



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**RANCANG BANGUN *WAVE POWER TEST BED* MODEL
RACK-PINION SEBAGAI STUDI EKSPERIMENTAL
PENGARUH PERUBAHAN AMPLITUDO *EXCITER* PADA
FREKUENSI 2 Hz TERHADAP *POWER OUTPUT*
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT
(PLTGL)**

PROYEK AKHIR

**ICHSAN WINANDA AZIS
40040219650039**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
JUNI 2023**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**RANCANG BANGUN *WAVE POWER TEST BED* MODEL
RACK-PINION SEBAGAI STUDI EKSPERIMENTAL
PENGARUH PERUBAHAN AMPLITUDO *EXCITER* PADA
FREKUENSI 2 Hz TERHADAP *POWER OUTPUT*
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT
(PLTGL)**

PROYEK AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan**

**ICHSAN WINANDA AZIS
40040219650039**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
JUNI 2023**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Proyek Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Ichsan Winanda Azis

NIM : 40040219650039

Tanda Tangan :

Tanggal : 30 Juni 2023

HALAMAN TUGAS PROYEK AKHIR



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

Jalan Hayam Wuruk No. 3-49 Semarang,
Semarang, Kode Pos 50241
Telepon / Faksimile (024) 8316333
Laman: <http://me.vokasi.undip.ac.id>
email: me.vokasi@live.undip.ac.id

TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 153/PA/RPM/II/2023

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut :

Nama : Ichsan Winanda Azis

NIM : 40040219650039

Judul Proyek Akhir : **Rancang Bangun Wave Power Test Bed Model Rack-Pinion Sebagai Studi Eksperimental Pengaruh Perubahan Amplitudo Exciter Pada Frekuensi 2 Hz Terhadap Power Output PLTGL**

Dosen Pembimbing : Susastro S.T., M.T.

NIP. : 198909232018031001

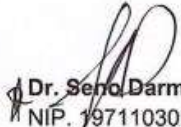
Isi Tugas :

1. Mendesain alat *wave power test bed model rack-pinion*.
2. Melakukan rancang bangun alat *wave power test bed model rack-pinion*.
3. Melakukan pengujian terhadap alat *wave power test bed model rack-pinion* dengan frekuensi 2 Hz.
4. Melakukan perhitungan pengaruh amplitudo *exciter* terhadap amplitudo gelombang air dan pengaruh kecepatan *aktuator* terhadap daya yang dihasilkan oleh generator.
5. Membuat laporan akhir alat *wave power test bed model rack-pinion*.
6. Membuat prototype dan/atau paten sederhana dan/atau HAKI hak cipta dan/atau jurnal publikasi,

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 21 Februari 2023

Ketua PSD IV
Rekayasa Perancangan Mekanik


Dr. Sero Darmanto, S.T., M.T.
NIP. 197110301998021001

Tembusan :

1. Sekretaris Prodi
2. Dosen Pembimbing Proyek Akhir

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Ichsan Winanda Azis
NIM : 40040219650039
Program Studi : D IV Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul Proyek Akhir : Rancang Bangun *Wave Power Test Bed* Model
Rack-Pinion Sebagai Studi Eksperimental
Pengaruh Perubahan Amplitudo *Exciter* Pada
Frekuensi 2 Hz Terhadap *Power Output*
Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut
(PLTGL)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Susastro, S.T., M.T. (.....)
Penguji I : Susastro, S.T., M.T. (.....)
Penguji II : Didik Ariwibowo, S.T., M.T. (.....)
Penguji III : Drs. Sutrisno, M.T. (.....)

Semarang, 2023

Ketua PSD IV
Rekayasa Perancangan Mekanik

Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP. 197609152003122001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Ichsan Winanda Azis
NIM	: 40040219650039
Jurusan/Program Studi	: D IV Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen	: Teknologi Industri
Fakultas	: Sekolah Vokasi
Jenis Karya	: Proyek Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Rancang Bangun *Wave Power Test Bed Model Rack-Pinion* Sebagai Studi Eksperimental Pengaruh Perubahan Amplitudo *Exciter* Pada Frekuensi 2 Hz Terhadap *Power Output* Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL)”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan Proyek Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 30 Juni 2023

Yang menyatakan

Ichsan Winanda Azis
NIM. 40040219650039

MOTTO

“Jauhi orang yang mencoba mengecilkan ambisimu. Orang kerdil selalu melakukannya, tapi orang yang benar-benar hebat membuatmu merasa bahwa kau, juga, bisa jadi hebat.”

