

**PENGARUH KONSTANTA PEGAS EKUIVALEN 3920 N/m PADA STUDI
KINERJA PERANGKAT KONVERTER ENERGI GELOMBANG AKIBAT
GERAK *PITCHING***



NOVALDY TEGUH RAMADHAN

NIM: 41320010051

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA 2024

LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGARUH KONSTANTA PEGAS EKUIVALEN 3920 N/m PADA STUDI
KINERJA PERANGKAT KONVERTER ENERGI GELOMBANG AKIBAT
GERAK *PITCHING*



Nama : Novaldy Teguh Ramadhan

Nim : 41320010051

Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
JULI 2024

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Novaldy Teguh Ramadhan
NIM : 41320010051
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Laporan Skripsi : Pengaruh Konstanta Pegas Ekuivalen 3920 N/m Pada Studi Kinerja Perangkat Konverter Energi Gelombang Akibat Gerak *Pitching*

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing : Swandya Eka Pratiwi, S.T., M.Sc.

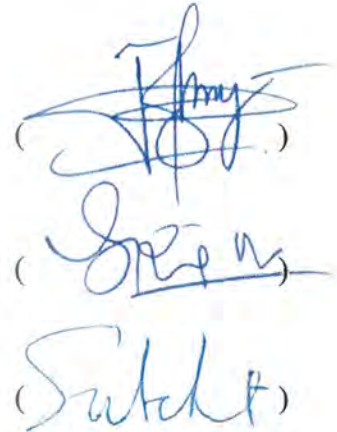
NIDN : 0320059101

Ketua Penguji : Haris Wahyudi, S.T., M.Sc.

NIDN : 0329037803

Anggota Penguji : Subekti, S.T., M.T.

NIDN : 0323117307



Jakarta, 25 Juli 2024

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Kaprodi Teknik Mesin



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, S.T.P., M.T.

NIP. 0307037202



Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T.

NIP. 0005087502

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Novaldy Teguh Ramadhan
NIM : 41320010051
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Konstanta Pegas Ekuivalen 3920 N/m Pada
Studi Kinerja Perangkat Konverter Energi Gelombang
Akibat Gerak *Pitching*

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 25 Juli 2024



Novaldy Teguh Ramadhan

PENGHARGAAN

Puji syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyusun serta menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu. Penyusunan laporan Tugas Akhir adalah salah satu syarat untuk menempuh ujian jenjang Sarjana Sastra Satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Pada proses pelaksanaan kegiatan dan penyusunan laporan Tugas Akhir, penulis menyadari begitu banyak kekurangan sehingga membutuhkan bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Andi Adriansyah, M. Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Dr. Eng. Imam Hidayat, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Gilang Awan Yudhistira, ST, MT. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin dan Koordinator Tugas Akhir.
5. Ibu Swandya Eka Pratiwi, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing penulis dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir.
6. Bapak Haris Wahyudi, S.T., M.Sc. Bapak Subekti, S.T., M.T. dan Ibu Swandya Eka Pratiwi, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun pada penulisan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Firman dan Bapak Dikki selaku Laboran Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang telah memberikan pengarahan terkait progres tugas akhir yang tepat untuk digunakan dalam penelitian ini.
8. Muhamad Fadhil Faali, Agung Dwi Prasetya, Dimas Suharto, Muhamad Yoga Setiawan, Imam Fauzi selaku rekan *Project Wave Energy Converter* membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini dalam segi penulisan dan memberikan dukungan penuh dalam menyelesaikan tugas akhir.
9. Bapak Mulyono dan Ibu Kundari selaku orang tua penulis yang tercinta yang telah membiayai kuliah dari awal masuk kuliah hingga akhir serta memberikan

dukungan dan doa selama penyusunan laporan Tugas Akhir.

10. Keluarga Teknik Mesin Angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu.
11. Seluruh dosen pengajar khususnya Dosen Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang telah memberikan ilmunya kepada penulis sehingga penulis dapat kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
12. Semua pihak yang telah membantu seluruh rangkaian kegiatan Tugas Akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sangat menyadari masih banyak kekurangan dalam laporan Tugas Akhir dikarenakan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun agar laporan ini nantinya dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.



Jakarta, 25 Juli 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Novaldy Teguh Ramadhan'.

