

**RANCANG BANGUN MEDIA PEMBANGKIT GELOMBANG SKALA
LABORATORIUM**

(Skripsi)

Oleh:

YOKI SURYA GRAHITA

1615021040



**PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN MEDIA PEMBANGKIT GELOMBANG SKALA LABORATORIUM

Oleh

YOKI SURYA GRAHITA

Pembuatan struktur bangunan lepas pantai di perlukan perhitungan dengan melihat faktor-faktor yang terjadi di lautan tersebut, dalam kata lain faktor yang besar terjadi adalah gaya gangguan gelombang ombak yang dapat mengganggu kekuatan struktur bangunan yang akan dibuat. Untuk itu penelitian kali ini membuat alat media pembangkit gelombang dalam skala laboratorium. Dengan adanya alat media pembangkit gelombang ini juga diupayakan agar dapat menyerupai gelombang aslinya dimana semakin dalam maka kekuatan gelombang yang terbentuk semakin kecil, upaya ini merupakan implementasi dari bentuk gelombang yang terjadi di lautan lepas. Hasil dari rancangan alat media pembangkit gelombang skala laboratorium ini berukuran 3690x830x940 mm. Hasil pengamatan dan perhitungan gelombang pada alat pembangkit gelombang skala laboratorium ini didapatkan hasil 0,5 dan 0,01. Disimpulkan bahwa jenis karakterisasi gelombang yang dihasilkan pada alat tersebut adalah *airy*.

Kata Kunci : Rancang Bangun, Media Pembangkit Gelombang, *Airy*.

ABSTRACT**DESIGN AND DEVELOPMENT OF LABORATORY SCALE WAVE
GENERATION MEDIA****By****YOKI SURYA GRAHITA**

Making offshore building structures requires calculations by looking at the factors that occur in the ocean, in other words the big factor that occurs is the wave disturbance force which can disrupt the strength of the building structure to be made. For this reason, this research makes a wave generator media device on a laboratory scale. With this wave generator media tool it is hoped that it can resemble the original wave where the deeper it is, the smaller the strength of the waves formed, this effort is an implementation of the waveforms that occur on the high seas. The results of the design of this laboratory scale wave generator media tool measuring 3690x830x940 mm. The results of observing and calculating waves on this laboratory scale wave generator obtained results of 0.5 and 0.01. It was concluded that the type of wave characterization produced by the tool is airy.

Keywords: Design, Wave Generation Media, Airy.

**RANCANG BANGUN MEDIA PEMBANGKIT GELOMBANG SKALA
LABORATORIUM**

**Oleh
YOKI SURYA GRAHITA**

**Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar SARJANA TEKNIK
Pada
JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

iv

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN MEDIA PEMBANGKIT
GELOMBANG SKALA LABORATORIUM**

Nama mahasiswa : **YOKI SURYA GRAHITA**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1615021040**

Jurusan : **Teknik Mesin**

Fakultas : **Teknik**


UNIVERSITAS LAMPUNG
MENYETUJUI

Komisi Pembimbing 1 _____ Komisi Pembimbing 2 _____

Ahmad Su'udi, S.T., M.T. **Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T.**
NIP. 19740816 200012 1 001 NIP. 19690801 199903 1 002

Ketua Jurusan Teknik Mesin Kepala Program Studi S1
Teknik Mesin

Dr. Amrul, S.T., M.T. **Novri Tanti, S.T., M.T.**
NIP. 19710331 199903 1 003 NIP. 19701104 199703 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua Penguji : Ahmad Su'udi, S.T., M.T.

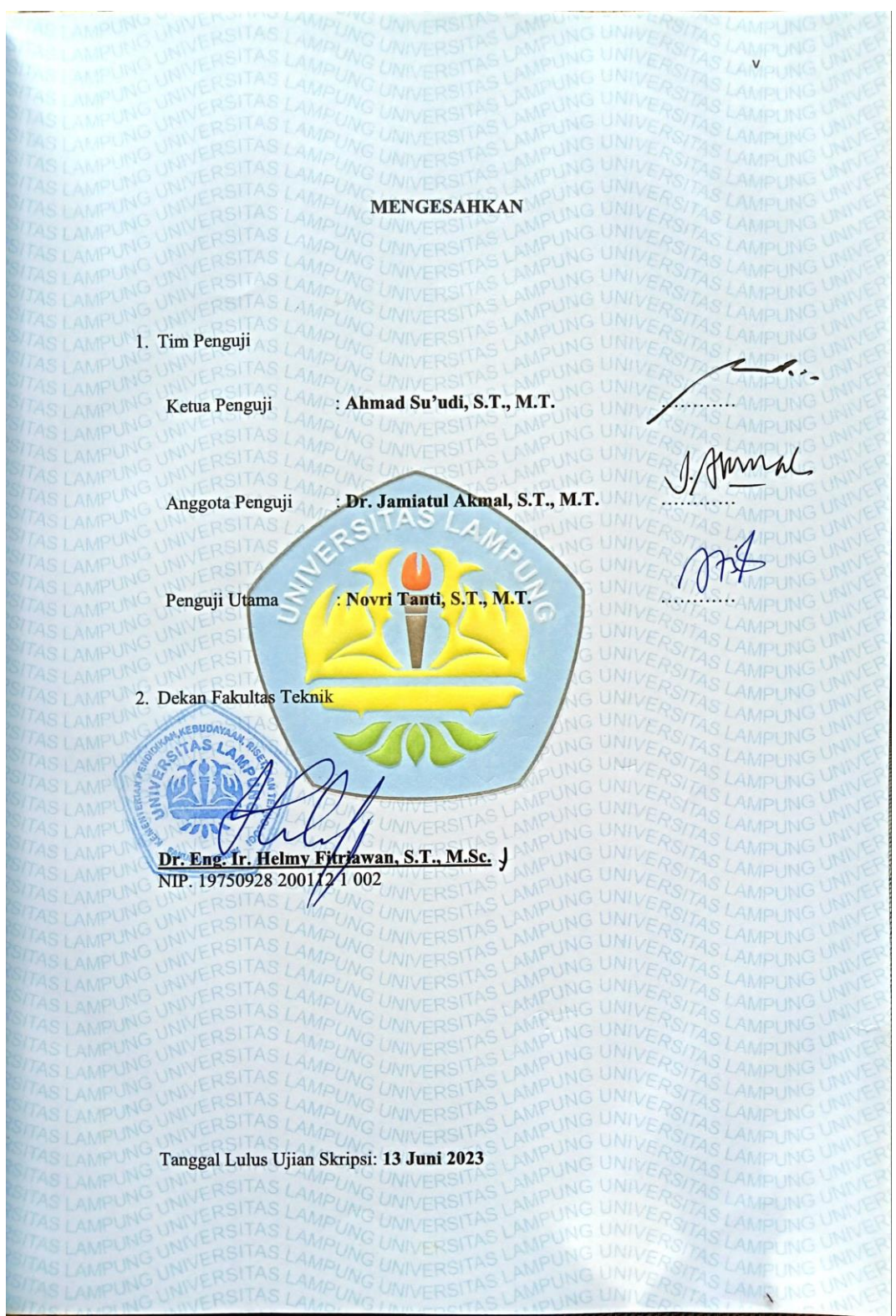
Anggota Penguji : Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T.

Penguji Utama : Novri Tanti, S.T., M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.)
NIP. 19750928 2001121 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 13 Juni 2023



PERNYATAAN PENULIS

DENGAN INI PENULIS MENYATAKAN SKRIPSI INI DIBUAT SENDIRI
OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR
DALAM PASAL 27 PENGATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG
DENGAN SURAT KEPUTUSAN REKTOR No. 3187/H26/DT/2010.

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



YOKI SURYA GRAHITA

NPM. 1615021040

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 2 Maret 1998 sebagai anak ketiga dari 4 bersaudara, dari pasangan bapak Yogo Setiadi dan ibu Kusmiati.

Pendidikan pertama yang dijalani oleh penulis yaitu Taman Kanak-Kanak (TK) Among Putra pada tahun 2004, kemudian dilanjutkan dengan tingkat Sekolah Dasar (SD) yang diselesaikan di SD Negeri 2 Gunung Sulah pada tahun 2010. Pada tahun 2010 penulis melanjutkan di Sekolah Menengah Pertama PGRI 6 Bandar Lampung. Pada Tahun 2013 penulis melanjutkan di SMA Negeri 12 Bandar Lampung. Penulis lulus dari SMA Negeri 12 Bandar Lampung pada bulan Juni 2016.