-Mark Twain

“Satu-satunya batasan perwujudan kita akan hari esok adalah keraguan kita akan hari ini.”

-Franklin Roosevelt

“A transition to clean energy is about making an investment in our future.”

-Gloria Reuben

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr Wb. Segala puji senantiasa disampaikan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan laporan Proyek Akhir dengan Judul “Rancang Bangun *Wave Power Test Bed Model Rack-Pinion* Sebagai Studi Eksperimental Pengaruh Perubahan Amplitudo Exciter Pada Frekuensi 2 Hz Terhadap *Power Output* Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL)”

Proyek Akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro. Dalam menyelesaikan laporan Proyek Akhir ini, penulis mendapatkan banyak sekali doa, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak.

Kiranya penulis tidak mampu untuk menyelesaikan laporan Proyek Akhir ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Ibu Sri Utami Handayani, ST, MT selaku Ketua Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Bapak Susastro, ST, MT selaku dosen pembimbing Proyek Akhir yang telah membantu dalam penyusunan laporan.
4. Bapak Dr. Drs. Wiji Mangestiyono, M.T. selaku dosen wali Angkatan 2019 kelas B Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

5. Seluruh dosen Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah memberikan bimbingan dan ilmu yang sangat berharga.
6. Kedua orang tua saya yang telah memberikan doa dan dukungan untuk saya sehingga saya dapat sampai titik ini.
7. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar di Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik, Universitas Diponegoro.
8. Teman-teman Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
9. Teman-teman seperjuangan tim Proyek Akhir untuk Usman Hadi, Bella Titri Maharani dan Choirul Huda Megaputra Arifin.
10. Vioni Safhira S.Psi, seseorang yang istimewa dan disayangi untuk menjadi *support system* bagi penulis dapat menyelesaikan laporan Proyek Akhir.

Penulis menyadari bahwa proses penyusunan laporan ini masih terdapat banyak kesalahan. Sebab tidak ada manusia yang sempurna, oleh karena itu penulis memohon maaf kepada pembaca apabila masih menemukan kesalahan dalam laporan ini. Akan tetapi semoga segala usaha yang telah dilakukan dapat bermanfaat bagi semua, sebagai ilmu yang bermanfaat.

Semarang, 30 Juni 2023

Ichsan Winanda Azis
NIM. 40040219650039

ABSTRAK

RANCANG BANGUN *WAVE POWER TEST BED* MODEL *RACK-PINION* SEBAGAI STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PERUBAHAN AMPLITUDO *EXCITER* PADA FREKUENSI 2 Hz TERHADAP *POWER OUTPUT* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT (PLTGL)

Saat ini energi gelombang tercipta dari pergerakan angin dan juga berasal dari energi matahari, beberapa penelitian menyimpulkan bahwa energi gelombang di Indonesia bisa mencapai 70 kW/m di beberapa lokasi. Maka dalam konteks ini kemajuan teknologi terkait dengan energi gelombang sudah banyak pengaplikasiannya, salah satunya menggunakan teknologi WEC (*Wave Energy Converters*) untuk diterapkan ke Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL). PLTGL merupakan pembangkit listrik yang terletak di area perairan atau lepas pantai, yang bertujuan untuk menghasilkan energi listrik dari energi kinetik gelombang laut sebagai sumber daya. Dalam penelitian ini untuk menerapkan teknologi WEC memerlukan sebuah eksperimen dengan membuat sebuah protipe. Alat uji tersebut nantinya akan memberikan gambaran terkait dengan energy converter. Mekanisme ombak buatan pada pengujian ini menggunakan aktuator linear elektro-mekanis dengan frekuensi 2 Hz dan disisipkan sebuah *exciter* untuk menghasilkan energi potensial. Energi potensial yang dihasilkan dari ombak buatan kemudian diterima oleh pelampung (*Floating Mechanical Arm*) yang mengkonversi energi potensial menjadi energi mekanik kemudian mentransmisikan energi tersebut menjadi energi listrik ke generator. Tujuan Proyek Akhir ini adalah untuk mengetahui teknologi terkait dengan WEC (*Wave Energy Converter*), amplitudo gelombang, dan *power energy* yang dihasilkan dari pengujian. Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan frekuensi 2 Hz dihasilkan daya *output* tertinggi terdapat di panjang batang engkol 7 cm sebesar 475,15 mW.

