and piston support, hose as a place for air to flow from the piston to the turbine, cable to connect the dc lamp to the generator, dc lamp as a load, klaher as a stabilizer for the shaft iron. The research was carried out in a sequence of tool design, tool testing, and data collection. The results of this study are in the form of a tool that can generate voltage from seawater waves with an average voltage of 5.163 V at low tide and 12.228 V at high tide. The resulting DC voltage is capable of turning on a 3 watt DC lamp to 9 watts. Based on these data, it can be said that the tool works well and can be used.

**Keywords :** *Power Generation, Ocean Waves, Voltage, Pistons*

**PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT (PLTGL)  
BERBASIS PISTON**

**Oleh**

**ARFI SURYANATA**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul Skripsi : **Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Berbasis Piston**

Nama Mahasiswa : **Arfi Suryanata**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1617041050

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Drs. Amir Supriyanto, M.Si.**  
NIP. 196504071991111001

**Sri Wahyu Suciayati, S.Si., M.Si.**  
NIP. 197108291997032001

**2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA**

**Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**  
NIP. 198010102005011002

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

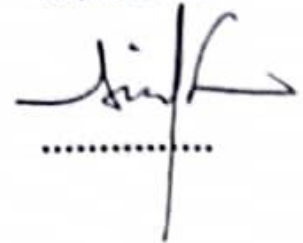
**Ketua : Drs. Amir Supriyanto, M.Si.**



**Sekretaris : Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si**



**Penguji  
Bukan pembimbing : Arif Surtono, S.Si, M.Si, M.Eng.**



**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**  
**NIP. 197110012005011002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 19 Juni 2023**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 20 Juni 2023

A 10,000 Rupiah Indonesian banknote is shown, partially obscured by a black ink signature. The banknote features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA' and 'DIREKTORAT KEPANCASIAN DAN PENGAWASAN PERUBAHAN'. The serial number '023AKX11066005' is visible at the bottom.

**Arif Suryanata**  
NPM. 1617041050

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Arfi Suryanata dilahirkan pada tanggal 25 Desember 1997 di Panjang. Penulis merupakan anak bungsu dari dtiga bersaudara dari pasangan Bapak Suharyanto dan Ibu Asfufah.

Penulis menyelesaikan Pendidikan di SDN 01 Mulyasari pada tahun 2010, SMPN 02 Negeri Agung 2013, SMA Muhammadiyah 1 Metro tahun 2016. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN pada tahun 2016. Selama menempuh pendidikan, penulis tergabung dalam Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai anggota sebagai anggota Sosial Masyarakat (Sosmas) periode 2018.

Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Balai Standardisasi Dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Bandar Lampung dan menyelesaikan laporan PKL dengan judul “Kalibrasi *Waterbath* Tipe WNB19 Dengan Menggunakan *Thermocouple* Balai Standardisasi dan Pelayanan Industri (BSPJI) Bandar Lampung”. Penulis pernah melakukan pengabdian masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung tahun 2022 di Desa Mulya Agung, Kec. Negeri Agung, Kab. Way Kanan. Penulis pernah menjadi Panitia Karya Wisata Ilmiah (KWI) ke-28 pada tahun 2017, Penulis juga menyelesaikan penelitian skripsi di Jurusan Fisika dengan Judul “Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Berbasis Piston”



## **PERSEMBAHAN**

Dengan rasa syukur kepada Allah SWT, skripsi ini ku persembahkan kepada

### **Bapak Suharyanto dan Ibu Asfufah**

Kedua orang tuaku yang telah membesarkan, mendidik,  
mendukung, mendoakan, dan menjadi motivasiku selama ini

### **Meliana Oktavia serta Keluarga**

Selalu memberi semangat dan dorongan kepada penulis

### **Bapak/Ibu Guru dan Bapak/Ibu Dosen**

Terima kasih atas bekal ilmu pengetahuan dan budi pekerti  
yang telah membuka hati dan wawasanku

### **Para sahabat dan teman-teman seperjuangan Fisika FMIPA Unila 2016**

Terima kasih atas kebaikan dan kebersamaan yang kita lalui

Serta almamater tercinta

**“Universitas Lampung”**

## **MOTTO**

Jangan menjelaskan tentang dirimu kepada siapa pun, karena yang menyukaimu tidak butuh itu. Dan yang membencimu tidak percaya itu  
( Ali Bin Abi Thallib )

Sebenarnya apapun tingkahmu, sebaik apapun perilaku hidupmu, kebencian dari manusia itu pasti ada. Jadi jangan terlalu diambil pusing. Terus saja jalan  
( Abdurahman wahid )

Berusaha sekuatnya karena segala sesuatu sudah ada yang menetapkan  
( Arfi Suryanata )

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Berbasis Piston**”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada bidang Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penyajian skripsi ini masih banyak kekurangan dalam penulisan maupun referensi data. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi rujukan untuk penelitian berikutnya agar lebih sempurna.

Bandar Lampung, 20 Juni 2023

Penulis

**Arfi Suryanata**

## SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul “**Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Berbasis Piston.**”.

Penulis menyadari bahwa dalam melakukan penelitian tidak lepas dan dukungan, bimbingan, motivasi serta do'a dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa memberikan bimbingan, saran, motivasi serta ilmunya selama penulisan skripsi.
2. Ibu Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa memberi saran, masukan, dan motivasi dalam penulisan skripsi ini
3. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si, M.Eng. selaku Dosen Penguji yang telah memberi evaluasi dan masukan kepada penulis dalam penulisan skripsi
4. Bapak Agus Riyanto, S.Si., M.Sc selaku Dosen Pembimbing Akademik atas bimbingannya serta saran kepada penulis selama masa kuliah

5. Seluruh Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung, yang sudah memberikan banyak ilmu serta pengalaman kepada penulis selama masa kuliah.
6. Seluruh Staf dan karyawan Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah membantu administrasi penulis selama masa kuliah.
7. Kedua orang tuaku Bapak Alm. Suharyanto dan Ibu Asfufah yang selalu memberikan kasih sayang, membesarkan, mendidik dan bersama kakak ku Ananda Santiyo dan Aria Agustina yang selalu mendoakanku hingga sampai saat ini.
8. Serta keluarga besar ku Pak Wik, Mak Ndut, Bik Tatun, Bik Proh, A'ak, MbK Nur, MbK Lina, MbK Sari, Mas Aris, MbK Asna yang telah mendoakan dan mensupport hingga saat ini
9. Meliana Oktavia dan M. Banyu Kusmanata selaku isteri dan yang selalu memberi semangat, dukungan dan motivasi, serta menjadi tempat diskusi yang baik bagi penulis.
10. Teman-teman dekat, Ridho Prayogi, Isyad Ridho Romadon, M. Gilang Defriza, Dio Aditya, Afrizal Halim, Ari Sutanto, serta teman-teman laki fisika 17 yang selalu memberi motivasi dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
11. Teman-teman seperjuangan Fisika 2016, kakak serta adik tingkat yang telah membantu dan memberikan semangat dalam proses menyelesaikan tugas akhir.
12. Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) yang telah menjadi rumah sekaligus tempat untuk menuntut ilmu keorganisasian.

13. Serta semua pihak yang tidak penulis cantumkan, yang telah memberikan bantuan moril maupun materiil kepada penulis.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dan senantiasa memberi rahmat serta hidayah-Nya kepada kita. Aamiin.

Bandar Lampung, 20 Juni 2023

Penulis

**Arfi Suryanata**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>vii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>x</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xx</b>
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terkait .....	5
2.2 Potensial Energi Laut di Indonesia.....	7
2.3 Definisi Gelombang Laut .....	8

2.4 Proses Terjadinya Gelombang Laut .....	9
2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Gelombang Laut .....	11
2.5.1 Angin .....	11
2.5.2 Batrimetri .....	11
2.5.2.1 Refraksi .....	12
2.5.2.2 Difraksi .....	13
2.5.2.3 Refleksi.....	14
2.6 Piston.....	15
2.7 Gerak Melingkar .....	15
2.8 Turbin .....	17
2.9 Generrator.....	20

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	23
3.2 Alat dan Bahan.....	23
3.3 Prosedur Penelitian.....	24
3.3.1 Perancangan Alat .....	25
3.3.2 perakitan Alat Secara Keseluruhan .....	25
3.3.3 Pengujian Alat.....	26
3.3.3.1 Pengujian Piston.....	26
3.3.3.2 Pengujian Turbin.....	26
3.3.4 Pengambilan Data .....	26

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Realisasi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Berbasis Piston .....	30
4.2 Pengambilan Data .....	38
4.3 Analisis Data .....	41