Novaldy Teguh Ramadhan

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRAK

Energi gelombang laut yang merupakan energi terbarukan dan khususnya di Indonesia sangat berpotensi untuk dikembangkan dan dimanfaatkan menjadi energi pembangkit listrik yang tidak ternilai harganya. Dengan kondisi ini, Konverter Energi Gelombang (KEG) menggunakan prinsip dasar yaitu mengubah energi gelombang menjadi gerakan linier atau rotation untuk menggerakkan generator kemudian mengkonversinya menjadi listrik. Pada penelitian sebelumnya yang menggunakan desain ponton I *beam* dengan konstanta pegas 612,5 N/m mempunyai beberapa kekurangan salah satunya kurang efektif menangkap gaya gelombang dan tidak mampu menghasilkan energi listrik lebih besar. Namun pada penelitian ini dibuat desain ponton baru yaitu H *beam* dengan harapan penambahan konstanta pegas ekuivalen 3920 N/m dapat lebih efektif menangkap gaya gelombang dan mampu menghasilkan energi listrik lebih besar. Tujuan penelitian ini menentukan daya kinerja perangkat energi gelombang dalam menghasilkan Tegangan, Arus, Putaran pada poros *gearbox*, dan Efisiensi dengan konstanta pegas ekuivalen 3920 N/m akibat gerak *pitching* dan menganalisis kerja jenis ponton yang lebih baik agar dapat menghasilkan daya listrik yang lebih besar. Uji lapangan dilakukan di laut pantai Tanjung Pasir Tangerang menggunakan metode eksperimental dan pengamatan dilakukan dalam tiga sesi. Penelitian ini mengevaluasi kinerja perangkat Konverter Energi Gelombang (KEG) dengan variasi konstanta pegas dan desain struktur. Perangkat dengan konstanta pegas ekuivalen 3920 N/m mampu menghasilkan tegangan listrik maksimal sebesar 142 V, arus listrik maksimal 12,9 A dan daya yang dihasilkan sebesar 1831,81 Watt dengan putaran poros *gearbox* hingga 39,32 RPM. Energi power take off yang dihasilkan mencapai 9159 Joule, dengan energi mekanik gelombang maksimal sebesar 17961,21 Joule dan efisiensi maksimal 0,52%. Dalam perbandingan desain, H Beam dengan konstanta pegas 3920 N/m menghasilkan daya 1831,81 W, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan I Beam yang hanya mencapai 254,54 W. Hasil ini menunjukkan bahwa desain dan konstanta pegas yang lebih tinggi secara signifikan meningkatkan kinerja perangkat KEG.

Kata Kunci: Konverter Energi; *Pitching*; *Planetary Gear*; Generator.

**EFFECT OF 3920 N/m EQUIVALEN SPRING CONSTANTABILITY ON THE
PERFORMANCE STUDY OF A WAVES ENERGY CONVERTER DEVICE
AGAINST PITCHING MOTION**

ABSTRACT

Ocean wave energy which is renewable energy and especially in Indonesia has the potential to be developed and utilized into invaluable power generation energy. With this condition, the Wave Energy Converter (WEC) uses the basic principle of converting wave energy into linear motion or rotation to drive a generator and then convert it into electricity. In previous studies that used the I beam pontoon design with a spring constant of 612.5 N / m had several shortcomings, one of which was less effective in capturing wave forces and was unable to produce greater electrical energy. However, in this study a new pontoon design was made, namely the H beam with the hope that the addition of an equivalen spring constant of 3920 N / m can more effectively capture wave forces and be able to produce greater electrical energy. The purpose of this research is to determine the performance of the wave energy device in producing Voltage, Current, Rotation on the gearbox shaft, and Efficiency with an equivalen spring constant of 3920 N/m due to pitching motion and analyze the work of better pontoon types in order to produce greater electrical power. Field tests were conducted in the sea of Tanjung Pasir beach Tangerang using experimental methods and observations were made in three sessions. This study evaluates the performance of the Wave Energy Converter (WEC) device with variations in spring constant and structural design. The device with an equivalen spring constant of 3920 N/m is able to produce a maximum electrical voltage of 142 V, a maximum electrical current of 12.9 A and a generated power of 1831.81 Watt with gearbox shaft rotation up to 39.32 RPM. The power takes off energy generated reaches 9159 Joules, with a maximum wave mechanical energy of 17961.21 Joules and a maximum efficiency of 0.52%. In the design comparison, the H Beam with an equivalen spring constant of 3920 N/m produced 1831.81 W of power, much higher than the I Beam which only reached 254.54 W. These results show that the higher design and spring constant significantly improved the performance of the KEG device.

Keywords: Energy Converter; Pitching; Planetary Gear; Generator.