Tahun 2016 penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi S1 Teknik Mesin di Universitas Lampung. Kemudian selama menjadi mahasiswa teknik mesin penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM). Pada tahun 2017 penulis terdaftar sebagai Kepala divisi KOMINFO HIMATEM. Penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata di Desa Sidang Makmur, Kecamatan Rawajitu Utara, Kabupaten Mesuji pada 2020. Penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Daya Radar Utama Unit III Lampung dengan topik yang dibahas” PERHITUNGAN TORSI DAN *SHEAR STRESS* PADA *INTERMEDIATE* DAN *PROPELLER SHAFT* KAPAL MT PANGALENGAN 17500 LTDW *CRUDE OIL TANKER*”. Pada tahun Agustus 2022 penulis mulai melakukan penelitian tentang rancang bangun media pembangkit gelombang skala laboratorium dibawah bimbingan Bapak Ahmad Su’udi, S.T, M.T selaku pembimbing pertama dan Bapak Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T selaku pembimbing kedua penulis.

Motto

Lulus tinggal lulus, nunggu komti sini!

(Ega Widya Putra 2016)

Berikanlah hal baik dengan versi terbaik kamu kelak semua akan terbalaskan.

(Yoki Surya Grahita)

Kita Mesin, GAGAH!!

(Nang, 2016)

Gapapa lulus terakhir tapi kamu sukses duluan.

(Pak Su'udi)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin, dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, rizki dan karunia yang Engkau berikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Teriring doa, rasa syukur dan segala kerendahan hati. Dengan segala cinta dan kasih sayang ku persembahkan karya ini untuk orang-orang yang sangat berharga dalam hidupku:

Orang tua ku Bapak Yogo Setiadi

Terimakasih atas doa serta dukungannya sehingga puteranya bisa menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Mesin di Universitas Lampung

Teruntuk Almarhumah Ibuku Kusmiati

Terimakasih selama hidupmu menjadi panutan dan doaku untukmu hingga akhir hayatku.

Saudara Kandungku

Terimakasih atas segala dukungan dan sukses untuk kita semua

Seluruh Teman-Temanku

Terimakasih atas dukungannya dan bantuannya yang telah diberikan.

Almamater Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, syukurku panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Media Pembangkit Gelombang Skala Laboratorium”. Tujuan dari penulisan skripsi ini yaitu sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar S1 dan untuk melatih mahasiswa dalam berfikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah. Penulis menyadari masih adanya beberapa kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam pembuatan skripsi ini.

Penulis,

Yoki Surya Grahita

SANWACANA

Assalamu'alaikum Warahmatullohi Wabarokatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karna atas rahmat, hidayah, dan lindungannya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dan menyelesaikan laporan skripsi dengan lancar dan tetap dalam keadaan sehat. Shalawat serta salam tak lupa penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya menuju kehidupan yang berakhlak dan berilmu yang baik sehingga dapat menjalani kehidupan dengan baik dan benar. Skripsi ini dibuat sebagai sebuah karya tulis yang merupakan hasil dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan. Diharapkan karya tulis ini dapat menjadi salah satu bentuk perkembangan dalam ilmu di bidang konstruksi, terkhusus pada gelombang ombak. Skripsi ini juga merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Semoga karya tulis ini dapat membawa manfaat bagi pembacanya dan dapat dikembangkan lebih jauh lagi.

Selesainya skripsi ini tidak luput dari bantuan, bimbingan dan arahan dari semua pihak, oleh karena itu penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang Tua penulis Bapak Yogo Setiadi dan Almarhumah Ibu Kusmiati yang selalu menjadi penyemangat dalam menjalankan studi Teknik Mesin.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
4. Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
5. Ibu Novri Tanti, S.T., M.T., selaku Kepala Prodi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

6. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia mendidik dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah bersedia membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
8. Ibu Novri Tanti, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji dalam skripsi ini. Terimakasih untuk masukan dan saran-saran pada seminar proposal dan hasil terdahulu.
9. Seluruh Dosen di Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah mengajarkan banyak pengetahuan kepada penulis.
10. Seluruh staff dan karyawan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
11. Imtina Rana Putri yang memberikan semangat dan dukungan penulis.
12. Seluruh tim laboratorium mekstur dan laboratorium mekflud yang menemani penulis.
13. Teruntuk seluruh Angkatan 16 yang telah memberi dorongan motivasi penulis.
14. Semua pihak yang telah membantu penulis namun tidak bisa disebutkan namanya satu persatu, penulis ucapkan terima kasih semoga Allah Yang Maha Pengasih membalas segala kebaikan kalian.

Penulis menyadari bahwa isi skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak yang bersifat membangun dalam rangka penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Bandar Lampung, 13 Juni 2023

Penulis,

YOKI SURYA GRAHITA

NPM. 1615021040

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Sistematika Penulisan	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Daya	4
2.2 Poros	5
2.3 Pulley	6
2.4 Mekanisme Engkol Peluncur	11
2.5 Pereduksi	12
2.6 Teori Gelombang	14
III. METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat	19
3.2 Pelaksanaan Penelitian	19
3.3 Langkah-Langkah Perancangan	21
3.4 Desain Dan Rancangan Alat	23
3.5 Validasi Dan Kalibrasi	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Desain Alat	25
4.2 Hasil Alat Media Pembangkit Gelombang Skala Laboratorium	34
4.3 Spesifikasi Gelombang	35
4.3.1 Panjang Gelombang/Periode.....	36
4.3.2 Tinggi gelombang	36
4.3.3 Amplitudo	36
4.4 Karakteristik Jenis Gelombang	36
V. PENUTUP	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran	38

DAFTAR PUSTAKA 39

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ukuran Pulley-V.	10
Tabel 2. Spesifikasi Motor Listrik.....	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pulley (Sularso.2000)	6
Gambar 2. Penggerak belt terbuka (Guwowitz.2013)	7
Gambar 3. Penggerak belt silang (Guwowitz, 2013).....	8
Gambar 4. Penggerak belt belok sebagian (Guwowitz. 2013).....	8
Gambar 5. Penggerak belt dengan pulley penekan (Guwowitz.2013).....	9
Gambar 6. Penggerak belt gabungan (Guwowitz.2013).....	9
Gambar 7. Penggerak <i>pulley</i> kerucut atau bertingkat longgar dan cepat (<i>Guwowitz.2013</i>)	10
Gambar 8. Mekanisme Engkol Peluncur (Naharuddin, 2012).....	11
Gambar 9. Gear Box Type Helial Dan Worm (Paijo, 2007).....	13
Gambar 10. Profil permukaan ombak (Wilson,1963).....	16
Gambar 11. Validasi untuk bermacam teori ombak (<i>Le Méhauté, 1976</i>)	17
Gambar 12. Gelombang laut yang disederhanakan (Oseana, 2006)	18
Gambar 13. Diagram alir.....	20
Gambar 14. Desain Gambar Kolam Pengombak.....	23
Gambar 15. Skema Pengambilan Data Kinematika Partikel Ombak.....	24
Gambar 16. Desain Rangka Media Pengombak.....	25
Gambar 17. Rangka media pembangkit gelombang.....	25
Gambar 18. Desain Motor Listrik	26
Gambar 19. Motor Listrik	27
Gambar 20. Mekanisme Pulley Motor ke Pulley gearbox.	28
Gambar 21. Tata Letak Motor Listrik dengan Gearbox.....	28
Gambar 22. Gearbox.....	29
Gambar 23. Gearbox.....	29
Gambar 24. Output putaran gearbox ke pulley poros engkol	30
Gambar 25. Media pembangkit gelombang.....	31
Gambar 26. Mekanisme Engkol Peluncur Media Pengombak	32
Gambar 27. Poligon gerak media pembangkit gelombang	33
Gambar 28. Desain kolam Alat Pembangkit Gelombang Skala Laboratorium.....	33

Gambar 29. Kolam Kaca.....	34
Gambar 30. Alat Pembangkit Gelombang.....	35
Gambar 31. Pengamatan Hasil Gelombang.....	36

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi pada era modern ini terus berkembang. Hal ini disebabkan oleh perkembangan ilmu pengetahuan yang pesat. Perkembangan teknologi memunculkan dampak terhadap gejala sosial di masyarakat. Dimana perkembangannya berbanding lurus dengan perkembangan sosial masyarakat. Serta mempengaruhi terhadap gaya hidup masyarakat. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu aturan-aturan yang sesuai dengan perkembangan masyarakat, dan harus beriringan dengan perkembangan zaman. Sehingga, aturan-aturan hukum yang diciptakan oleh penguasa harus mengatur tata kehidupan masyarakat.