### **BAB V SIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Simpulan.....	45
5.2 Saran.....	46



**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2.1</b> Desain Rancang Bangun PLTGL OWC Siti Rohmaniatul Adafiah, ArtdhitaFajar Pratiwi dan Saepul Rahmat (2011).....	5
<b>Gambar 2.2</b> Sistem konversi mekanis Pelamis Muhammad Fikry Syach, Muhammad Farras Ayasy dan Novia Safinatunnajah (2020).....	6
<b>Gambar 2.3</b> Ponton lengkap saat akan di uji coba Aidil Zamri, Yusril Mura dan ElvisAdril (2015) .....	7
<b>Gambar 2.4</b> Gelombang air laut (Sumber: Waldopo, 2008).....	8
<b>Gambar 2.5</b> Refraksi gelombang laut (Sumber: Triatmojo, Bambang,1999, “TeknikPantai”, Beta Offset, Yogyakarta) .....	13
<b>Gambar 2.6</b> Difraksi gelombang di belakang rintangan (Sumber: Triatmojo, Bambang,1999, ”Teknik Pantai:, Beta Offset, Yogyakarta).....	14
<b>Gambar 2.7</b> Refleksi gelombang laut (Sumber: Triatmojo, Bambang,1999 ”Teknik Pantai”, Beta Offset, Yogyakarta) .....	15
<b>Gambar 2.8</b> Gerak melingkar (Young dan Roger A.Freedman, 2002) .....	16
<b>Gambar 2.9</b> Kecepatan linier benda pada gerak melingkar (Pauliza, 2008) .....	16
<b>Gambar 2.10</b> Perubahan kecepatan pada titik A dan B (Pauliza, 2008).....	17
<b>Gambar 2.11</b> Wells turbine (Sumber: Studi Perancangan PLTGL Tipe OWC Fixed dengan Katup Masuda di Pantai Bandevalit,Jember 2015)...	18
<b>Gambar 2.12</b> Sistem buka katup masuda (Sumber: Studi Perancangan PLTGL Tipe OWC Fixed dengan katup Masuda di Pantai Bandevalit, Jember. 2015) .....	19
<b>Gambar 2.13</b> Turbin Mc Cormick (Sumber: Studi Perancangan PLTGL Tipe OWC Fixed dengan Katup Masuda diPantai Bandevalit, Jember. 2015) .....	20
<b>Gambar 2.14</b> Prinsip kerja generator (Sumber: US Department of Energy, DOE Fundamentals Handbook Electrical Science Volume 3, 1992) .....	21

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 3.1</b> Rancang data pengukuran tegangan generator .....	27
<b>Tabel 3.2</b> Rancang data daya yang dihasilkan alat .....	28
<b>Tabel 4.1</b> Pengukuran pada saat air laut surut.....	39
<b>Tabel 4.2</b> Pengukuran pada saat air laut pasang.....	39

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi merupakan suatu sumber yang memiliki peran penting bagi kehidupan manusia. Negara Indonesia memiliki berbagai macam energi yang melimpah baik yang bersifat dapat diperbaharui seperti energi air, matahari, angin, biomassa panas bumi dan energi laut. Maupun energi yang tidak dapat diperbaharui seperti batubara, minyak bumi, gas alam dan kandungan energi nuklir pada thorium dan uranium (Fikry Adzikri, 2017). Pada saat ini dalam pemenuhan kebutuhan hidup sebagian besar manusia menggunakan bahan bakar berupa energi yang tidak dapat diperbaharui atau tak terbarukan sebagai sumber utamanya. Namun seiring berjalannya waktu ketersediaan energi tersebut semakin menipis, dan untuk mengantisipasinya energi terbarukan hadir sebagai alternatif terbaik (M.Azhar & Dendy, 2018).

Energi terbarukan mempunyai sumber energi non fosil yang dapat diperbaharui, dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama dan ramah lingkungan. Kebutuhan yang semakin meningkat tersebut tidak dapat diimbangi dengan produksi bahan bakar energi fosil yang tidak dapat diperbaharui selain itu sumber energi yang berasal dari fosil ini semakin menipis persediaannya, sehingga semakin lama akan semakin berkurang. Berbagai upaya dilakukan oleh pemerintah dalam mengatasi permasalahan kekurangan suplai tenaga listrik terutama di daerah terpencil yaitu dengan meningkatkan pengembangan energi listrik yang bersumber pada energi terbarukan, seperti energi angin, energi air, dan energi panas matahari. Salah satu sumber energi terbarukan yang sangat potensial di Indonesia yaitu energi air. Dalam hal ini melalui energi terbarukan yang dikembangkan di

suatu daerah dapat membantu memenuhi kebutuhan energi pada daerah tersebut. Salah satu energi yang dapat digunakan yaitu berasal dari gelombang laut yaitu energi yang berasal dari gerak naik turunnya air yang membentuk grafik *sinusoidal* yang memiliki arah tegak lurus dengan permukaan air laut. Kecepatan angin yang memberikan tenaga gerak air yang menyebabkan terjadinya gelombang (Ludji dkk., 2014).

Gelombang adalah gerakan naik turunnya air laut yang mempunyai prinsip dasar, dimana terjadinya gelombang yaitu “jika ada dua massa benda yang mempunyai perbedaan kerapatan (densitasnya) bergesekan satu sama lain, maka pada bidang geraknya akan terbentuk sebuah gelombang”. Gelombang permukaan menunjukkan adanya suatu energi lautan (Wijaya., 2010).

Energi laut merupakan energi yang dapat dihasilkan dari energi kinetik pergerakan mekanik air laut, perbedaan temperatur air laut serta energi potensial dari perbedaan ketinggian air laut. Energi laut dapat dijadikan energi listrik dengan menggunakan teknologi yang telah berkembang saat ini. Energi yang dihasilkan tersebut merupakan energi terbarukan karena berasal dari proses alam yang berkelanjutan (Kementrian ESDM, 2012).

Sektor perikanan dan kelautan membutuhkan isu energi tersebut agar dapat direalisasikan sebab laut menyimpan potensi yang sangat besar sebagai sumber alternatif yang harus dikembangkan. Energi laut menggambarkan segala bentuk energi terbarukan yang dihasilkan dari pemanfaatan sumber daya laut yang meliputi energi pasang surut, energi gelombang, energi arus laut, angin lepas pantai, energi gradien termal dan energi gradien salinitas (Busaeri, 2011).

Proses perubahan energi mekanik air menjadi energi listrik memanfaatkan prinsip GGL induksi Faraday. Energi listrik melalui GGL induksi Faraday merupakan salah satu energi listrik alternatif yang dapat dihasilkan dengan memanfaatkan magnet yang bergerak dalam kumparan ataupun sebaliknya,

energi penggerak dari GGL induksi dapat diperoleh dari air. Air sebagai energi penggerak akan memutar turbin yang kemudian akan menggerakkan magnet ataupun kumparan sehingga gerakan tersebut akan menghasilkan gaya gerak listrik. Penemuan ini ditemukan oleh Michael Faraday (1791-1867). Energi gelombang laut adalah sumber energi alternatif yang dihasilkan melalui tekanan udara yang terjadi akibat adanya gerakan naik turun gelombang laut. Energi gelombang laut dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik dimana telah beberapa kali dilakukan penelitian dengan beberapa pengujian membuat beberapa jenis alat pembangkit listrik tenaga gelombang laut seperti pelamis, bandul, dan kombinasi piston dengan roda gigi. Beberapa percobaan yang telah dilakukan masih ada beberapa kelemahan yaitu energi listrik yang dihasilkan sangat rendah, untuk itu dilakukan percobaan ini dengan menggunakan model lain yaitu pneumatik tabung silinder (komponen pelampung dan piston). Perancangan dan pembuatan pembangkit listrik tenaga gelombang dengan sistem pneumatik ini diawali dengan membuat model piston menggunakan pelampung. Gerakan pelampung naik dan turun mengikuti gelombang laut sehingga mendorong piston memompa fluida yang berada di dalam tabung piston ke sudu turbin sehingga turbin bergerak. Gerakan berputar turbin diteruskan oleh poros kemudian energi mekanik akan diubah menjadi energi listrik oleh generator. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator kemudian disimpan di dalam baterai dan dapat digunakan untuk kebutuhan listrik seperti menyalakan lampu dan sebagainya. Berdasarkan penjelasan diatas, maka dalam penelitian ini yang akan dilakukan yaitu membahas dan merancang sebuah pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PLTGL) dengan memanfaatkan gelombang air laut pada perairan menggunakan pompa sebagai penggerak turbin dengan memaksimalkan daya yang dihasilkan oleh generator.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mendesain dan membuat alat yang dapat menghasilkan energi listrik dengan sumber gelombang laut?
2. Bagaimana karakteristik sumber gelombang laut?
3. Berapa besar kemampuan daya listrik yang dihasilkan untuk dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merealisasikan sebuah alat yang dapat menghasilkan daya listrik menggunakan sumber gelombang laut.
2. Memanfaatkan energi gelombang laut yang melimpah.
3. Mengetahui karakteristik elektrik alat sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi listrik alternatif.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

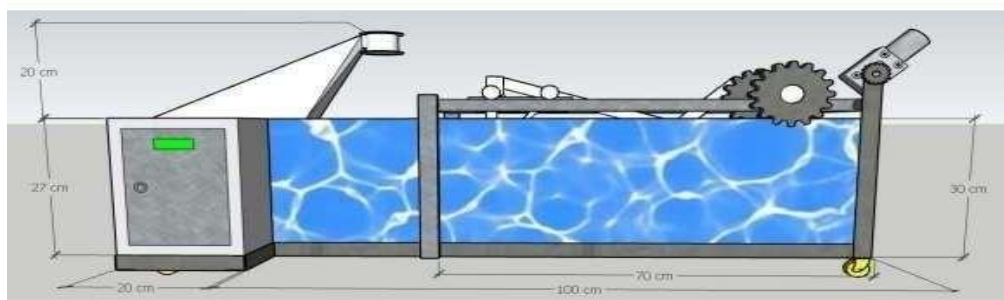
1. Menghasilkan sebuah alat yang dapat menghasilkan energi listrik alternatif dari sumber gelombang laut.
2. Memberikan kontribusi dalam upaya pemerataan energi listrik di daerah pesisir yang dapat digunakan sebagai penerangan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terkait

Rancang bangun pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan sistem *oscillating water column* dalam penelitian Siti Rohmaniatul Adafiah, Artdhita Fajar Pratiwi dan Saepul Rahmat (2021), memanfaatkan gelombang laut untuk dijadikan energi listrik. Komponen-komponen yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah DC *speed regulator*, motor *power window*, turbin angin, generator DC, sensor INA 219, arduino uno R3, dan LCD.