Kata kunci: Gelombang air laut, Listrik, *Floating mechanical arm*, *Wave energy converters*

ABSTRACT

WAVE POWER TEST BED DESIGN RACK-PINION MODEL AS EXPERIMENTAL STUDY OF THE INFLUENCE OF EXCITER AMPLITUDO CHANGES AT 2 Hz FREQUENCY ON SEA WAVE POWER PLANT (PLTGL) POWER OUTPUT

Currently, wave energy is created from wind movement and also comes from solar energy, some studies conclude that wave energy in Indonesia can reach 70 kW/m in some locations. So in this context, technological advances related to wave energy have many applications, one of which uses WEC (Wave Energy Converters) technology to be applied to the Sea Wave Power Plant (PLTGL). PTGL is a power plant located in waters or offshore areas, which aims to generate electrical energy from the kinetic energy of ocean waves as a source of energy. In this research to apply WEC technology requires an experiment by making a prototype. The test equipment will provide an overview related to the energy converter. The artificial wave mechanism in this test uses an electro-mechanical linear actuator with a frequency of 2 Hz and an exciter is inserted to produce potential energy. The potential energy generated from artificial waves is then received by a float (Floating Mechanical Arm) which converts potential energy into mechanical energy and then transmits the energy into electrical energy to the generator. The purpose of this Final Project is to find out the technology related to WEC (Wave Energy Converters), wave amplitude, and power energy generated from testing. Based on the results of research using a frequency of 2 Hz, the highest output power is found at a crankshaft length of 7 cm of 475.15 mW.

Keywords: *Seawater wave, Electricity, Floating mechanical arm, Wave energy converters.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
HALAMAN TUGAS PROYEK AKHIR	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GRAFIK	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pembatasan Masalah	6
1.3 Tujuan.....	7
1.4 Luaran.....	7
1.5 Manfaat.....	7
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Protensi.....	10
2.2 Teknologi.....	10
2.2.1 <i>Hinged Contour Devices</i>	11
2.2.2 <i>Oscillating Water Columns</i>	11
2.2.3 <i>Buoyant Moored Devices</i>	12
2.2.4 <i>Overtopping Devices</i>	13
2.3 Alat Pelampung Lengan Mekanikal	13
2.3.1 <i>Oscillating Buoyant Floating</i>	14

2.3.2 Teknologi <i>Wave Energy Converters</i> (WEC)	15
2.3.3 Mekanisme <i>rack</i> dan <i>pinion</i>	16
2.4 Mekanisme Eksitasi Ombak Buatan.....	18
2.4.1 Aktuator Linear Teleskopik	20
2.5 Gelombang Mekanik	21
2.6 Generator Listrik DC	22
2.7 Pemecah Ombak	23
2.8 Parameter Getaran	23
2.9 Dasar Perhitungan	24
2.9.1 Kecepatan Putaran	24
2.9.2 Daya Penggerak Exciter.....	25
2.9.3 Amplitudo	26
2.9.4 Daya Listrik	26
BAB III PROSEDUR PELAKSANAAN PROYEK AKHIR.....	28
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	28
3.1.1 Tinjauan Pustaka.....	30
3.1.2 Perancangan Alat	30
3.1.3 Desain dan Pengembangan	32
3.1.4 Alat dan Bahan.....	41
3.1.5 Kontruksi Fabrika	55
3.1.6 Pengujian Prototipe.....	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	65
4.1 Data Tabel Hasil Pengujian.....	65
4.2 Profil Gelombang pada <i>Test Bed</i>	67
4.2.1 Grafik Gelombang pada Hasil Pengujian	69
4.3 <i>Output</i> Generator	73
4.3.1 Kuat Arus Bangkitan	73
4.3.2 Tegangan Listrik Bangkitan.....	75
4.3.3 Daya Bangkitan.....	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran	79

DAFTAR PUSTAKA81
LAMPIRAN.....84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Hinged contour devices</i>	11
Gambar 2. 2 <i>Oscillating water columns</i>	11
Gambar 2. 3 <i>Buoyant moored devices</i>	12
Gambar 2. 4 <i>Overtopping devices</i>	13
Gambar 2. 5 <i>Oscillating float-type wave energy converter</i>	14
Gambar 2. 6 Teknologi <i>wave energy converters</i>	16
Gambar 2. 7 Mekanisme <i>rack dan pinion</i>	16
Gambar 2. 8 Aktuator linear teleskopik	20
Gambar 2. 9 Pemecah ombak.....	23
Gamabar 2. 10 Grafik kecepatan dan percepatan getaran.....	23
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	29
Gambar 3. 2 Perancangan alat.....	31
Gambar 3. 3 Desain kerangka	33
Gambar 3. 4 Kerangka	33
Gambar 3. 5 Desain tangki gelombang.....	34
Gambar 3. 6 Tangki gelombang.....	34
Gambar 3. 7 Desain <i>exciter</i>	35
Gambar 3. 8 <i>Exciter</i>	35
Gambar 3. 9 Desain pelampung.....	36
Gambar 3. 10 Pelampung.....	36
Gambar 3. 11 Model rekomendasi haluan kapal.....	37
Gambar 3. 12 Desain <i>pinion gear</i>	38
Gambar 3. 13 Desain batang <i>rack</i>	38
Gambar 3. 14 Desain pipa karbon.....	38
Gambar 3. 15 Desain <i>floating mechanical arm</i>	39
Gambar 3. 16 <i>Floating mechanical arm</i>	39
Gambar 3. 17 Desain pemecah ombak.....	40
Gambar 3. 18 Pemecah ombak.....	40
Gambar 3. 19 Desain <i>storage box</i>	41
Gambar 3. 20 <i>Storage box</i>	41