Indonesia adalah negara kemaritiman dengan wilayah laut yang luas dengan sumberdaya serta potensi-potensi alamnya yang sangat besar. Laut yang begitu luas memiliki potensi dalam bidang teknologi struktur di laut yang memungkinkan menjadi pusat perhatian dunia. Sangat memungkinkan jika di korelasikan dengan sumberdaya manusianya yang dapat membangun teknologi struktur di lautan. Pembuatan struktur bangunan lepas pantai di perlukan perhitungan dengan melihat faktor-faktor yang terjadi di lautan tersebut, dalam kata lain faktor yang besar terjadi adalah gaya gangguan gelombang ombak yang dapat mengganggu kekuatan struktur bangunan yang akan dibuat. Maka dari itu diperlukannya perhitungan yang sangat matang oleh para engineer agar dapat menghindari dari segala macam faktor gangguan yang telah disebutkan diatas.

Dengan ini penulis bertujuan untuk membuat alat media pembangkit gelombang untuk keperluan penelitian dalam skala laboratorium dikarenakan keterbatasan ruang jika mahasiswa ingin menguji sistem *offshore* langsung ke lapangan sehingga mahasiswa dapat dengan mudah melakukan penelitian dalam skala laboratorium. Dengan adanya alat media pembangkit gelombang ini juga diupayakan agar dapat menyerupai gelombang aslinya dimana semakin dalam maka kekuatan gelombang yang terbentuk semakin kecil, upaya ini merupakan implementasi dari bentuk gelombang yang terjadi di lautan lepas.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Rancang bangun media pembangkit gelombang dengan menggunakan motor listrik.
2. Mengetahui jenis gelombang ombak yang terbentuk dalam kolam pengombak

1.3 Batasan Masalah

Dari pembahasan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut:

- 1 Perancangan media pembangkit gelombang dengan menggunakan motor listrik sebagai tenaga utama media pembangkit gelombang.
- 2 Media pembangkit gelombang dengan tiga variasi sistem kerja.
- 3 Pengujian menggunakan aplikasi *tracker*.

1.4 Sistematika Penulisan

Laporan ditulis dengan sistematika penulisan seperti dibawah ini.

I. Pendahuluan

Pada bagian ini dijelaskan secara singkat latar belakang dilakukannya penelitian. Kemudian dijelaskan pula secara singkat mengenai metode yang akan digunakan dan batasannya.

II. Tinjauan Pustaka

Berisi tentang teori dasar yang digunakan untuk dapat melakukan penelitian. Hanya berisi teori yang paling berkaitan dengan penelitian.

III. Metodologi

Pada bagian ini dijabarkan tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil penelitian. Termasuk didalamnya adalah agenda dan rancangan waktu penelitian.

IV. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian dijabarkan pada bab ini yang dimulai dengan penjabaran hasil dan dilanjutkan dengan pembahasan hasil yang telah didapatkan.

V. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang didapatkan kemudian dituliskan pada bagian ini secara ringkas dan jelas. Kemudian dilanjutkan dengan saran untuk kelanjutan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Referensi yang digunakan untuk melakukan penelitian ini dan berisi daftar referensi yang digunakan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daya

Daya merupakan besar usaha yang dilakukan tiap satu satuan waktu. Satuan yang biasa digunakan yaitu Joule/s atau Watt. Penamaan ini menghormati sang penemu yaitu *James Watt* (Khurmi, 2005). Secara matematis sebagai berikut:

$$P = \frac{W}{t} \quad (1)$$

Dimana, P : daya
 W : kerja
 t : waktu

Newton merumuskan tiga persamaan gerak yaitu asumsi dasar keseluruhan sistem kinetika gerak. Ketiga hukum gerak ini adalah sebagai berikut:

a. Hukum *Newton* Pertama

Hukum *Newton* pertama tentang gerak menyatakan “*Setiap benda akan mempertahankan keadaan diam atau bergerak lurus beraturan, kecuali ada gaya yang bekerja untuk mengubahnya*”.

b. Hukum *Newton* Kedua

Hukum *Newton* kedua menyatakan “*Perubahan dari gerak selalu berbanding lurus terhadap gaya yang dihasilkan/bekerja, dan memiliki arah yang sama dengan garis normal dari titik singgung gaya benda*”.

c. Hukum *Newton* Ketiga

Hukum *Newton* ketiga menyatakan “*Untuk setiap aksi selalu ada reaksi yang sama besar dan berlawanan arah: atau gaya dari dua benda pada satu sama lain selalu sama besar dan berlawanan arah*”.

Menurut Hukum Kedua *Newton* tentang Gerak, gaya yang diterapkan atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan laju perubahan momentum. *Newton* dapat didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada massa satu kg menghasilkan percepatan 1 m/s² ke arah mana ia bekerja (Khurmi, 2005). Dimana laju perubahan momentum:

$$F = m \cdot a \text{ atau } F = k \cdot m \cdot a \quad (2)$$

Dimana,

m	: massa
a	: percepatan
k	: konstanta

2.2 Poros

Poros adalah merupakan salah satu perlengkapan untuk meneruskan daya. Dimana fungsinya untuk meneruskan putaran dengan menarik suatu beban. Dari segi fisiknya poros terbuat dari bahan besi baja bulat yang diputar dan ditarik. Poros merupakan batang logam yang umumnya berpenampang lingkaran dan memiliki fungsi untuk memindahkan putaran suatu beban juga memiliki fungsi yaitu sebagai batang pendukung, transmisi, gabungan antara keduanya. Setiap komponen mesin yang berputar seperti roda gigi dipasang menggunakan poros. Berikut adalah contoh poros berdasarkan pembebanannya:

1 Poros Transmisi (*Transmission Shafts*)

Poros transmisi disebut juga dengan *shaft* dan akan mengalami beban puntir secara berulan atau beban lentur maupun kedua-duanya. Pada

shaft, daya yang ditransmisikan dapat melalui *gear*, *belt pulley*, *sprocket* rantai, dan lain-lain.

2 Gandar

Gandar merupakan jenis poros yang tidak memiliki beban puntir, bahkan terkadang tidak boleh berputar seperti pada roda-roda kereta barang.

3 *Spindle* Poros

Spindle adalah poros transmisi yang umumnya relatif pendek, umumnya pada poros utama mesin perkakas. Selain beban puntiran, poros *spindle* juga mendapat beban lentur (*axial load*). Poros *spindle* efektif digunakan jika deformasi yang terjadi pada poros tersebut kecil.

2.3 *Pulley*

Pulley biasanya digunakan untuk mereduksi kecepatan dari motor penggerak, dengan berkurangnya kecepatan motor penggerak maka tenaga dari mesin pun ikut bertambah. *pulley* dapat digunakan untuk mentransmisikan daya dari poros satu ke poros yang lain melalui sistem sambungan transmisi berupa *flat belt*, *V-belt* atau *circular belt*.



Gambar 1. *Pulley* (Sularso.2000)

Perbandingan kecepatan (*velocity ratio*) pada puli berbanding terbalik dengan perbandingan diameter *pulley*, dimana persamaan matematis perbandingan kecepatan dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$N_1 \times D_1 = N_2 \times D_2 \quad (3)$$

Keterangan :

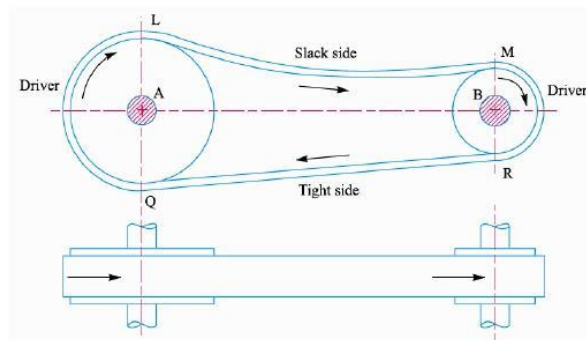
N_1	= Putaran <i>pulley</i> penggerak	(rpm)
N_2	= Putaran <i>pulley</i> yang digerakkan	(rpm)
D_1	= Diameter <i>pulley</i> yang menggerakkan	(mm)
D_2	= Diameter <i>pulley</i> yang di gerakkan	(mm)

1 Macam-macam Sistem kerja *Pulley* berdasarkan bentuk *Belt*

Berikut ini merupakan bentuk macam sistem *pulley* berdasarkan bentuk *belt* yang dipakai sebagai berikut:

a. *Open belt drive* (penggerak *belt* terbuka).