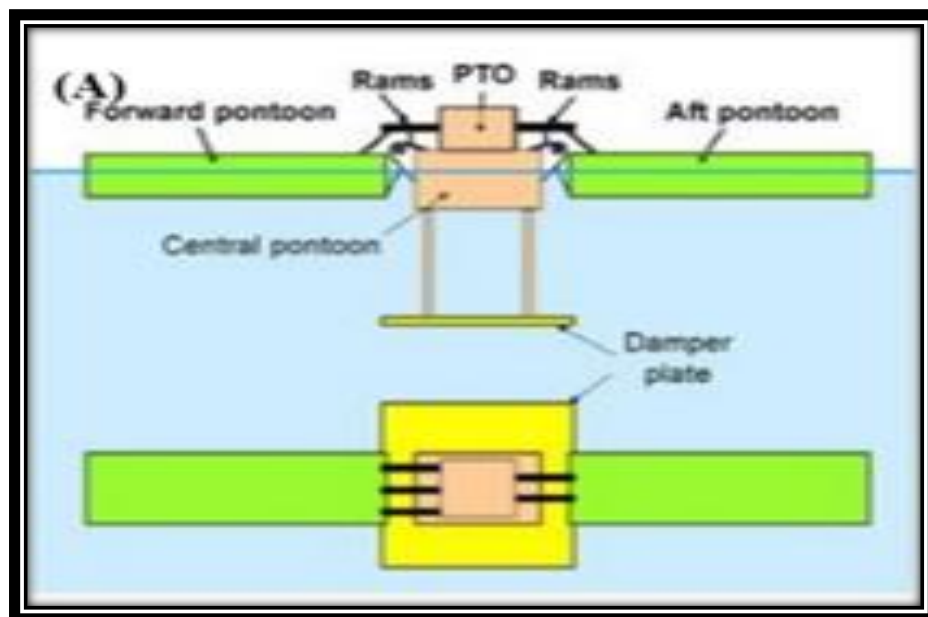
Proses kerja alat dimulai dengan mengatur pwm untuk menggerakkan motor *power window* yang sudah terhubung dengan lengan ombak. Saat lengan ombak bergerak maju mundur maka akan menghasilkan gelombang laut buatan. Gelombang buatan didalam chamber menghasilkan udara bertekanan, udara yang dihasilkan akan dimanfaatkan untuk memutar sudu sudu turbin yang telah terhubung dengan generator sehingga menghasilkan energi listrik. Tegangan dan arus terbesar didapatkan ketika kecepatan angin di chamber mencapai 7,7 m/s dan kecepatan putar puli terbesar yaitu 31,9 rpm pada level air 17 cm adalah sebesar 3,03 V DC dan 6,07 mA.



**Gambar 2.1** Desain Rancang Bangun PLTGL OWC ( Adafiah dkk., 2011).



Penelitian sejenis dilakukan juga oleh Syach dkk (2020) dengan judul Pemetaan Perkiraan Potensi Gelombang Laut Sebagai Pembangkit listrik tenaga Gelombang Laut Dengan Sistem Pelamis Di Perairan Nias, penelitian ini menggunakan data angin yang berasal dari data ERA5 dan ASCAT pada tahun 2019; dengan pengolahan data angin berupa mawar angin menggunakan perangkat lunak WRPlot, peramalan gelombang melalui metode SMB (Sverdrup-Munk-Bretschneider) dan persamaan gelombang menggunakan pemogram IDL, lalu dengan persamaan kerapatan energi gelombang menggunakan konversi energi listrik mass-spring-Damper system di dalam modul Pelamis. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil tinggi dan periode gelombang signifikan diperoleh 0,63 meter dan 4,05 detik, dengan sudut konversi antar-lengan modul Pelamis adalah 46,85o menggunakan Damper spring antara 1,00-1,73 meter, dengan rata-rata rapat daya energi gelombang yang dihasilkan sebesar 82,01 kW/m<sup>2</sup> ; maksimum 299,93 kW/m<sup>2</sup> ; minimum 17,32 kW/m<sup>2</sup>.



**Gambar 2.2** Sistem konversi mekanis pelamis (Syach dkk., 2020).

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Zamri dkk (2015) dengan judul Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Empat Bandul, penelitian ini yang rancang berbentuk ponton kemudian di tempatkan mengapung di atas permukaan air laut, dan PLTGL-SB akan mengikuti arus atau gerak gelombang sesuai dengan frekwensi gelombang laut, lalu menyebabkan posisi PLTGL-SB selalu bergerak terombang ambing sesuai dengan arah gelombang. melalui gerakan terombang ambing ponton yang terjadi terus- menerus menyebabkan ayunan bandul yang akan berubah menjadi putaran generator yang dalam hal ini terdapat empat bandul, sehingga PLTGL-SB mengeluarkan Energi Listrik. Gerakan bandul yang bergoyang dirubah dengan menggunakan sistem trasmisi menjadi putaran yang dapat memutar generator, dan generator yang digunakan adalah jenis putaran rendah 3 Phase AC dengan daya 500 Watt pada putaran 1400 rpm.



**Gambar 2.3** Ponton lengkap saat akan diuji coba (Zamri dkk.,2015).

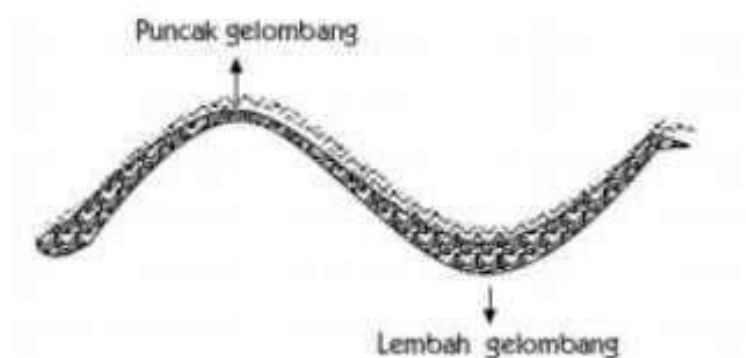
## 2.2 Potensi Energi Laut di Indonesia

Potensi listrik dari energi laut Indonesia telah banyak diteliti dan diperhitungkan oleh berbagai pemangku kepentingan, termasuk perhitungan yang dilakukan oleh Asosiasi Energi Laut Indonesia SELI (Erwandi, 2011). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, potensi-potensi tersebut diklasifikasikan menjadi tiga jenis teknologi konversi energi laut: arus pasang surut, gelombang laut, dan energi

konversi energi panas laut potensi teoritis, teknis, dan praktis. Sumber daya laut yang menawarkan potensi terbesar untuk pengembangan adalah konversi energi panas laut (OTEC), karena memiliki potensi praktis terbesar jika dibandingkan dengan sumber energi laut lainnya. Berdasarkan data yang dipublikasikan oleh P3GL dan ESDM (2011), potensi OTEC di perairan Indonesia mencapai  $5 \times 10^{23}$  joule. Dengan efisiensi konversi 3% dapat menghasilkan listrik sekitar 240.000 MW (Achiruddin, 2011). Mengingat kondisi alam dan letak geografis Indonesia yang memiliki banyak pulau dan selat, energi laut dari segi pembangunan adalah energi arus laut. Letak Laut Indonesia yang berada di antara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia juga memungkinkan arus bergerak dengan kecepatan tinggi. Selain arus pasang surut yang kuat, Laut Indonesia juga sangat kaya akan sumber energi pasang surut dan diperkirakan mampu menghasilkan energi arus pasang surut sebesar 4,8 GW (Derian, 2011).

### 2.3 Definisi Gelombang Laut

Gelombang laut mengubah energi yang terbawa oleh sifatnya yang murni. Menurut Dr. Waldopo, prinsip dasar pembangkitan gelombang laut oleh M.Pd adalah bahwa "ketika dua massa benda bergerak satu sama lain pada kepadatan yang berbeda, gelombang terbentuk pada permukaan yang bergerak". Gelombang adalah gerakan vertikal air laut. Hal ini ditunjukkan pada gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Gelombang air laut ( Waldopo, 2008).

Pada dasarnya pergerakan air laut yang menimbulkan gelombang laut merupakan akibat dari pergerakan angin. Gelombang yang dihasilkan oleh angin ini

dihasilkan oleh transfer energi dari angin ke permukaan laut. Kecepatan angin menciptakan gelombang kecil di permukaan air. Saat kecepatan angin naik, ombak semakin besar, dan saat angin terus bertiup, ombak keluar. Semakin lama dan kuat anginnya, semakin besar ombaknya. Gelombang permukaan adalah gambar sederhana yang menunjukkan bentuk energi laut. 13 Gejala energi gelombang kembali ke fenomena berikutnya. Sebuah benda (objek) yang bergerak pada atau dekat permukaan dan menghasilkan gelombang dalam siklus kecil energi kecil. Angin adalah sumber utama gelombang laut. Gelombang seismik yang menyebabkan gelombang badai dan tsunami. Contoh dari gempa bumi turbulensi adalah gempa bumi. Medan gravitasi Bumi dan Bulan menyebabkan gelombang besar, terutama air pasang.