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN PENGESAHAN | i |
| HALAMAN PERNYATAAN | ii |
| PENGHARGAAN | iii |
| ABSTRAK | v |
| ABSTRACT | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR SIMBOL | xiii |
| DAFTAR SINGKATAN | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 LATAR BELAKANG | 1 |
| 1.2 RUMUSAN MASALAH | 3 |
| 1.3 TUJUAN | 3 |
| 1.4 MANFAAT | 3 |
| 1.5 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH | 4 |
| 1.6 SISTEMATIKA PENULISAN | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 PENELITIAN TERDAHULU | 6 |
| 2.2 <i>WAVE ENERGY CONVERTER (WEC)</i> | 10 |
| 2.3 <i>PLANETARY GEAR</i> | 10 |
| 2.4 PERBANDINGAN <i>USE PLANETARY</i> DAN <i>NON USE PLANETARY</i> | 12 |
| 2.4.1 <i>Use Planetary Gear</i> | 12 |
| 2.4.2 <i>Non-Use Planetary Gear</i> | 12 |
| 2.5 GERAK <i>PITCHING</i> | 13 |

| | | |
|------------------------------------|--|-----------|
| 2.6 | <i>AZAZ UNDAMPED FORCED VIBRATION SYSTEM</i> | 14 |
| 2.7 | <i>FREE BODY DIAGRAM</i> | 15 |
| 2.8 | KONSTANTA PEGAS | 16 |
| 2.9 | ENERGI MEKANIK PEGAS | 17 |
| 2.10 | GELOMBANG LAUT | 17 |
| 2.10.1 | Tinggi Gelombang Laut | 18 |
| 2.10.2 | Panjang Periode Gelombang Laut | 19 |
| 2.11 | ENERGI MEKANIK GELOMBANG | 20 |
| 2.12 | DAYA <i>POWER TAKE OFF</i> | 21 |
| 2.13 | EFISIENSI MESIN KONVERTER ENERGI GELOMBANG | 21 |
| BAB III METODOLOGI | | 23 |
| 3.1 | DIAGRAM ALIR | 23 |
| 3.2 | ALAT DAN BAHAN | 25 |
| 3.3 | METODE PENELITIAN | 32 |
| 3.4 | PROSEDUR EKSPERIMEN | 32 |
| 3.5 | PROSES LANGKAH-LANGKAH PENGAMBILAN DATA | 33 |
| 3.5.1 | Pengukuran Konstanta Pegas | 34 |
| 3.5.2 | Pengukuran Kecepatan Angin | 34 |
| 3.5.3 | Pengukuran RPM | 35 |
| 3.5.4 | Pengukuran Besaran Tegangan dan Arus | 35 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 36 |
| 4.1 | HASIL EKSPERIMEN KINERJA KEG | 36 |
| 4.2 | PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA | 37 |
| 4.2.1 | Data Identifikasi Eksperimen Laut | 37 |
| 4.2.2 | Data Analisis Eksperimen Laut | 39 |
| 4.3 | PERHITUNGAN DATA PERANGKAT KEG | 40 |
| 4.3.1 | Perhitungan Konstanta dan Energi Mekanik Pegas | 40 |
| 4.3.2 | Perhitungan Ketinggian Gelombang Laut | 41 |

| | | |
|-----------------------|--|-----------|
| 4.3.3 | Perhitungan Periode dan Panjang Gelombang Laut | 42 |
| 4.3.4 | Perhitungan <i>Power Take Off</i> | 44 |
| 4.3.5 | Perhitungan Energi Mekanik Gelombang | 46 |
| 4.3.6 | Perhitungan Efisiensi Perangkat KEG | 48 |
| 4.4 | HASIL DAN PEMBAHASAN EKSPERIMEN MESIN KEG | 50 |
| 4.4.1 | Hasil Data Eksperimen Tegangan H <i>Beam</i> | 50 |
| 4.4.2 | Hasil Data Eksperimen Arus H <i>Beam</i> | 51 |
| 4.4.3 | Hasil Data Eksperimen Daya H <i>Beam</i> | 52 |
| 4.5 | PERBANDINGAN EKSPERIMEN PONTON I <i>BEAM</i> DAN H <i>BEAM</i> | 52 |
| 4.5.1 | Perbandingan Tegangan Antara H <i>Beam</i> dan I <i>Beam</i> | 52 |
| 4.5.2 | Perbandingan Arus antara H <i>Beam</i> dan I <i>Beam</i> | 53 |
| 4.5.3 | Perbandingan Daya antara H <i>Beam</i> dan I <i>Beam</i> | 54 |
| BAB V PENUTUP | | 56 |
| 5.1 | KESIMPULAN | 56 |
| 5.2 | SARAN | 57 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 58 |
| LAMPIRAN | | 60 |