Seperti ditunjukkan pada Gambar 2, *Pulley* jenis ini digunakan dengan poros yang sejajar dan perputaran *pulley* sendiri dalam arah yang sama. Pada gambar 2, penggerak (*pulley*) A menarik *belt* dari satu sisi RQ bawah dan meneruskan ke sisi LM atas.

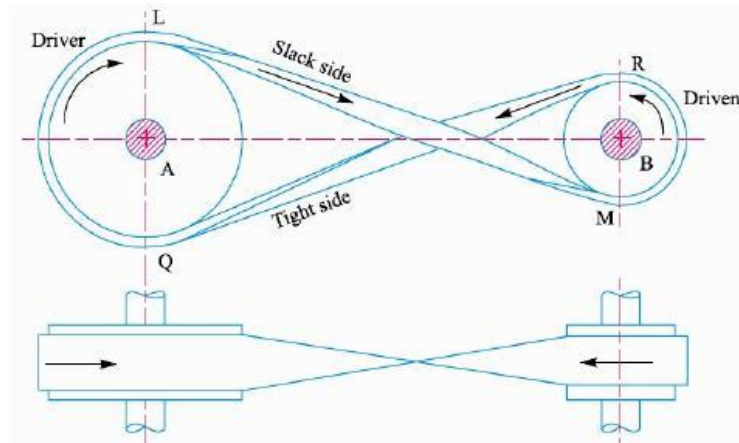


Gambar 2. Penggerak *belt* terbuka (Guwowitzo.2013)

Belt dengan tarikan lebih dinamakan *tight side* sedangkan *belt* dengan tarikan kecil dinamakan *slack side*, seperti pada Gambar 2.

b. *Crossed* atau *twist belt drive* (penggerak *belt* silang)

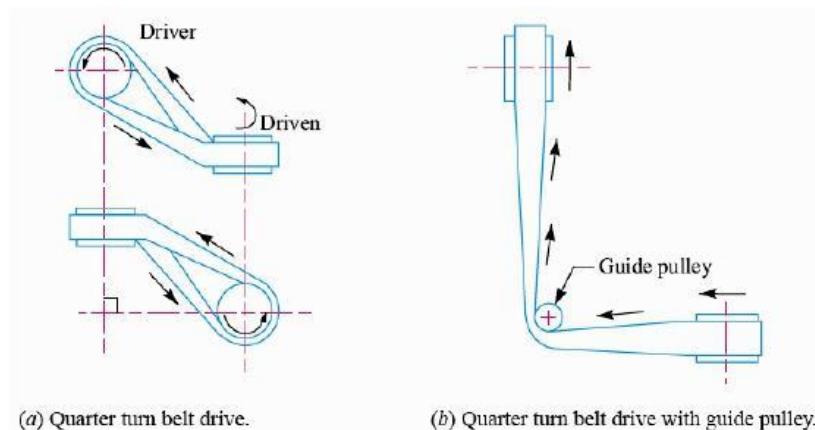
Belt pada Gambar 3 digunakan pada poros sejajar dan perputaran dalam arah berlawanan. Pada Gambar 3, penggerak menarik *belt* dari sisi RQ dan meneruskan ke sisi LM. *Belt* RQ mengalami tarikan lebih dan dinamakan *tight side* sedangkan *belt* LM mengalami tarikan kecil dinamakan *slack side*.



Gambar 3. Penggerak belt silang (Guwowitz, 2013)

- c. *Quarter turn belt drive* (penggerak belt belok sebagian).

Sistem transmisi penggerak belok sebagian dapat dilihat pada Gambar 4. Untuk menghindari belt agar tidak mudah lepas dari pulley, maka lebar permukaan pulley harus lebih besar.



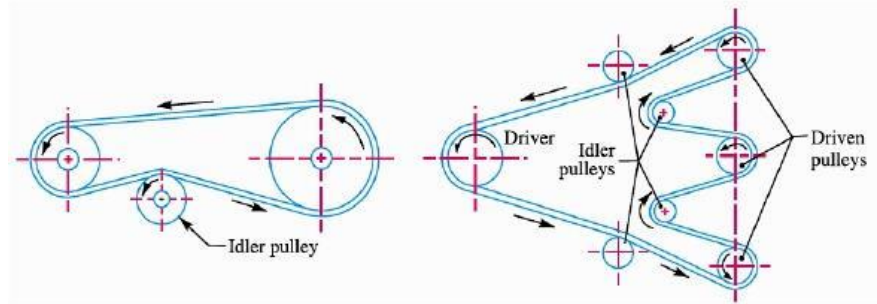
(a) Quarter turn belt drive.

(b) Quarter turn belt drive with guide pulley.

Gambar 4. Penggerak belt belok sebagian (Guwowitz, 2013)

- d. *Belt drive with idler pulley* (penggerak belt dengan pulley penekan)

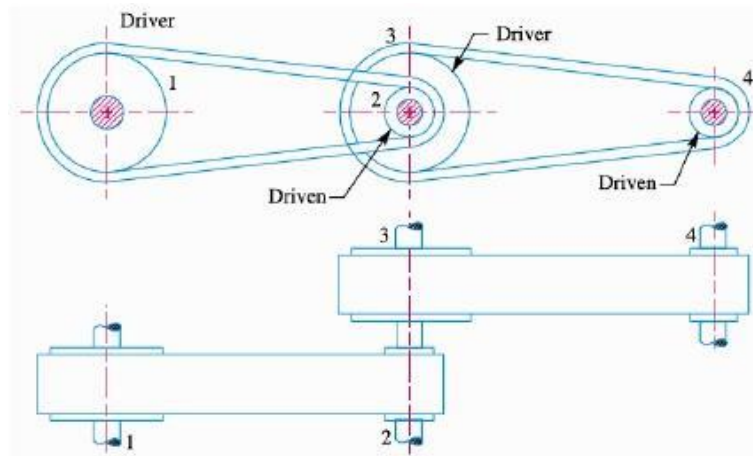
Pada Gambar 5 digunakan dengan poros paralel. Jenis ini dipakai untuk mendapatkan rasio kecepatan yang tinggi.



Gambar 5. Penggerak belt dengan pulley penekan
(Guwowitzo.2013)

- e. *Compound belt drive* (penggerak belt gabungan).

Penggerak *belt* gabungan digunakan ketika daya ditransmisikan dari poros satu ke poros lain melalui beberapa *pulley*.



Gambar 6. Penggerak belt gabungan (Guwowitzo.2013)

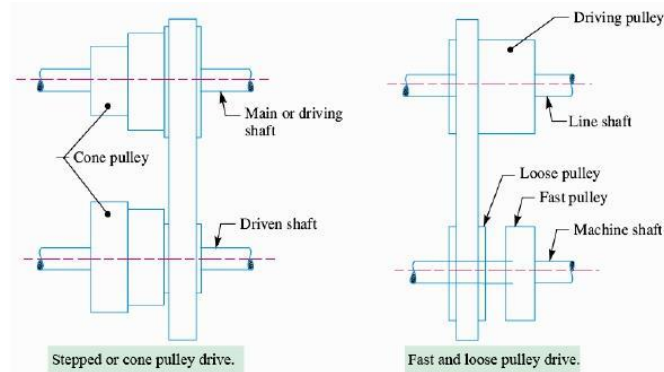
- f. *Stepped or cone pulley drive* (penggerak *pulley* kerucut atau bertingkat).

Seperti pada Gambar 7, biasanya untuk merubah kecepatan poros yang digerakkan ketika poros penggerak berputar pada kecepatan stabil.

- g. *Fast and loose pulley drive* (penggerak *pulley* longgar dan cepat).

Seperti pada Gambar 7, umumnya digunakan ketika poros pada suatu mesin dimulai atau diakhiri kapan saja tanpa mengganggu poros penggerak. *Pulley* yang dikunci ke poros mesin dinamakan *fast pulley* dan kecepatan putaran sama seperti pada poros mesin.

Loose pulley berputar secara bebas pada poros mesin dan tidak dapat mentransmisikan daya. Ketika poros mesin berhenti, *belt* ditekan ke *loose pulley* oleh batang luncur (*sliding bar*).



Gambar 7. Penggerak *pulley* kerucut atau bertingkat longgar dan cepat
(Guwowitzo.2013)

Tabel 1. Ukuran *Pulley-V*.

