

SKRIPSI
DESAIN RANGKAIAN PENGUAT TEGANGAN PADA PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT



Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :

MUHAMMAD NURAJI ABDILAH

03041381722119

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2021

LEMBAR PENGESAHAN
DESAIN RANGKAIAN PENGUAT TEGANGAN PADA PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT



SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :



MUHAMMAD NURAJI ABDILAH

03041381722119

Palembang, 07 Oktober 2021

Menyetujui,
Pembimbing Utama

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197108141999031005



Dr. Bhakti Yudho Supranto, S.T., M.T.
NIP. 197502112003121002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Nuraji Abdilah
NIM : 03041381722119
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 6 %

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “Desain Rangkaian Penguat Tegangan pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut”. merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Palembang, 07 Oktober 2021



Muhammad Nuraji Abdilah

NIM. 03041381722119

Saya sebagai Pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya ruang lingkup dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan

:  _____

Pembimbing Utama

: Dr. Ir. Bhakti Yudho S, SP. MT

Tanggal

: 07 / Oktober / 2021

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Nuraji Abdilah

NIM : 03041381722119

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**DESAIN RANGKAIAN PENGUAT TEGANGAN PADA PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media /formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang

Pada tanggal : 07 Oktober 2021



Muhammad Nuraji Abdilah
NIM. 03041381722119

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah ﷻ serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad ﷺ, keluarga dan para sahabat Tuhan yang Maha Esa. Atas Berkat dan Kasih dari Tuhan, keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat dan karunia Allah ﷻ, penulis dapat menyelesaikan skripsi “Desain Rangkain Penguat Tegangan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut”.

Pembuatan skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya dan Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. selaku pembimbing utama tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingan dan memberikan ilmu selama proses penulisan skripsi.
3. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. dan Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti S.T., M.S. selaku pencetus dan memberikan bimbingan pada tugas akhir ini serta pengembang ide.
4. Dosen pembimbing akademik, bapak Ir. Sariman, M.S. yang telah memberikan arahan serta bimbingan kepada penulis selama masa perkuliahan.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. Orang tua, saudara, keluarga yang selalu memberikan semangat dan memberi dukungan baik secara mental, fisik, maupun finansial.
7. Astri Indriani yang menjadi tempat cerita suka duka dan selalu memberikan support terbaiknya kepada penulis.
8. Muhammad Yusup selaku rekan kerja yang selalu bersemangat dalam pembuatan tugas akhir ini.

9. Markus Hermawan, Irvine Valiant Fanthony, Albert Mario, Nyiayu Aisyatul Addawiyah, Prima Nugraha Adiansyah, dan teman-teman satu angkatan konsentrasi Teknik kendali dan Komputer yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini khususnya.
10. Rekan satu perjuangan menulis skripsi dengan tempat berbagi keluh kesah (M. Rizky Bayu Prasetyo, Ari Gunawan, Hauzaan Kalimatullah, M. Gilang Ramadhan, M. Nazri, Achmad Syaugi Ramadhan).
11. Teman-teman Klub Robotika Unsri yang selalu membantu, menyemangati dan mengisi hari-hari menjadi sangat menyenangkan.
12. Keluarga besar Teknik Elektro 2017, Kampus indralaya dan Palembang Universitas Sriwijaya, kakak dan adik tingkat Teknik Elektro 2014-2020 Universitas Sriwijaya
13. Pihak-pihak yang sangat membantu di dalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Di dalam penyusunan skripsi ini, masih terdapat kekurangan karena keterbatasan penyusun, oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat menjadi evaluasi dan berguna untuk penyusun dimasa yang akan datang.