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 <i>Planetary Gear</i> | 11 |
| Gambar 2. 2 <i>Planetary Gear Driven</i> | 13 |
| Gambar 2. 3 Sistem Olah Gerak <i>Pitching</i> | 13 |
| Gambar 2. 4 Gaya yang bergerak pada Ponton | 14 |
| Gambar 2. 5 <i>Free Body Diagram</i> Pada Sistem <i>Spring</i> | 15 |
| Gambar 2. 6 <i>Spring Free Vibration</i> | 16 |
| Gambar 2. 7 Pergerakan Gelombang Laut | 18 |
| Gambar 2. 8 Dimensi Gelombang | 19 |
| Gambar 2. 9 Energi Mekanik Gelombang | 20 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian | 23 |
| Gambar 3. 2 Struktur Konverter Energi Gelombang | 27 |
| Gambar 3. 3 <i>Gearbox</i> | 28 |
| Gambar 3. 4 <i>Generator</i> Model RS555 | 28 |
| Gambar 3. 5 Ponton Tipe H <i>Beam</i> | 29 |
| Gambar 3. 6 <i>Spring</i> Pegas | 29 |
| Gambar 3. 7 Anemometer | 30 |
| Gambar 3. 8 Multimeter Digital | 30 |
| Gambar 3. 9 <i>Planetary Gear</i> | 31 |
| Gambar 3. 10 Tachometer Digital | 31 |
| Gambar 3. 11 Lokasi Penelitian | 32 |
| Gambar 3. 12 Diagram Alir Proses Pengujian | 33 |
| Gambar 3. 13 Uji Coba Pembebanan Pada Pegas | 34 |
| Gambar 3. 14 Pengukuram Kecepatan Angin Dengan Anemometer | 34 |
| Gambar 3. 15 Pengukuram RPM Pada Poros <i>Gearbox</i> | 35 |
| Gambar 3. 16 Pengukuram Besaran Tegangan Dan Arus | 35 |
| Gambar 4. 1 Proyeksi Mesin Konverter Energi Gelombang (KEG) | 36 |
| Gambar 4. 2 Grafik Data Tegangan Listrik with <i>Planetary</i> dan <i>Without Planetary</i> | 50 |
| Gambar 4. 3 Grafik Data Arus Listrik with <i>Planetary</i> dan <i>Without Planetary</i> | 51 |
| Gambar 4. 4 Grafik Data Daya Listrik with <i>Planetary</i> dan <i>Without Planetary</i> | 52 |
| Gambar 4. 5 Perbandingan Tegangan antara H <i>Beam</i> dan I <i>Beam</i> | 53 |
| Gambar 4. 6 Perbandingan Arus antara H <i>Beam</i> dan I <i>Beam</i> | 53 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu | 6 |
| Tabel 3. 1 Diagram Alir Penelitian | 25 |
| Tabel 4. 1 Hasil Eksperimen Pengukuran RPM | 37 |
| Tabel 4. 2 Hasil Eksperimen Pengukuran Tegangan | 38 |
| Tabel 4. 3 Hasil Eksperimen Pengukuran Arus | 38 |
| Tabel 4. 4 Data Analisis <i>With Planetary</i> | 39 |
| Tabel 4. 5 Data Analisis <i>Without Planetary</i> | 39 |
| Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Ketinggian, Panjang Dan Periode Gelombang | 44 |
| Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Nilai PTO | 46 |
| Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Nilai Energi Mekanik Gelombang | 48 |
| Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Nilai Efisiensi Perangkat KEG | 50 |



DAFTAR SIMBOL

| Simbol | Keterangan |
|-----------------|------------------------------|
| P | Daya |
| w | Beban |
| m | Massa |
| λ | Panjang Gelombang |
| H | Tinggi Gelombang |
| g | Percepatan Gravitasi |
| k | Konstanta Pegas |
| t | Waktu (<i>Second</i>) |
| Δx | Selisih Jarak Awal dan Akhir |
| ρ | Massa Jenis Air |
| P_w | Energi Mekanik Gelombang |
| J | <i>Disk</i> ponton |
| θ | Sudut <i>pitching</i> |
| $F_{w\theta}$ | <i>Wave exciting force</i> |
| E_p | Energi Potensial |
| H _{mo} | Ketinggian gelombang |
| U _A | Faktor kecepatan angin |
| T | Periode Gelombang |

DAFTAR SINGKATAN

| Singkatan | Keterangan |
|-----------|---|
| KEG | Konverter Energi Gelombang |
| PTO | <i>Power Take Off</i> |
| PLTGL-SB | Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang-Sistem Bandulan |
| WEC-DMDS | <i>Wave Energy Converter-Direct Mechanical Drive System</i> |
| UCG | <i>Unidirectional Cascadet Gear</i> |
| OWC | <i>Oscillating Water Column</i> |