#### **2.4 Proses Terjadinya Gelombang Laut**

Gelombang adalah bentuk muka air laut yang berupa punggung atau palung gelombang dan palung atau lembah gelombang akibat gerak ayun (*oscillatory movement*) disebabkan oleh hembusan angin, letusan gunung berapi, longsor di dasar laut, atau pergerakan kapal. (Sunnarto, 2003). Gelombang memiliki dimensi sebagai berikut: periode gelombang, panjang gelombang, tinggi gelombang, dan kecepatan gelombang.

Periode (T) gelombang adalah waktu tempuh antara dua punggung atau lembah gelombang yang berurutan pada suatu titik tetap (dalam detik). Panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal dalam meter antara dua punggung bukit atau lembah yang berurutan. Tinggi gelombang (H) adalah jarak vertikal dalam meter antara puncak gelombang dan lembah gelombang. Kecepatan gelombang (C) adalah kecepatan rambat gelombang dan dapat diperoleh dengan membagi panjang gelombang (L) dengan periode gelombang (T) atau  $C = L/T$ . Holthuijsen (2007) menggambarkan pergerakan air laut sebagai gelombang naik dan turun dalam arah tegak lurus terhadap permukaan laut, membentuk sinusoidal/grafik. (Nichols et al., 2009) menjelaskan bahwa gelombang timbul dari gaya pembangkit yang bekerja di laut. Gelombang yang ditimbulkan di laut dapat dibedakan menjadi beberapa jenis menurut gaya pembangkitnya, dan gaya

pembangkit tersebut terutama disebabkan oleh angin, gaya gravitasi bumi, bulan, matahari, atau yang biasa disebut tsunami dan gempa bumi.

Gelombang laut adalah perubahan energi yang sederhana, energi ini telah dimiliki dari permulaan. Sumber energi gelombang laut karena beberapa fenomena di bawah ini:

1. Pergerakan dari permukaan air laut dikarenakan gelombang dengan periode rendah dari energi yang rendah;
2. Angin berhembus dilaut yang menghasilkan riak dan ombak yang teratur;
3. Tsunami yang disebabkan gangguan pada aktivitas pergerakan lempengan bumi;
4. Gravitasi matahari dan bulan yang mengakibatkan terjadinya ombak.

Ada dua jenis gelombang yang dilihat dari sisi alami: gelombang yang membentuk pantai (*constructive wave*) dan gelombang yang tidak membentuk pantai (*deconstructive wave*). Ini termasuk gelombang pembentukan pantai yang ditandai dengan ketinggian rendah dan kecepatan rendah propagasi. Saat ombak pecah di pantai, material yang diangkut tetap berada di pantai (deposit). NS. Ketika arus balik gelombang pecah menembus pasir atau sedimen perlahan mengalir kembali ke laut. Gelombang yang tidak membentuk pantai biasanya memiliki ketinggian dan kecepatan rambat yang tinggi (sangat tinggi). Air yang bersirkulasi memiliki lebih sedikit waktu untuk menembus pasir. Saat ombak kembali dan menghantam pantai, sejumlah besar air mengumpulkan material pantai dan membawanya ke tengah laut dan ke tempat lain.

## 2.5 Faktor yang Mempengaruhi Gelombang Laut

### 1. Angin

Angin merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi timbulnya gelombang laut, dan angin mempengaruhi tinggi dan lama timbulnya gelombang laut. Gelombang laut normal (*swell*) tergantung pada:

- a. Kecepatan angin;
- b. Durasi angin;

c. Panjang daerah persentuhan angin dengan permukaan air laut (panjang *fetch*).

Ketiga faktor di atas terutama menentukan tinggi dan lama gelombang normal laut (Ardianto, 2013). Ketika angin bertiup dengan kecepatan konstan, ketinggian gelombang meningkat, mirip dengan periode gelombang laut. Setelah itu, daerah tempat terjadinya gelombang laut berada jauh dari pantai, sehingga gelombang laut menyebar secara teratur dari jarak beberapa ratus meter. Gelombang laut berkurang tinggi di sepanjang jalan, tetapi durasi gelombang bertambah (Ardianto, 2013).

## 2. Batimetri

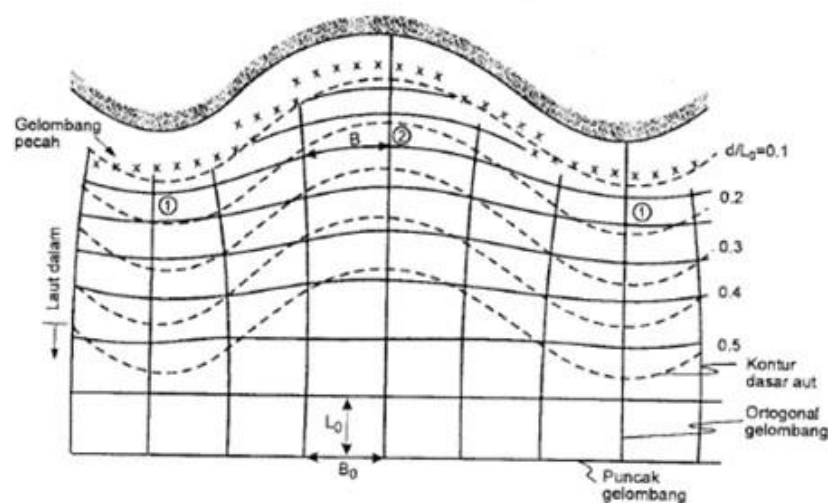
Batimetri (berasal dari bahasa Yunani: *βαθος* yang berarti "kedalaman", *μετρον* yang berarti "pengukuran") adalah studi kedalaman dalam air dan studi dari tiga dimensi lantai laut atau danau. Batimetri juga didefinisikan sebagai penjelasan tentang undulasi dasar laut dan perbedaan penampilan dan karakteristik dasar laut. Daerah (Nontji, 1987). Batimetri terdiri dari dua suku kata, "*Bathy*" yang berarti kedalaman dan "*Metry*" yang berarti ilmu pengukuran. Oleh karena itu, istilah survei dangkal dapat diartikan secara harfiah sebagai ukuran kedalaman dasar laut, baik dari segi elevasi dasar laut maupun kedalaman dasar laut. Ini adalah sumber informasi dan penjelasan tentang dasar laut dan struktur laut (Anugrah, 2021). Survei dangkal (*bathos*: depth, *measurement*: measurement) mengukur kedalaman laut dan memetakan dasar laut berdasarkan kondisi dan topografi dasar laut (Thurman, 2004). Bagan batimetri sendiri dapat diartikan sebagai peta yang menunjukkan bentuk komposisi dasar laut dengan nilai kedalaman numerik dan garis kontur.

### a. Refraksi

Refraksi adalah pembelokan arah rambat gelombang, baik secara fisika maupun elektromagnetik. Hal ini dapat terjadi ketika gelombang melewati antarmuka antara dua media dengan indeks bias yang berbeda. Indeks bias menunjukkan kepadatan medium. Misalnya, cahaya merambat dari udara ke air, yang membelokkan arah rambatnya. Refraksi gelombang laut disebabkan oleh perbedaan

kedalaman laut. Di perairan dalam, pembiasan tidak mempengaruhi jalannya gelombang laut, tetapi di laut dangkal dan sementara, gelombang laut dipengaruhi oleh dasar laut. Di perairan dangkal dan laut transisi, ketika Anda melihat garis puncak, puncak di perairan dangkal menyebar lebih lambat daripada di laut dalam, jadi cobalah untuk mencocokkan kontur dasar laut. Fenomena ini dapat diibaratkan seperti cahaya yang melewati dua media dengan massa jenis yang berbeda .

Karena kecepatan gelombang laut melambat karena kedalaman laut, panjang gelombang juga berkurang secara linier. Di bagian atas gelombang, kecepatan rambat gelombang bervariasi, membentuk sudut konstan terhadap kontur dasar laut. Refraksi dan pendangkalan gelombang (*wave shoaling*) akan dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Refraksi memiliki dampak yang signifikan tidak hanya pada ketinggian dan arah gelombang, tetapi juga pada distribusi energi gelombang di sepanjang pantai. Pembiasan mengubah arah gelombang dan menyebabkan konvergensi (penutupan) atau divergensi (perambatan) energi gelombang dan mempengaruhi energi gelombang yang mencapai pantai.