Penampungan sabuk-V	Diameter Nominal (diameter lingkaran jarak d_p)	α (°)	W^*	L_0	K	K_0	e	F
A	71-100	34	11,95	9,2	4,5	8,0	15,0	10,0
	101-125	36	12,12					
	126 atau lebih	38	12,30					
B	125-160	34	15,86	12,5	5,5	9,5	19,0	12,5
	161-200	36	16,07					
	201 atau lebih	38	16,29					
C	200-250	34	21,18	16,9	7,0	12,0	25,5	17,0
	251-315	36	21,45					
	316 atau lebih	38	21,72					
D	355-450	36	30,77	24,6	9,5	15,5	37,0	24,0
	451 atau lebih	38	31,14					
E	500-630	36	36,95	28,7	12,7	19,3	44,5	29,0
	631 atau lebih	38	37,45					

Sumber: (Guwowitzo.2013).

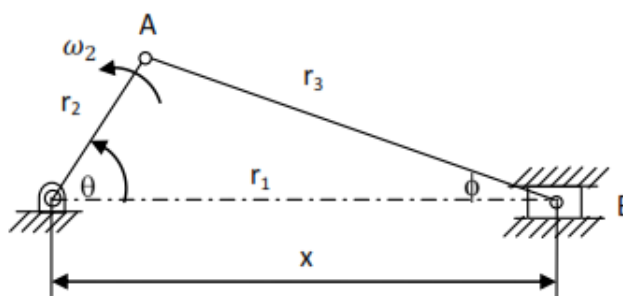
Sabuk-V atau *V-belt* merupakan transmisi penghubung yang terbuat dari karet dan memiliki penampang berbentuk trapesium. Penggunaan sabuk-V pasang

mengelilingi alur *pulley* yang berbentuk V pula. Bagian sabuk yang terpasang pada puli akan melengkung sehingga bagian dalamnya akan bertambah besar. Sabuk-V banyak digunakan karena sabuk-V sangat mudah dalam penanganannya dan murah harganya. Selain itu sabuk-V juga memiliki keunggulan lain yaitu akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah jika dibandingkan dengan transmisi roda gigi dan rantai, sabuk-V bekerja lebih halus dan tak bersuara. Selain memiliki keunggulan dibandingkan dengan transmisi-transmisi yang lain, sabuk-V juga memiliki kelemahan berupa terjadinya sebuah slip.

Sabuk - V adalah Sabuk yang terbuat dari karet dan mempunyai bentuk penampang trapesium. Sabuk V dibelitkan pada alur *pulley* yang berbentuk V pula. Bagian sabuk yang membelit akan mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Kelebihan yang dimiliki oleh Sabuk-V antaranya untuk mentransmisikan daya yang jaraknya jauh, memiliki faktor slip yang kecil, mampu digunakan untuk putaran tinggi, harga relatif lebih murah, tidak membuat berisik. Sabuk-V terdiri dari beberapa tipe yang digunakan sesuai dengan kebutuhan. Tipe yang tersedia A, B, C, D dan E.

2.4 Mekanisme Engkol Peluncur

Mekanisme digunakan adalah mekanisme engkol peluncur yang merupakan suatu sistem rangkaian batang penghubung. Contoh yang umum dari penggunaannya ditemukan dalam mesin bensin dan mesin disel, seperti pada Gambar 8.



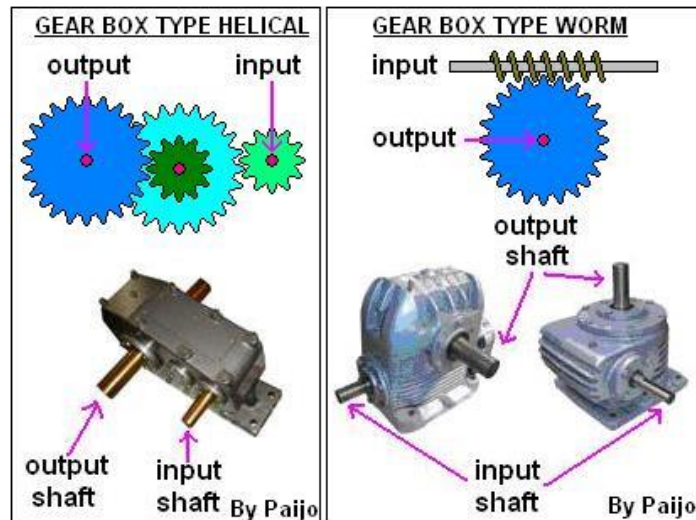
Gambar 8. Mekanisme Engkol Peluncur (Naharuddin, 2012).

Mekanisme engkol peluncur adalah bagian penting dari sistem kerja mesin bensin atau diesel. Mekanisme ini merupakan sistem yang menghisap dan mendorong bahan bakar bensin ke dalam silinder hingga mencapai suhu tinggi bahan bakar gas, kemudian meledak di permukaan piston (piston), dimana ledakan menggunakan torak (piston), selama vertikal. gerak diubah menjadi gerak vertikal. berputar sepanjang poros engkol untuk menghasilkan tenaga sesuai kebutuhan.

Mekanisme engkol peluncur adalah sistem yang terdiri dari batang penghubung kaku yang memungkinkan gerakan relatif satu sama lain. Jika batang penghubung 2 adalah elemen kerja, maka batang 4 adalah elemen yang dikerja. Gerakan ditransmisikan dari penggerak ke piston melalui batang penghubung 3, yang merupakan batang kaku. Dilihat dari gerak yang terjadi pada mekanisme engkol peluncur, gerak yang terjadi merupakan gabungan antara translasi dan rotasi. Gerakan gabungan menghasilkan kecepatan linier, kecepatan sudut, kecepatan relatif, percepatan linier, percepatan sudut, dan percepatan relatif (Naharuddin, 2012).

2.5 Pereduksi

Sistem pembatas kecepatan yang dibahas di bawah cocok untuk semua jenis pembangkit listrik serta untuk proyek lain yang memerlukan sistem pembatas kecepatan umum. Berbagai macam jenis pembatas kecepatan yang beredar di pasaran seperti *type helical* maupun *type worm*. Dapat dilihat pada Gambar 9 terdapat dua macam jenis *gearbox* dengan sistem kerja yang berbeda (Paijo, 2007).



Gambar 9. Gear Box Type Helial Dan Worm (Paijo, 2007)

Untuk mendapatkan jenis pereduksi yang paling tepat, terlebih dahulu mengetahui data teknis dari mesin penggerak dan *generator* yaitu antara lain:

1. Kecepatan motor (RPM) memberikan efisiensi konversi tertinggi (kecepatan puncak). Anda juga tidak bisa mencapai kecepatan tertinggi (biasanya di atas kecepatan tertinggi) jika ingin mendapatkan tenaga lebih, tetapi harus rela mengorbankan beberapa efisiensi.
2. Kecepatan motor (rpm) yang direkomendasikan pabrikan. Kecepatan *generator* harus sesuai standar dengan toleransi hanya 2-5%. Jika terlalu tinggi atau terlalu rendah, jika melebihi batas toleransi, maka kualitas daya yang dihasilkan akan buruk (tegangan dan frekuensi tidak sesuai standar).
3. Daya (*watt* atau *Hp*) yang dihasilkan oleh penggerak utama pada kecepatan operasi yang ditentukan pada bagian a di atas.
4. Keluaran generator (*watt* atau *hp*) pada kecepatan operasi yang direkomendasikan pabrikan pada poin b di atas.

Setelah melengkapi semua informasi pada bagian 1, 2, 3 dan 4 di atas, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis dan perhitungan sebagai berikut:

- a. Pastikan daya mesin (data 3) harus 5-10% lebih tinggi dari daya genset (data 4) agar sistem bekerja normal seperti yang diharapkan. Hal ini disebabkan hilangnya efisiensi akibat geseran dan/atau gesekan pada

sistem mekanis seperti bantalan, roda gigi, *belt*, rantai, dll. Kehilangan daya bisa 5-10 persen dari total daya. Jika ternyata daya mesin tidak lebih besar dari daya genset, maka harus dilakukan pertukaran/perubahan perencanaan. Opsi pertama adalah meningkatkan tenaga mesin jika memungkinkan. Pilihan lainnya adalah mengganti *generator* dengan *generator* berdaya rendah.

- b. Menghitung *Total Reduction Ratio* (TRR) ideal yang diperlukan berdasarkan data a dan b di atas.
- c. Setelah TRR ideal tercapai, langkah selanjutnya adalah merancang satu sistem reduksi dengan TRR aktual yang sama dengan TRR ideal. Jika Anda tidak mendapatkan hasil yang sama persis, TRR aktual mungkin sedikit di atas TRR ideal dengan toleransi maksimal 5%.