Palembang, 07 Oktober 2021



Muhammad Nuraji Abdilah

NIM. 03041381722119

ABSTRAK

DESAIN RANGKAIAN PENGUAT TEGANGAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT

(Muhammad Nuraji Abdilah, 03041381722119, 2021, 32 halaman)

Seperti yang telah diketahui, perkembangan energi alternatif belakangan ini semakin cepat berkembang, salah satu di antaranya ialah energi yang memanfaatkan pasang gelombang laut sebagai pembangkit listrik. Melimpahnya potensi gelombang laut yang ada di Indonesia saat ini masih belum dapat di manfaatkan secara maksimal, hal ini di karenakan kendala dari mekanisme gerak dan generator (penghasil energi listrik) yang kurang stabil. Oleh sebab itu, di gunakan sebuah rangkaian yang dapat memperkuat dan menstabilkan tegangan keluaran, seperti *power supply* yang dapat merubah arus listrik bolak-balik menjadi arus listrik searah, *power supply* juga merupakan perangkat elektronika yang dapat memasok energi untuk satu atau lebih beban listrik yang digunakan. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa perancangan rangkaian penguat tegangan mampu menghasilkan keluaran yang cukup stabil di kisaran 4,37 – 6,23 Volt untuk rangkaian pertama, dan 8,66 – 15,39 Volt untuk rangkaian kedua.

Kata kunci: *Penguat tegangan, PLTGL, Flywheel, Gyroscope, dan Gimbal*

ABSTRACT

VOLTAGE AMPLIFIRE CIRCUIT DESIGN IN OCEAN WAVE POWER PLANT

(Muhammad Nuraji Abdilah, 03041381722119, 2021, 32 pages)

As is well known, the development of alternative energy is currently growing faster, one of which is energy that utilizes ocean tides as a power plant. The abundance of potential ocean waves in Indonesia at this time still cannot be utilized optimally, this is due to the constraints of the motion mechanism and the generator (generating electrical energy) which is less stable. Therefore, a circuit is used that can strengthen and stabilize the output voltage, such as a power supply that can convert alternating electric current into direct current, a power supply is also an electronic device that can supply energy for one or more electrical loads used. The results of the study indicate that the design of the voltage amplifier circuit is able to produce a fairly stable output in the range of 4.37 – 6.23 Volts for the first circuit, and 8.66 – 15.39 Volts for the second circuit.

Keyword: *Voltage booster, Sea Wave Power Plant, Flywheel, Gyroscope and Gimbal*

DAFTAR ISI

SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Pembatasan Masalah.....	2
1.5 Keaslian Penelitian	3
BAB II	5
2.1 <i>State of The Art</i>	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (<i>PLTGL</i>)	10
2.3 <i>Gyroscope</i>	13
2.4 <i>Power Supply</i>	14
2.5 IC Regulator 7818.....	14
2.6 DC to DC.....	14
2.7 Penguat Tegangan.....	15
BAB III	16
3.1 Studi Literatur.....	16

3.2	Perancangan Sistem	16
3.2.1	Perancangan Simulasi	17
3.2.2	Perancangan <i>Hardware</i>	18
3.3	Pengujian Sistem	20
BAB IV	21
4.1	Perancangan Alat.....	21
4.2	Penentuan model rangkaian	22
4.3	Pengujian Sistem	24
4.3.1	Pengujian Nilai Keluaran Rangkaian Pertama PLTGL.....	24
4.3.2	Pengujian Nilai Keluaran Rangkaian Kedua PLTGL	25
4.3.3	Grafik perbandingan antara Rangkaian Pertama dan Kedua.....	26
BAB V	31
5.1	Kesimpulan	31
5.2	Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gerakan Bndul.....	5
Gambar 2.2 Grafik diameter ideal	6
Gambar 2.3 Grafik kemampuan daya untuk rantai.....	6
Gambar 2.4 Konsep tampilan eksternal ISWEC	7
Gambar 2.5 PLTGL dengan 1 DOF.....	7
Gambar 2.6 PLTGL dengan 2 DOF.....	8
Gambar 2.7 Daya yang Dihasilkan oleh PLTGL	9
Gambar 2.8 Skema <i>amplifire</i> pada PLTGL	9
Gambar 2.9 <i>Final Amplifier LM3876</i>	10
Gambar 2.10 Hasil dari <i>Sinyal PZT</i> dengan dua kali penguatan.....	10
Gambar 2.11 Hasil dari <i>Sinyal PZT</i> dengan sepuluh kali penguatan.....	10
Gambar 2.12 PLTGL-OWC	11
Gambar 2.13 PLTGL-Pelamis.....	12
Gambar 2.14 PLTGL- <i>Duck</i>	12
Gambar 2.15 PLTGL-AWS	13
Gambar 2.16 Struktur dan prinsip <i>Gyroscope</i>	13
Gambar 2.17 IC Regulator 7818.....	14
Gambar 2.18 DC to DC.....	15
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Langkah Penelitian	16
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> simulasi rangkaian pada PLTGL	17
Gambar 3.3 Desain rangkaian penguat tegangan	17
Gambar 3.4 Desain Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut.....	18
Gambar 3.5 Rangkaian Generator AC	19
Gambar 3.6 Rangkaian Generator DC	19
Gambar 4.1 Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut	21
Gambar 4.2 Desain Rangkaian penguat tegangan pertama.....	22
Gambar 4.3 Pengujian ragkaian pertama menggunakan <i>software</i>	22
Gambar 4.4 Desain Rangkaian penguat tegangan kedua.....	23
Gambar 4.5 Pengujian ragkaian kedua menggunakan <i>software</i>	23