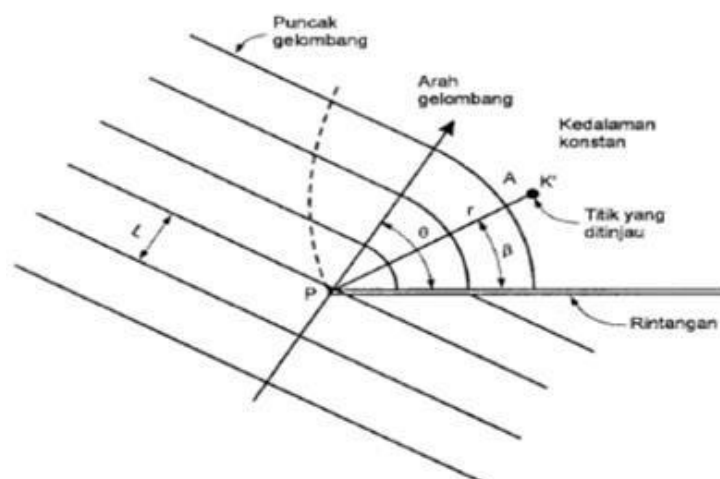


**Gambar 2.5** Refraksi gelombang laut ( Triatmojo dan Bambang,1999)

Jika Anda perhatikan gambar di atas, Anda dapat melihat puncak gelombang berubah sesuai dengan kontur dasar laut dan garis pantai. Gelombang ortogonal merambat dalam arah tegak lurus terhadap kontur. Di titik 1, garis gelombang ortogonal bertemu dan di titik garis ortogonal mengembang. Energi antara dua garis ortogonal adalah konstan. Pada lokasi 1 energi yang terkandung lebih besar daripada lokasi karena jarak antar garis orthogonol pada lokasi 1 lebih pendek dibandingkan lokasi 2.

#### b. Difraksi

Ketika gelombang yang datang dihalangi oleh suatu rintangan, gelombang tersebut mengitari ujung rintangan dan memasuki kawasan lindung di belakangnya. Fenomena ini disebut difraksi gelombang. Dengan difraksi, energi ditransfer dalam arah tegak lurus terhadap rambat gelombang radio ke daerah yang dilindungi, dan tanpa difraksi gelombang di belakang penghalang akan tenang. Namun karena difraksi, daerah ini dipengaruhi oleh gelombang yang datang. Perpindahan energi ke kawasan lindung menyebabkan terjadinya gelombang di kawasan tersebut .

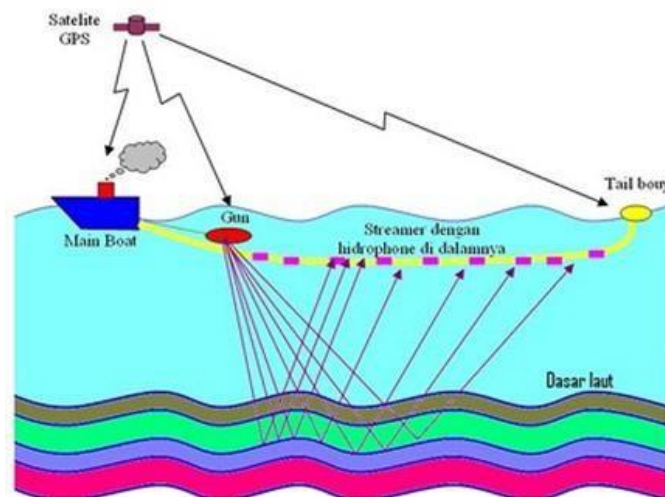


**Gambar 2.6** Difraksi gelombang di belakang rintangan ( Triatmojo dan Bambang,1999)



### c. Refleksi

Saat gelombang laut membentur rintangan vertikal misalnya dinding pantai, tenaga ombak tadi akan diserap sebagian sang dinding pantai bila dinding tadi keropos. Tetapi keadaan sebenarnya merupakan, tenaga nir diserap melainkan dipantulkan, maka refleksi merupakan pemantulan tenaga gelombang dampak membentur rintangan.



**Gambar 2.7** Refleksi gelombang laut (Triatmojo, Bambang, 1999).

## 2.6 Piston

Untuk menyiapkan udara terlebih dahulu harus diketahui konsumsi udara pada sistem. Pada tekanan kerja, diameter piston dan langkah tertentu, konsumsi udara dihitung sebagai berikut:

Kebutuhan udara = perbandingan kompresi x luas penampang piston x panjang langkah

Perbandingan kompresi =  $1,031 + \text{tekanan kerja (bar)} / 1,031$

Untuk mempermudah dan mempercepat dalam menentukan kebutuhan udara, tabel dibawah ini menunjukkan kebutuhan udara per centimeter langkah piston untuk berbagai macam tekanan dan diameter piston silinder. (Al Antoni.2009)

- Silinder kerja tunggal :

$$Q = s.n.q \quad (2.1)$$

- Silinder kerja ganda :

$$Q = 2 \quad (2.2)$$

Keterangan (s.n.q) :

$Q$  = Kebutuhan udara silinder (l/min);

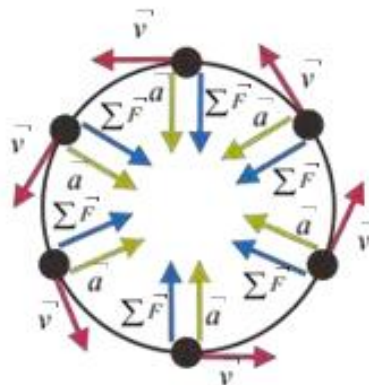
$q$  = Kebutuhan udara per centimeter langkah piston;

$s$  = Panjang langkah piston (cm);

$n$  = Jumlah siklus kerja per-menit.

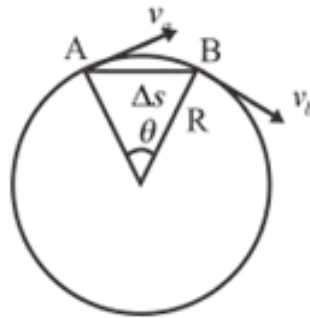
## 2.7 Gerak Melingkar

Gerak melingkar merupakan gerak sebuah benda yang menempuh lintasan berbentuk lingkaran seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.8**.



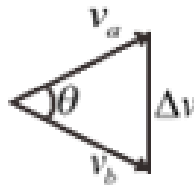
**Gambar 2.8** Gerak melingkar (Young dan Roger A. Freedman, 2002).

Kecepatan gerak melingkar selalu berubah. Perubahan tersebut terjadi karena arahnya selalu berubah sedangkan besar kecepatannya tetap. Perubahan arah kecepatan timbul karena adanya percepatan yang arahnya ke pusat dan selalu tegak lurus dengan arah kecepatan liniernya. Percepatan ini dinamakan percepatan sentripetal ( $a_{sp}$ ) atau percepatan radial ( $a_r$ ) seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.9**.



**Gambar 2.9** Kecepatan linier benda pada gerak melingkar (Pauliza, 2008).

Kecepatan linier di A dan di B sama, sedangkan kecepatan di A dan di B tidak sama karena arah kecepatan di A dan di B berbeda. Jika titik tangkap kecepatan di A dan di B disatukan seperti pada **Gambar 2.10**.



**Gambar 2.10** Perubahan kecepatan pada titik A dan B (Pauliza, 2008).

Maka akan didapatkan persamaan:

$$\frac{\Delta s}{R} = \frac{\Delta v}{v} \text{ atau } \Delta v = \frac{v}{R} \Delta s \quad (2.3)$$

Karena perubahan  $\Delta s$  terjadi pada selang waktu yang sama, misalkan  $\Delta t$  maka:

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} \times = \frac{v}{R} \cdot \frac{\Delta}{\Delta} \quad (2.4)$$

Telah diketahui bahwa  $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \alpha$  dan  $\frac{\Delta s}{\Delta t} = v$  maka percepatan sentripetal dapat dinyatakan dengan:

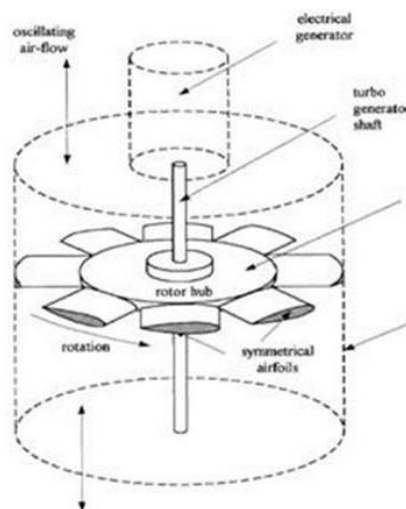
$$\alpha_r = \frac{v^2}{R}. \quad (2.5)$$

Dimana  $v$  merupakan laju dan  $R$  merupakan jari-jari lingkaran. Gerak melingkar sama seperti halnya seluruh gerak partikel lainnya, diatur oleh hukum kedua Newton. Percepatan partikel tersebut menuju pusat lingkaran pasti disebabkan oleh sebuah gaya atau beberapa gaya sehingga arahnya selalu tertuju ke pusat lingkaran (Young dan Roger A. Freedman, 2002).

## 2.8 Turbin

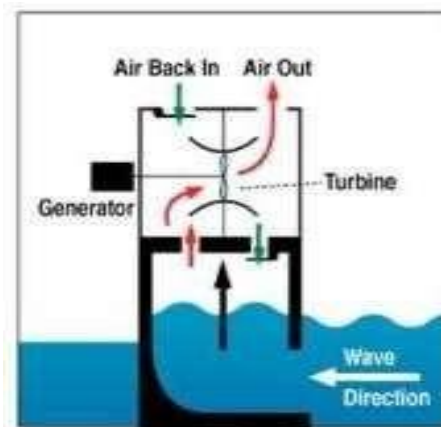
Turbin Pada prinsipnya, turbin bertindak sebagai “penerima energi”. Artinya, dibutuhkan energi (secara kinematik) dari angin dan mengubahnya menjadi energi lain yang dapat digunakan seperti listrik. Angin yang masuk mengenai bilah kipas (blade) turbin angin, dan bilah kipas berputar. Selanjutnya baling-baling kipas berputar untuk memutar generator. Turbin Pada prinsipnya, turbin bertindak sebagai “penerima energi”. Artinya, dibutuhkan energi (dinamis) dari angin dan mengubahnya menjadi energi lain yang dapat digunakan seperti listrik. Angin yang masuk mengenai bilah kipas (blade) turbin angin, dan bilah kipas berputar. Kemudian sayap kipas akan memutar memutar generator. Macam – macam turbin yang digunakan pada Oscillating Water Column antara lain:

- a. Wells Turbin adalah turbin yang umum digunakan yang ditemukan oleh Dr. A.wells pada tahun 1976. Turbin ini banyak digunakan karena strukturnya yang sederhana dan perawatannya yang mudah. Turbin ini dapat berputar satu arah, tetapi arah angin yang menerpa turbin berbeda. Efisiensi turbin ini berkisar antara 0,4 hingga 0,7.