2.6 Teori Gelombang

Gelombang pada dasarnya adalah fenomena gerakan osilasi permukaan, yang besarnya cepat berkurang menuju dasar laut. Ini berarti bahwa benda yang mengapung di permukaan laut akan mengalami gerakan osilasi dan ketika struktur terkena gerakan tersebut, mereka akan mengalami pembebanan siklik. Gelombang tersebut terjadi karena angin bertiup di atas permukaan laut.

Ombak/gelombang yang terjadi di laut dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis tergantung dari jenis pembangkitnya. Pembangkit gelombang laut dapat disebabkan adanya angin (gelombang angin), gaya tarik bumi-bulan-matahari (gelombang pasang surut), gempa bumi (vulkanik atau tektonik) di dasar laut (gelombang tsuna), atau gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal.

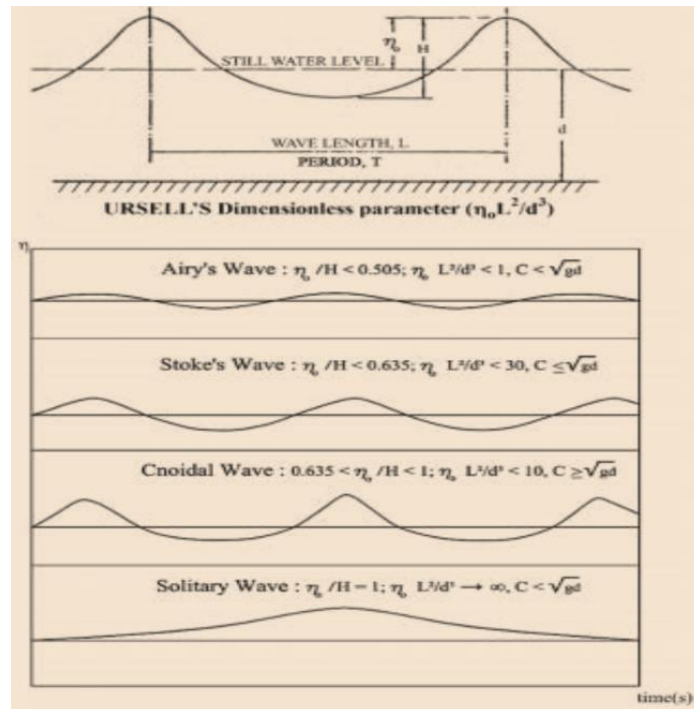
Gelombang yang terjadi setiap hari dan diperhatikan dalam rekayasa pantai adalah gelombang angin dan pasut (pasut). Gelombang dapat membentuk dan memecah pantai dan mempengaruhi struktur pantai. Energi gelombang

menciptakan arus dan mempengaruhi pergerakan sedimen tegak lurus pantai (*Cross Shore*) dan sejajar pantai (*Long Shore*). Dalam melakukan perencanaan pantai, gelombang merupakan faktor utama yang harus diperhatikan karena menimbulkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur pantai.

Gelombang adalah gerakan naik turunnya air yang tegak lurus permukaan laut membentuk kurva/tikungan *sinusoidal*. Gelombang laut disebabkan oleh angin. Angin laut mentransfer energinya ke air, menyebabkan riak dan menjadi gelombang. (Kurniawan, 2014).

1. Teori Ombak

Terdapat banyak sekali teori ombak yang menjelaskan tentang partikel air dan profil ombak, pada umumnya teori ombak yang banyak digunakan ialah teori ombak linier atau disebut juga teori Airy. Teori ini banyak digunakan karena asumsi yang sederhana. Terdapat beberapa teori lain selain teori Airy yaitu teori gelombang *Stokes*, *Cnoidal* dan *Solitary*. Perbedaan profil ombak dari beberapa teori tersebut dapat dilihat pada Gambar 10.



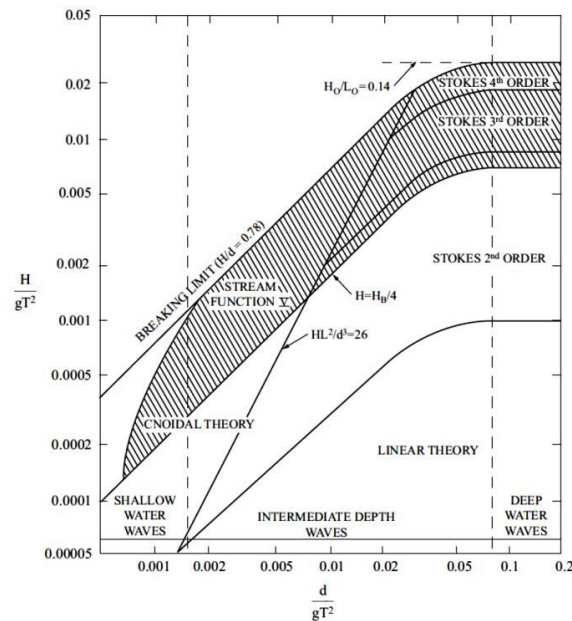
Gambar 10. Profil permukaan ombak (Wilson, 1963)

Teori Airy termasuk ke dalam teori *Stokes* orde pertama. Dengan mengabaikan orde yang lebih tinggi dari persamaan yang digunakan pada teori *Stokes*, maka teori Airy relatif untuk ketinggian ombak yang kecil dibandingkan panjang ombak. Teori Airy akan dijelaskan pada subbab ini.

Untuk mempresentasikan kondisi ombak yang lebih mendekati kondisi nyata, dapat digunakan teori Stokes pada orde tinggi. Teori Stokes mengasumsikan kecepatan potensial sebagai deret kuadrat dari parameter gangguan dan solusi diperoleh jika kondisi ombak tidak terlalu curam dan kedalaman laut tidak terlalu rendah (Sarpkaya, 2010).

Pada kondisi laut yang dangkal, dapat digunakan teori *Cnoidal*. Teori ini dapat mempresentasikan ombak yang curam dengan puncak ombak yang lancip dan lembah ombak yang datar. Keterbatasan teori *Cnoidal* adalah tidak valid terhadap kondisi

panjang ombak yang sangat panjang atau tidak terhingga. Pada kondisi ini teori *Solitary* dapat digunakan. Pemilihan teori ombak harus berdasarkan parameter ombak yaitu periode, ketinggian dan kedalaman. Setiap teori ombak hanya valid untuk diterapkan pada kondisi tertentu. Pembagian wilayah penerapan teori ombak berdasarkan periode, ketinggian dan kedalaman dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Validasi untuk bermacam teori ombak (*Le Méhauté, 1976*)

2. Teori Gelombang

Gelombang laut pada umumnya timbul oleh pengaruh angin, walaupun masih ada faktor-faktor lain yang dapat menimbulkan gelombang di laut seperti aktifitas seismik di dasar laut (gempa), letusan gunung api, gerakan kapal, gaya tarik benda angkasa (bulan dan matahari) (Nining, 2002).

Gelombang laut dapat juga terjadi di lapisan dalam (pada bidang antara dari dua lapisan air yang mempunyai densitas berbeda). Gelombang ini disebut gelombang dalam (*internal waves*). Untuk dapat mempelajari gelombang maka disederhanakan dengan gambar berikut:



Gambar 12. Gelombang laut yang disederhanakan (Oseana, 2006)

Berdasarkan perbandingan antara kedalaman perairan (d) dan panjang gelombang (L), gelombang laut dapat diklasifikasikan (Nesting, 2002) menjadi:

1. Gelombang laut dalam (*deep water waves*)

$$d/L > \frac{1}{2} \quad (4)$$

2. Gelombang laut transisi (*Transitional waves*)

$$\frac{1}{20} < d/L < \frac{1}{2} \quad (5)$$

3. Gelombang perairan dangkal (*Shallow water waves*)

$$d/L < \frac{1}{20} \quad (6)$$

Kecepatan rambat gelombang perairan dalam dapat dihitung dengan rumus :

$$C_0 = 1,56T \quad (7)$$

Kecepatan rambat gelombang perairan transisi dapat dihitung dengan rumus :

$$C = C_0 \tanh kd \quad (8)$$

Dan kecepatan rambat gelombang perairan dangkal dirumuskan sebagai berikut :

$$Cd = (c - d)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

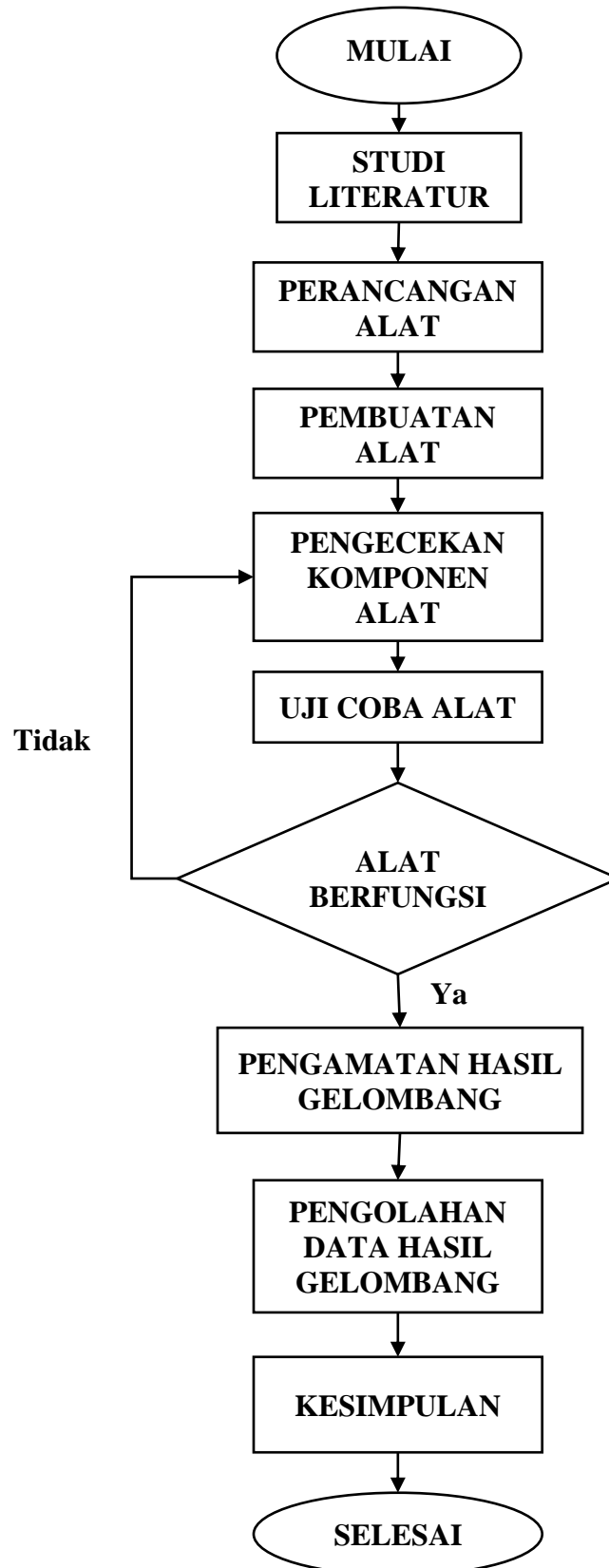
Penelitian yang dilakukan dengan merancang desain menggunakan *Autodesk Inventor* serta melakukan kajian teori terlebih dahulu untuk mengkonsep desain rancang bangun yang akan dilakukan pada penelitian kali ini.

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Struktur Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung dari bulan Agustus 2022 hingga Januari 2023.

3.2 Pelaksanaan Penelitian

Adapun metode penelitian yang dimaksud adalah tahapan-tahapan kegiatan yang dilaksanakan dalam perancangan dan pembuatan desain alat dan sistem pencatat gelombang permukaan laut presisi tinggi sesuai diagram alir di bawah ini:



Gambar 13. Diagram alir

3.3 Langkah-Langkah Perancangan

3.3.1 Spesifikasi Produk

Untuk mengembangkan spesifikasi rancangan kolam pengombak yang akan dibuat maka dilakukan investigasi atas permasalahan-permasalahan secara lengkap dan detail. Gambar rancangan dibuat dengan menggunakan aplikasi Autocad Inventor namun tidak dengan perhitungan ukuran orisinil. Perancangannya sendiri dilakukan dengan ide-ide mentah dan berjalan seperti menyesuaikan bahan serta ketersediaan tempat yang ada. Penyesuaian yang dilakukan seperti bahan kaca yang hanya tersedia dipasaran dengan ukuran yang ada. Serta pembuatannya yang dilakukan di laboratorium mekanika struktur yang terkendala keterbatasan ukuran tempat.

3.3.2 Mampu menghasilkan gelombang

Jenis gelombang ombak yang dihasilkan tidak secara spesifik dapat ditentukan namun gelombang ombak akan di ketahui secara spesifik setelah dilakukannya pengamatan ketika kolam pengombak telah beroperasi. Dengan pengamatan secara langsung dan dilihat serta diukur maka dapat di ketahui jenis gelombang ombak apa yang didapatkan dengan mengacu pada teori-teori gelombang yang sudah dipelajari pada saat studi literatur.

a. Panjang gelombang:

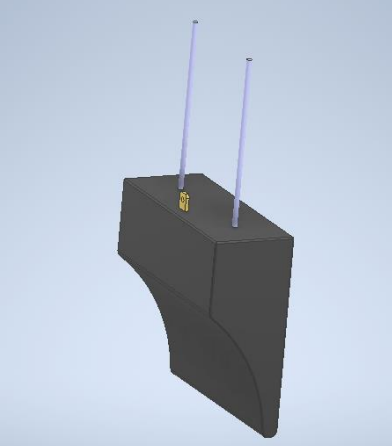
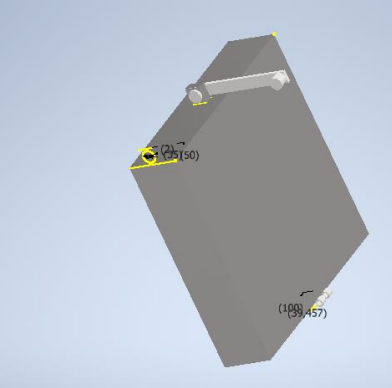
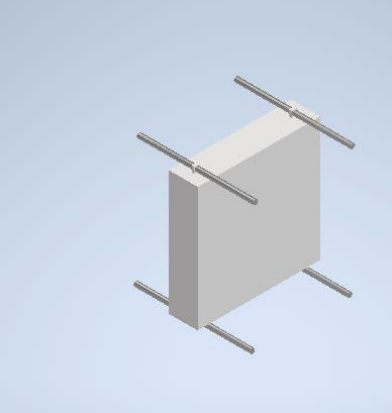
Panjang gelombang diukur secara langsung saat kolam pengombak dioperasikan dengan menggunakan penggaris serta dilakukan pengamatan secara teliti. Pada hal ini pengamatan dibantu menggunakan kamera dengan tujuan supaya dapat merekam secara detail dan teliti.

b. Frekuensi:

Frekuensi yang dihasilkan kolam pengombak didapat dengan cara menghitung menggunakan rumus teori gelombang dengan memasukkan data mentah yang didapat