Gambar 3. 21 Motor DC	42
Gambar 3. 22 Lengan batang engkol	43
Gambar 3. 23 <i>Speed controler</i>	43
Gambar 3. 24 Generator DC	44
Gambar 3. 25 <i>Linear ball bearing</i>	45
Gambar 3. 26 <i>Bearing</i>	45
Gambar 3. 27 Multitester digital	47
Gambar 3. 28 <i>Hollow</i>	48
Gambar 3. 29 Elektroda	48
Gambar 3. 30 Kaca.....	49
Gambar 3. 31 Kabel tembaga.....	50
Gambar 3. 32 PLA	50
Gambar 3. 33 <i>Fiber</i>	51
Gambar 3. 34 Resin dan katalis.....	52
Gambar 3. 35 Kertas karton	52
Gambar 3. 36 Pipa karbon.....	53
Gambar 3. 37 Triplek	53
Gambar 3. 38 Aquaproof.....	54
Gambar 3. 39 Kawat loket PVC.....	55
Gambar 3. 40 Pembuatan kerangka	56
Gambar 3. 41 Pembuatan tangki gelombang	57
Gambar 3. 42 Pembuatan <i>exciter</i>	59
Gambar 3. 43 Pembuatan pelampung	60
Gambar 3. 44 Pembuatan <i>rack</i> dan <i>pinion</i>	61
Gambar 3. 45 Pembuatan pemecah gelombang	62
Gambar 3. 46 Pembuatan <i>storage box</i>	62
Gambar 4. 1 Posisi pengukuran pengujian.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Perbandingan daya penggerak exciter.....	67
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian.....	67
Tabel 4. 3 Perbandingan pengujian I hingga IV	70

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Pengujian I.....	61
Grafik 4. 2 Pengujian II.....	69
Grafik 4. 3 Pengujian III	61
Grafik 4. 4 Pengujian IV	69
Grafik 4. 5 Kuat arus terhadap panjang batang engkol.....	74
Grafik 4. 6 Kuat arus terhadap gelombang diterima pelampung	74
Grafik 4. 7 Tegangan terhadap panjang batang engkol.....	75
Grafik 4. 8 Tegangan terhadap gelombang diterima pelampung.....	76
Grafik 4. 9 Daya listrik terhadap panjang batang engkol.....	77
Grafik 4. 10 Daya listrik terhadap gelombang diterima pelampung	77

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Pneeggunaan pertama halaman
kW/m^2	Intensitas daya	1
%	Persen	1
km^2	Kilometer persegi	1
$^{\circ}\text{C}$	Celsius	2
MW	Megawatt	2
rpm	Revolusi per menit	3
m	Meter	4
cm	Sentimeter	6
T	Periode	24
mm/s	Kecepatan	24
f	Frekuensi hertz	24
cps	<i>Cycle per second</i>	24
P	Daya	25
T_{motor}	Torsi motor	25
N	Kecepatan putaran	25
F	Gaya	25
a	Percepatan gravitasi	25
r	Jari-jari	26
A_r	Amplitudo refleksi	26
A_b	Amplitudo bukit	26
A_l	Amplitudo lembah	26
$\cos \theta$	Faktor daya	26
P	Daya listrik	27
V	Tegangan	27
I	Kuat arus	27
mm	Milimeter	33
mA	Milliampere	67
mV	Millitvolt	67

mW	Milliwatt	70
A_{diserap}	Amplitudo diserap	72
A_{sebelum}	Amplitudo sebelum	72
A_{sesudah}	Amplitudo sesudah	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi kegiatan	84
Lampiran 2 Dokumentasi Pengujian	85
Lampiran 3 Gambar desain	86