**Gambar 2.11** Wells turbine (Priandoko, 2015).

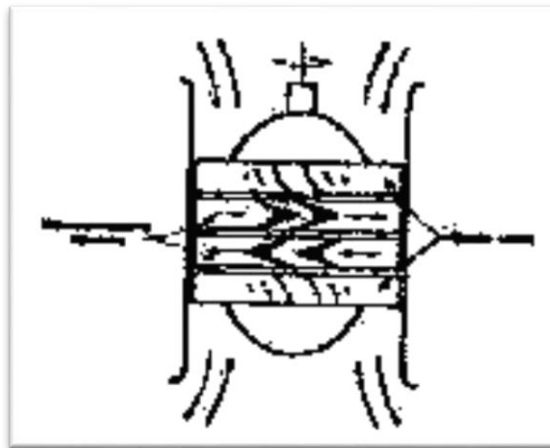
- b. Turbin Masuda Penggunaan turbin baling-baling dengan beberapa katup on-off. Turbin udara putar satu arah dengan saluran udara. Masuda menemukan cara untuk mengubah energi perubahan tekanan atmosfer dengan turbin baling-baling dan katup on-off. Ketika tekanan udara naik atau gelombang naik, katup kiri bawah terbuka, tekanan udara memutar turbin dari bawah, dan katup kanan atas terbuka untuk melepaskan tekanan udara. Di sisi lain, ketika gelombang ke bawah dihasilkan, udara ditarik dari katup kiri atas yang terbuka, aliran udara memutar pipa dari kiri, turbin berputar ke arah pertama, katup kanan bawah terbuka dan tekanan diterapkan. meningkatkan menghirup. Efisiensi untuk turbin ini berkisar 0,8 sampai 0,85. (Priandoko, 2015).



**Gambar 2.12** Sistem buka tutup katup Masuda (Priandoko, 2015).

- c. Turbin Mc.Cormick Penemu lain adalah Mc.Cormick, yang menggunakan teknik yang disebut sifat penyembuhan diri. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 Saat tekanan udara mengalir ke kiri, sehingga memutar bilah turbin yang lebih rendah, yang pada gilirannya menggerakkan rotor utama. Rotor ini kemudian bertindak sebagai stator bergerak yang menggerakkan rotor kedua yang bergerak berlawanan arah dengan yang pertama. Sebaliknya, ketika tekanan udara berubah arah, maka berubah arah (Rahmatuloh, 2013). Efisiensi turbin ini sekitar 0.850.9. Mc Cormick merupakan turbin pulsa radial dibandingkan dengan turbin aliran aksial,

yang memiliki beberapa keunggulan antara lain kemudahan dalam pembuatannya, karena rotor turbin dibuat dengan profil kompresi dan sudu sudu yang lebih mudah dibentuk dibandingkan sudu Masoud. Namun, jenis turbin ini memiliki kelemahan dalam pengendalian kebisingan dan efisiensi yang rendah, dan studi yang dilakukan hanya bersifat eksperimental dan tidak ada data yang dapat diperoleh tentang laju aliran di dalam turbin. Laju aliran fluida dalam turbin tergantung pada beberapa faktor, salah satunya adalah kebocoran aliran ujung (*tip flow leakage*), dan interaksi penting ditunjukkan dalam "*Tip Clear Effect on the Flow Pattern of a Radial Impulse Turbine for Wave Energy Conversion*". (University of Valladolid, Valladolid, Spanyol), mengurangi celah ujung sebesar 1% tidak meningkatkan efisiensi, tetapi fokus diskusi bukan pada ini, tetapi pada efek celah ujung pada pola aliran bahwa ada tiga pola aliran yaitu, rotor saluran masuk di mana sebagian besar aliran fluida dipengaruhi oleh gerakan gesekan antara bodi dan ujung sudu. Efek ini melemahkan pola aliran di wilayah kedua, wilayah chord tengah. Zona ketiga terletak di dalam turbin itu sendiri dan laju alirandi zona ini sangat tergantung pada perbedaan tekanan antara sisi *suction* dan *pressure*.

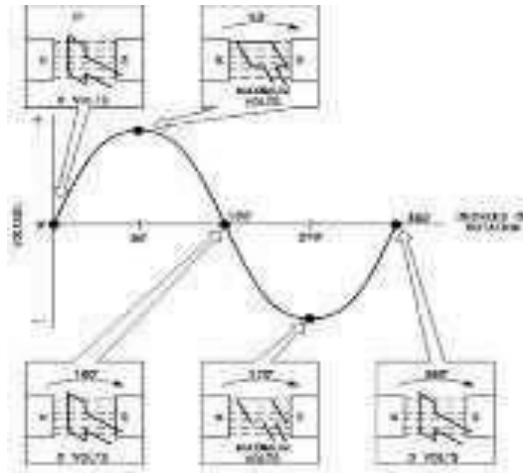


**Gambar 2.13** Turbin Mc Cormick (Priandoko, 2015).

## 2.9 Generator

Generator digunakan untuk mengubah energi mekanik turbin menjadi energi listrik. Generator ini disebut konverter energi. Jenis generator yang digunakan dalam PLTGL adalah metode generator induksi yang mengubah motor induksi menjadi generator. Ini lebih tahan lama, andal, lebih murah dan membutuhkan lebih sedikit perawatan. Meskipun bahan bakar diperlukan untuk aplikasi lapangan, namun sangat bergantung pada energi terbarukan seperti air dan tenaga angin sebagai mesin utama. Tegangan dan arus yang dihasilkan ditransmisikan melalui kabel jaringan listrik untuk digunakan oleh masyarakat umum. Tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator ini berupa arus bolak-balik (alternating current).

Cara Kerja Generator Generator berdasarkan hukum Faraday. Dengan kata lain, ketika sebuah konduktor berputar dalam medan magnet dan memotong garis medan magnet di ujung konduktor, sebuah GGL (garis gaya listrik) dibuat dan memiliki satuan volt. Pada Gambar 2.7, kumparan berputar dalam medan magnet. Pada posisi  $0^\circ$ , kumparan tidak menghalangi fluks magnet dan induksi tidak terjadi pada posisi ini. Kumparan berputar pada posisi  $90^\circ$ , dimana kumparan menghalangi fluks magnet dan tegangan induksi maksimum terjadi pada arah positif. Kumparan dikembalikan lagi ke posisi  $180^\circ$ , di mana kumparan tidak menghalangi fluks magnet dan tidak terjadi induksi. Gulungan dapat diputar  $270^\circ$ . Kumparan kembali memblokir fluks magnet, menghasilkan tegangan induksi, tetapi dalam arah negatif. Saat kumparan berputar lagi dengan kecepatan konstan menuju posisi  $360^\circ$ , tidak ada induksi karena kumparan tidak mengurangi fluks magnet. Hukum Faraday: Perubahan garis medan magnet dalam kumparan dengan konduktor menciptakan gaya gerak listrik (GGL) dalam kawat. Ketika kumparan kawat dihubungkan ke rangkaian listrik tertutup, arus listrik juga mengalir dalam rangkaian.



**Gambar 2.14** Prinsip kerja generator (US Department of Energy, DOE  
Fundamentals Handbook Electrical Science Volume 3, 1992)

Frekuensi 50 Hz dan 60 Hz biasanya digunakan. Untuk menjaga agar frekuensi tegangan AC tetap konstan, penggerak mula harus memutar poros rotor konstan, sehingga generator disebut mesin sinkron. Keadaan sinkron ini sangat dipengaruhi oleh beban yang dirasakan dan dipengaruhi oleh beban impak. (Albianto, 1992.)



### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Pengambilan data dilakukan di Dusun Sebalang, Desa Tarahan, Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan pada bulan Februari 2022 sampai dengan Juli 2022.