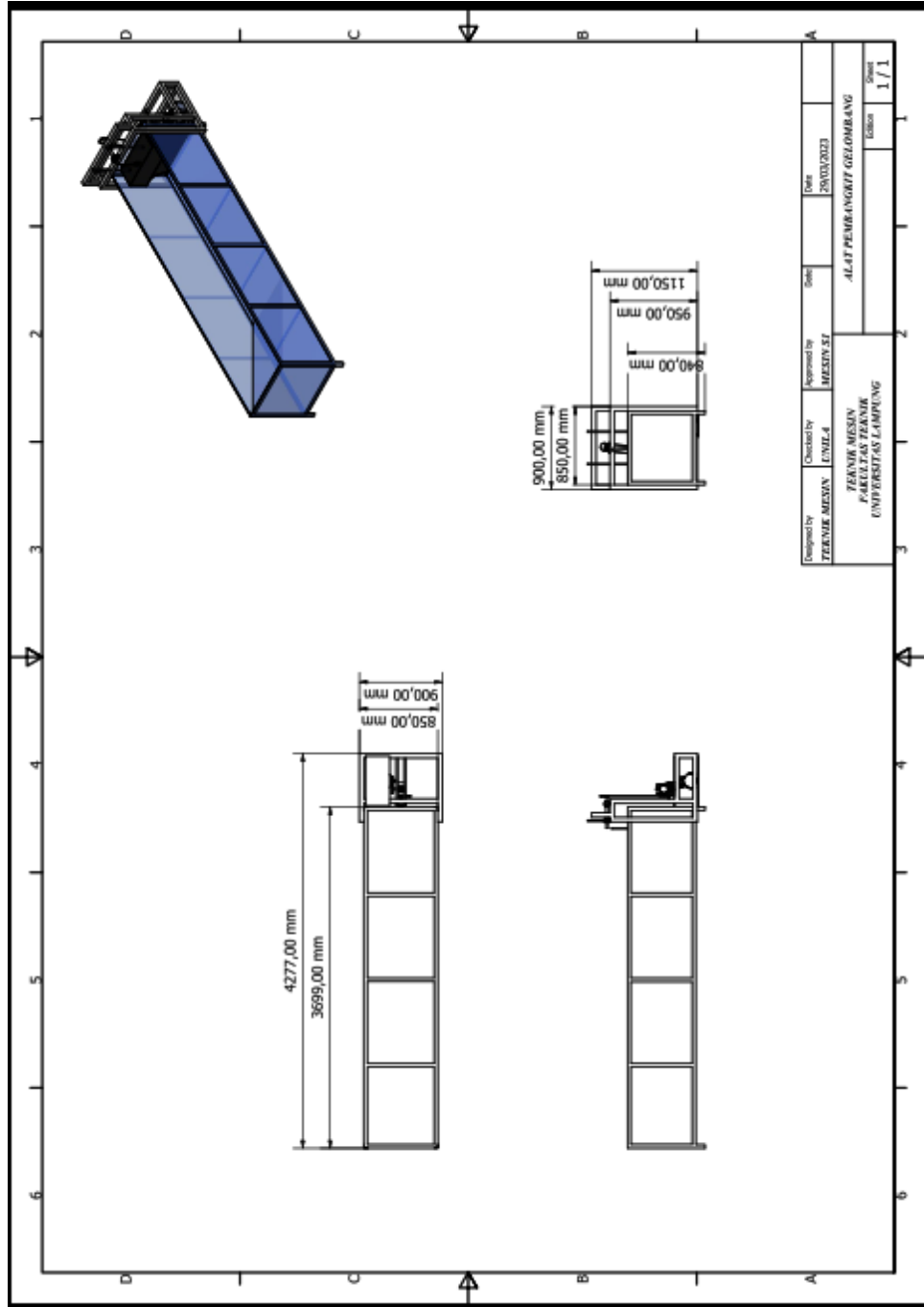
saat pengamatan, dalam hal ini data mentah yang dimaksud adalah Panjang gelombang.

3.3.3 Rancangan konsep:

No.	Nama konsep	Gambar	keterangan
1.	<i>Trapesium wave trigger.</i>		System yang digunakan adalah naik turun dan bentuk trapesium ini diharapkan dapat mengimplementasikan bentuk gelombang ombak yang asli.
2.	<i>Fall down wave trigger</i>		System kerja pemicu ombak ini mirip dengan system kerja wiper pada mobil yang mana kerjanya memiliki jalur radius sehingga menghasilkan ombak yang diinginkan.
3.	<i>Push wave trigger.</i>		System pengombak model ini bergerak secara osilasi pada arah horizontal.

3.4 Desain Dan Rancangan Alat

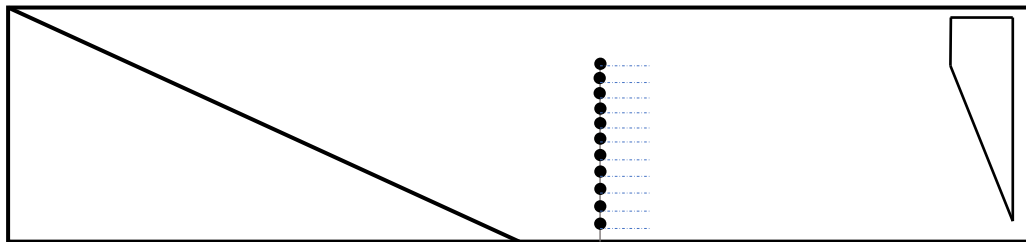
Desain dan rancangan alat media pembangkit gelombang skala laboratorium ditampilkan dalam gambar dibawah ini:



Gambar 14. Desain Gambar Kolam Pengombak.

Eksperimen dimulai dengan pembuatan benda uji sebagai objek, penyetelan jari jari pada alat media ombak, hingga pengambilan data. Adapun proses tahapan eksperimen secara lebih rinci adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan rangkaian pelampung partikel air dengan perbedaan masing-masing ketinggian yang berjarak 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm, 50 cm, dan 55 cm.
- b. Menyiapkan variasi jari-jari penggerak media ombak
- c. Melakukan pengelaman objek eksperimen terhadap media ombak
- d. Menghidupkan penggerak media ombak dan melakukan pengambilan video.
- e. Pengolahan data dengan memasukkan parameter pada aplikasi *tracker* dan matlab.



Gambar 15. Skema Pengambilan Data Kinematika Partikel Ombak.

3.5 Validasi Dan Kalibrasi

Pengujian atau validasi sistem alat keseluruhan dilakukan untuk mengetahui kinerja alat secara keseluruhan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Struktur Universitas Lampung. Pengujian dilakukan dengan percobaan pada bak ukur gelombang air. Proses pengambilan data ketinggian gelombang air dilakukan dengan cara yaitu:

- 1.5.1. Perekaman menggunakan kamera dan dimasukkan ke aplikasi *tracker*.
- 1.5.2. Grafik akan didapatkan pada hasil *autotracking* di aplikasi *tracker* dan disimpan untuk diubah menjadi grafik perbandingan.
- 1.5.3. Ketinggian gelombang dihitung dengan pengamatan langsung pada kolam pengomba

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari tahap perancangan hingga pengamatan gelombang yang dihasilkan pada alat pembangkit gelombang skala laboratorium ini dapat disimpulkan bahwa:

- 1 Rancangan alat media pembangkit gelombang skala laboratorium ini menggunakan motor listrik dengan daya 1.5 *horse power* dengan 2800 rpm dapat menggerakkan media pembangkit gelombang dengan lancar.
- 2 Dari persyaratan teori gelombang *airy* dimana $\frac{\eta}{H} < 0.505$ dan $\eta \frac{L^2}{d^3} < 1$ dengan hasil pengamatan dan perhitungan gelombang pada alat pembangkit gelombang skala laboratorium ini didapatkan hasil 0,5 dan 0,01. Disimpulkan bahwa jenis karakterisasi gelombang yang dihasilkan pada alat tersebut adalah *airy*.

5.2. Saran

Setelah dilakukannya perancangan dan pengamatan hasil gelombang yang dihasilkan pada alat pembangkit gelombang skala laboratorium ini memiliki saran kedepannya sebagai berikut:

- 1 Kemiringan sudut pada ujung memecah gelombang diperlukan perbaikan atau memodifikasi agar tidak terjadinya gelombang balik pada saat melakukan pengujian.
- 2 Media pembangkit gelombang perlu di modifikasi lebih rapat dengan dinding kolam kaca agar tidak terjadinya pembentukan gelombang ke arah berlainan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1996. "New Step 1 Training Manual ". Jakarta: PT. Toyota Astra Motor
- Guwowijoyo, Fransiscus Xaverius. 2013. "*Back Pressure Turbine For Geothermal Vapor Dominated System*". Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Khurmi.R,S & Gupta. 2005. "*Theory of Machine(14th ed)*". New Delhi: Eurasia Publishing House.
- Le Méhauté, B. 1976. An Introduction to Hydrodynamics and Water Waves (Springer Study Edition). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Morison, J.R., O'Brien, M.P., Johnson, J.W. and Scaaf, S.A., 1950, The Forces Exerted by Surface Waves on Piles. Petroleum Transactions AIME, Vol.189, pp.149-154.
- Mustafa. 2008. "*ANALISIS POSISI DAN KECEPATAN MEKANISME ENKOL PELUNCUR DENGAN PROGRAM KOMPUTER*". Palu: Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako. SINERGI NO.1. TAHUN 6.
- Nafisah, Syifaun. 2003. "Grafika Komputer". Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Naharuddin. 2012. "*Penentuan Kecepatan Dan Percepatan Mekanisme Engkol Peluncur Pada Komponen Mesin*". Palu: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Jurnal Mekanikal, Vol.3 No.2.

Paijo. 2007. "*Mesin Pemotong Rumput Paijo*". Bengkel Listrik Paijo.

Pahl.G, W.Beitz, J. Feldhusen. K.-H Grote. 2007, "*Engineering design A Systematic Approach Third Edition*". London Springer.

Suga Kiyokatsu & Sularso. 2004. "*DASAR PERENCANAAN DAN PEMILIHAN ELEMEN MESIN*". Jakarta: Pradnya Paramita.

Sularso. 2000. "*Pompa dan Kompresor*". Jakarta: Pradnya Paramita.

Sundar, V. 2016. *Ocean Wave Mechanics: Applications in Marine Structures*. John Wiley & Sons Ltd.

LAMPIRAN