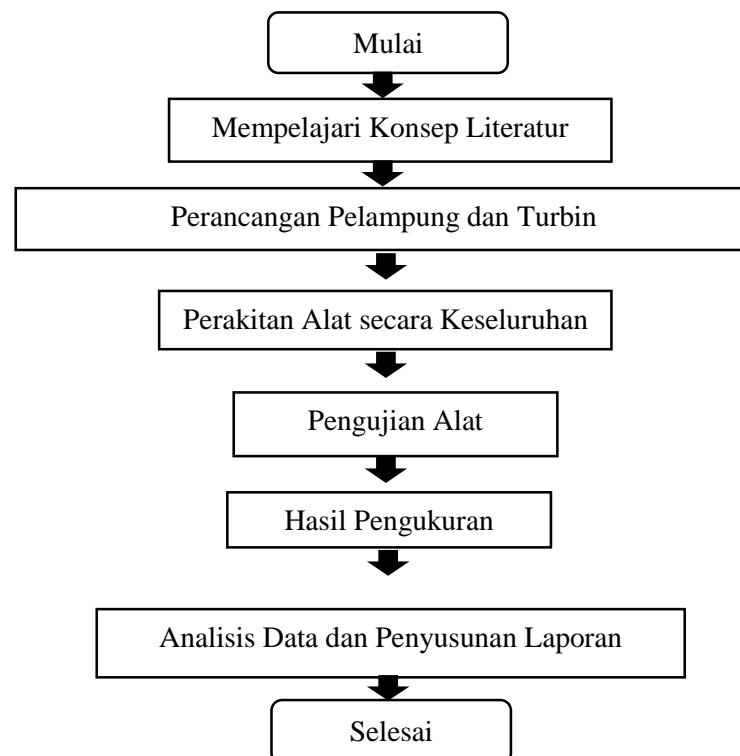
#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang akan digunakan dalam merealisasikan sistem pembangkit listrik tenaga gelombang laut ini adalah sebagai berikut:

1. Turbin sebagai penggerak generator
2. Generator sebagai pengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik
3. Pelampung sebagai membantu alat agar tetap di permukaan air
4. Pompa sebagai penggerak turbin
5. Gear sebagai penggerak turbin ke generator
6. Rantai sebagai penghubung gear pada turbin ke gear pada generato
7. Multimete
8. Besi sebagai penyangga pelampung danpisto
9. Selang sebagai tempat mengalirnya udara dari piston ke turbin
10. Kabel sebagai penghubung lampu DC ke generstor
11. Lampu DC sebagai beban
12. Klaher sebagai penyetabil besi poros

### 3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan memisahkan rancangan penelitian ke dalam 4 tahap. Diantaranya ialah mencari bahan literatur yang berhubungan dengan teori tentang pelampung, teori tentang turbin, teori tentang generator, teori fluida, aplikasi rangkaian *joule thief* dan mempelajari parameter-parameter utama yang akan diimplementasikan dalam pembuatan alat. Selanjutnya dilakukan perancangan alat dengan pelampung sebagai penggerak piston dengan memanfaatkan gelombang, lalu piston sebagai penggerak angin ke arah turbin yang akan membuat generator bergerak sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Kemudian dilanjutkan dengan perakitan komponen menjadi rangkaian penyearah, rangkaian *joule thief* dan modul *charger controller* sebagai pengendali pengisian pada baterai. Setelah itu, dilakukan perakitan alat secara keseluruhan kemudian melakukan pengambilan data. Tahapan tersebut lebih rinci dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.

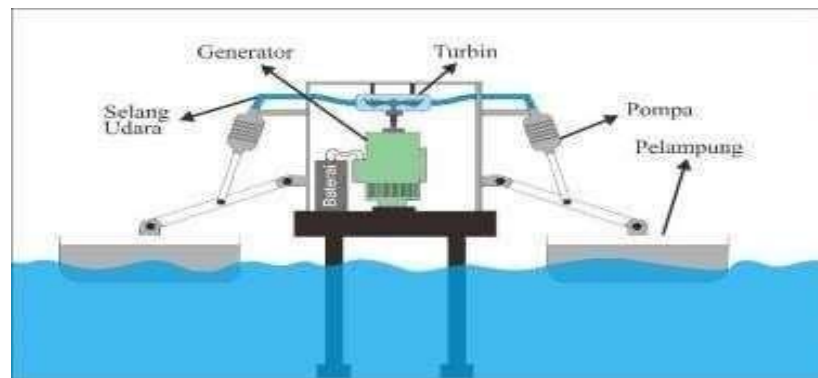


**Gambar 3.1** Diagram Alur Penelitian

Berdasarkan **Gambar 3.1** dapat dijelaskan proses tahapan kerja secara keseluruhan sebagai berikut.

### 3.3.1 Perancangan Alat

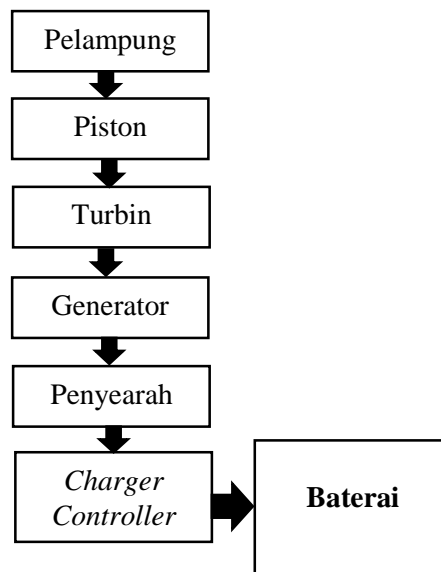
Rancangan alat pembangkit listrik tenaga gelombang laut, yang terdiri dari berbagai alat yang akan digunakan yaitu piston, pelampung, turbin, generator, baterai, modul charger dan rangkaian penyearah.



**Gambar 3.2** Perancangan Alat Pembangkit listrik Tenaga Gelombang Laut

### 3.3.2 Perakitan Alat Secara Keseluruhan

Setelah seluruh alat selesai, kemudian dilakukan perakitan alat secara keseluruhan yang terdiri dari turbin dan generator, yang dihubungkan dengan menggunakan gear dan rantai agar generator berputar, kemudian kabel pada generator dihubungkan dengan beban berupa lampu DC 12 Volt. Perakitan alat secara keseluruhan dapat dilihat pada **Gambar 3.9**.



**Gambar 3.3** Diagram blok alat

### 3.3.3 Pengujian Alat

Untuk memastikan bahwa sistem ini berjalan sesuai dengan perencanaan, maka perlu dilakukan suatu pengujian. Pengujian alat meliputi beberapa bagian sebagai berikut.

#### 3.3.3.1 Pengujian Piston

Pengujian piston bertujuan agar memastikan bahwa angin yang di piston akan keluar dengan baik ke selang sehingga turbin dapat bergerak dengan sempurna.

#### 3.3.3.2 Pengujian Turbin

Pengujian turbin dilakukan dengan cara memasang pada generator lalu memastikan angin yang keluar dari selang mampu menggerakkan turbin. Apabila turbin berputar dengan baik maka dapat digunakan pada alat.

### 3.3.4 Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini berupa tegangan hasil generator

dengan variasi pasang surut air laut, tegangan dan arus pengisian pada baterai pada masing-masing variasi debit air yang digunakan, lama waktu pengisian, serta daya yang dihasilkan dari alat. Proses pengambilan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### 3.3.5.1 Tegangan Hasil Generator

Pengambilan data tegangan generator dilakukan pada waktu pasang surut gelombang air laut. Kemudian menentukan tinggi gelombang air laut pada saat pasang dan surut air laut. Setelah itu, generator dihubungkan dengan turbin yang bergerak dan dicatat tegangan keluarannya menggunakan multimeter. Pengukuran dilakukan sebanyak 2 kali pengulangan pada saat air laut pasang dan surut. Data pengukuran kemudian dicatat dalam tabel pengamatan seperti pada **Tabel 3.1**.

**Tabel 3.1** Rancangan data pengukuran tegangan generator

Pengambilan Data Ke-	Gelombang Pasang	Gelombang Surut
1		
2		
3		
4		
5		

#### 3.3.5.2 Daya Hasil Alat

Data pengamatan daya yang dihasilkan oleh alat diperoleh dengan cara mengukur arus dan tegangan yang dihasilkan oleh alat setelah baterai terisi penuh menggunakan multimeter. Pengukuran dilakukan setiap 5 menit sekali menggunakan beban lampu 3 *watt* sampai lampu tidak menyala. Kemudian untuk memperoleh nilai daya yang dihasilkan, arus dan tegangan yang telah diukur dimasukkan dalam Persamaan 3.1.

$$W = V.i \quad (3.1)$$

dengan:

$W$  = Daya (*Watt*)

$V$  = Tegangan (*Volt*)

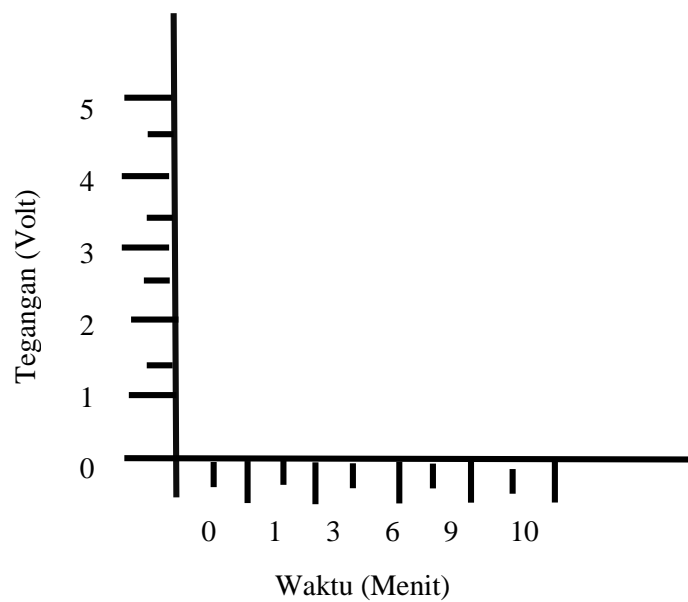
$i$  = Arus (*Ampere*)

(Thompson, 2006).

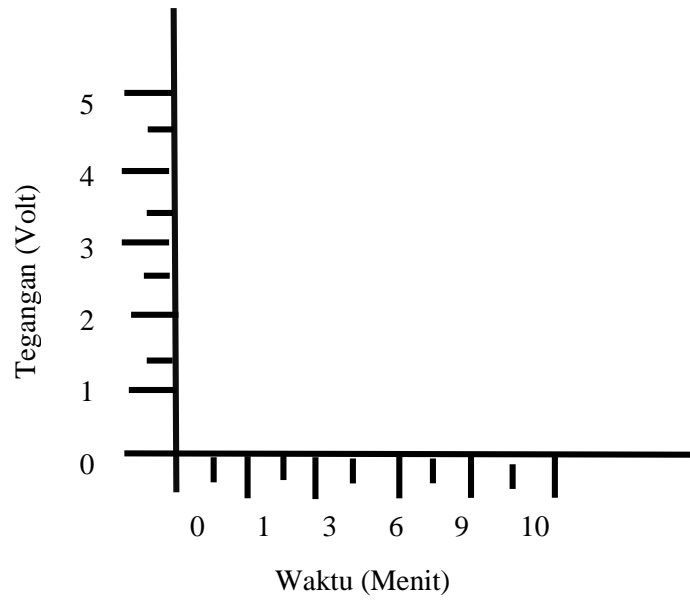
Data hasil pengukuran kemudian dicatat seperti pada **Tabel 3.2**.

**Tabel 3.2** Rancangan data daya yang dihasilkan alat

Menit	Daya
Ke-	(W)
1	
5	
10	
15	
20	



**Gambar 3.4** Rencana grafik pengukuran pada air laut pasang



**Gambar 3.5** Rencana grafik pengukuran pada saat air laut surut

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Rancang bangun pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PTLGL) berbasis piston dapat berjalan dengan baik ditunjukkan dengan pompa mampu bekerja ketika terkena ombak dan mampu mengeluarkan angin. Multimeter dapat mengukur tegangan dengan bergeraknya turbin yang memutar generator saat terkena gelombang.
2. Gelombang laut yang dimanfaatkan memiliki titik terendah dan tertinggi pada saat pengambilan data ketika air laut surut didapatkan yaitu 24,3 cm dan 25,3 cm serta ketika air laut pasang didapatkan 48,4 cm dan 49,8 cm.
3. Daya yang dihasilkan dari keluaran generator rata-rata tegangan sebesar 5,163 V saat surut dan 12,228 V saat pasang dengan tegangan DC mampu menyalakan lampu DC 3 watt sampai 9 watt



## 5.2 Saran

Untuk pengembangan dan penyempurnaan penelitian selanjutnya, maka disarankan sebagai berikut.

1. Untuk tinggi gelombang laut yang ada dilampung ketinggian nya kurang maksimal untuk penggerak pompa bergerak maksimal
2. Penelitian selanjutnya sebaiknya lebih memaksimalkan pada permanen alat yang mampu bekerja lebih baik dan gelombang laut yang lebih tinggi.
3. Penelitian selanjutnya lebih memaksimal daya dorong dari pompa agar kecepatan angin yang keluar dari pompa dapat lebih maksimal untuk membuat turbin berputar kencang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achiruddin, D. 2011. Energi Laut, bahan presentasi dalam Workshop Arus Laut (2011).
- Adzikri, F. (2017). Strategi pengembangan energi terbarukan di Indonesia. *Jurnal Online Mahasiswa (Jom) Bidang Teknik Elektro*, 1(1).
- Adafiah, S. R., Pratiwi, A. F., & Rahmat, S. (2021). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Sistem Oscillating Water Column. *Infotekmesin*, 12(1), 42-49.
- Aminuddin, J. (2015). Persamaan Energi untuk Perhitungan dan Pemetaan Area yang Berpotensi untuk Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut. *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 9(1), 9-16.
- Anugrah, F. (2021). Studi Batimetri dan Morfologi Dasar Laut di Perairan Pantai Galesong Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin)
- Aufa, A., Rubiono, G., & Mujianto, H. (2016). Pengaruh Rasio Diameter Pipa Terhadap Perubahan Tekanan Pada Bernoulli Theorem Apparatus. *V-MAC (Virtual of Mechanical Engineering Article)*, 1(1).
- Ardianto. 1996. Studi Pemanfaatan Energi Gelombang Laut Untuk Pembangkit Listrik Tipe Taper Channel di Baron, Yogyakarta. Surabaya : s.n., 1996.
- Azhar, M., & Dendy. (2018). Implementasi kebijakan energi baru dan energi terbarukan dalam rangka ketahanan energi nasional. *Administrative Law and Governance Journal*, 1(4), 398-412.
- Busaeri. 2011. Aspek Penting dalam Pengembangan Teknologi Energi Kelautan (Ocean Energy Device).
- Derian, D. (2011). Pengembangan Energi Laut. Jakarta.
- D. Young, Hugh dan Roger A. Friedman, Fisika Universitas (Terjemahan) Jilid.1, Jakarta: Erlangga, 2002
- Hantoro, R., Utama, I.K.A.P., Erwandi, E. (2011). Investigasi eksperimental turbin arus laut sumbu vertikal pitch variabel pasif. *Jurnal Ilmu Teknik dan Teknologi*, 43(1), 27-40.

- Holthuijsen, L.H. (2007). Pertumbuhan gelombang air dangkal umum dari Danau George. *Jurnal teknik jalur air, pelabuhan, pesisir, dan kelautan*, 133(3), 173-182.
- Firdausy, K., Daryono, D., & Yudhana, A. (2008). Webcam Untuk Sistem Pemantauan Menggunakan Metode Deteksi Gerakan. In *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)* (Vol. 1, No. 1).
- Hidayati, N. (2017). *Dinamika pantai*. Universitas Brawijaya Press.
- Kementrian ESDM. (2012). *Rencana Induk Pengembangan Energi Baru Terbarukan (RIPEBAT) 2010-2025*.
- Kotta, H. Z., & Wintolo, D. (2018). *Energi terbarukan: konsep dasar menuju kemandirian energi*. UGM PRESS.
- Luhur, E. S., Muhartono, R., & Suryawati, S. H. (2013). Analisis Finansial Pengembangan Energi Laut Di Indonesia. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 8(1), 25-37.
- 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*.
- Mutmainnah, M. (2015). *Studi Model Pemecah Gelombang Menggunakan Ripple Tank* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar).
- Ni'am, L., & Ardianto, H. T. (2013). Kolaborasi menuju resiliensi: Pengalaman pemuda Ende dalam pengurangan risiko bencana. *Jurnal Studi Pemuda*, 2(1), 1-14
- Nichols.(2009).<https://www.kajianpustaka.com/2016/01/teorigelombanglaut.html>.
- Nontji, A. (1987). *Laut nusantara*. 4th ed. Jakarta: Jambatan
- Priandoko, Yuno. 2015. *Studi Perencanaan PLTGL Tipe OWC Fixed dengan Katup Masuda di Pantai Bandalit, Kabupaten Jember*. Surabaya : s.n., 2015.
- Pauliza, Oza. *Fisika Kelompok Teknologi dan Kesehatan*. Bandung, Grafindo Media Pratama, 2008
- Rahman, S., Baeda, A. Y., & Umar, H. (2016). Potensi Energi Gelombang sebagai Sumber Energi Alternatif di Pulau-Pulau Terluar Wilayah NKRI. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 20(2), 32-38.
- Rahmatulloh, Alex. 2013. *Studi Perancangan Sistem Konversi Energi Gelombang Laut Tipe OWC di Daerah Bandalit, Jember*. Surabaya : s.n., 2013.
- Rohman, A., & Yulindoko, H. (2020, November). Studi Karakteristik Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Air Laut (Pltgl) Sebagai Energi Terbarukan. In *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)* (Vol. 6, No. 1, pp. 129-137).

- Rohmaniatul, S., Pratiwi, A. F., & Rahmat, S. (2021). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Sistem *Oscillating Water Column*. *Infotekmesin*, 12(1), 42-49.
- Setyaningsih, R. (2017). Analisa Penerapan Turbin Mc Cormick Dan Turbin Masuda Pada PLTGL Tipe OWC Fixed Di Pantai Selatan Jawa Timur Dengan Simulasi Computational Fluid Dynamic (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Siregar, C. A. (2020). Pembuatan Alat Konversi Energi Memanfaatkan Gelombang Dengan Menggunakan Teknik Kolom Osilasi. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)/Journal MESIL (Machine Electro Civil)*, 1(2), 107-115.
- Sunarto.(2003). Geomorfologi Pantai: Dinamika Pantai, Yogyakarta: Laboratorium Geomorfologi Terapan, Jurusan Geografi Fisik, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Syach, M. F., Ayasy, M. F., & Safinatunnajah, N. (2020). Pemetaan Perkiraan Potensi Gelombang Laut Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dengan Sistem Pelamis Di Perairan Nias. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 7(3), 11-19.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. Teknik Pantai. Yogyakarta : Beta Offset, 1999
- Waldopo, A. H., & Lasmono, S. (2008). Pendidikan Jarak Jauh.
- Wijaya, I. W. A. (2012). Pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan teknologi oscilating water column di Perairan Bali. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*.
- Wulandari, A. (2014). Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Tegangan Dan Frekuensi Pada Generator Sinkron Tiga Fasa Di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Zamri, A., Mura, Y., Asmed, A., & Adril, E. (2015). Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistim Empat Bandul. *Prosiding Semnastek*.