Gambar 4.6 Rangkain Penguat Tegangan Pertama	24
Gambar 4.7 Rangkaian Penguat Tegangan Kedua	26
Gambar 4.8 Grafik perbandingan menggunakan kecepatan <i>flywheel</i> 6207 rpm...27	
Gambar 4.9 Grafik perbandingan menggunakan kecepatan <i>flywheel</i> 5298 rpm...28	
Gambar 4.10 Grafik perbandingan menggunakan kecepatan <i>flywheel</i> 4923 rpm.29	
Gambar 4.11 Grafik perbandingan menggunakan kecepatan flywheel 4144 rpm.30	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nilai keluaran dari Rangkaian Penguat Tegangan Pertama	25
Tabel 4.2 Nilai keluaran dari Rangkaian Penguat Tegangan Kedua	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Komponen-komponen pada rangkaian pertama

Lampiran 2. Komponen-komponen pada rangkaian kedua

Lampiran 3. Program pengukur tegangan Arduino IDE

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritime yang mempunyai wilayah lautan yang sangat luas dengan 2/3 dari total seluruh wilayah negara kesatuan republik indonesia, yang artinya hampir 70% negara indonesia di dominasi dengan lautan. Dengan memiliki wilayah lautan yang sangat luas itu, indonesia tentunya memiliki potensi yang sangat besar, tak terkecuali dengan energi gelombang lautnya [1].

Seperti yang telah diketahui, perkembangan energi alternatif belakangan ini semakin cepat berkembang, salah satu di antaranya ialah energi yang memanfaatkan pasang gelombang laut sebagai pembangkit listrik, penyebab perkembangan energi alternatif yang semakin cepat belakangan ini ialah dikarenakan semakin berkurangnya sumber energi yang berasal dari fosil [2]. Seperti yang telah di prediksi pada tahun 2015 lalu akan terjadi krisis energi yang akan melanda dunia, hal ini di sebabkan karena semakin berkurangnya pasokan minyak bumi dan semakin banyaknya permintaan mengenai energi itu sendiri. Karena hal itu lah yang merupakan penyebab di perlukannya terobosan untuk menggunakan energi yang terbarukan seperti pemanfaatan energi gelombang laut [3].

Melimpahnya potensi gelombang laut yang ada di Indonesia saat ini masih belum dapat di manfaatkan secara maksimal, hal ini di karenakan kendala dari mekanisme gerak dan generator (penghasil energi listrik) yang kurang stabil atau konstan, pergerakan gelombang laut naik dan turun yang tidak stabil menjadi salah satu faktor penyebab, sehingga generator menjadi kurang stabil atau konstan [4].

Dari penelitian yang telah di lakukan sebelumnya bahwa 1 meter dari muka gelombang (*wave front*) dapat menghasilkan daya sebesar 100kW, akan tetapi besarnya energi yang di hasilkan hilang begitu saja ke pantai [5]. Oleh sebab itu, di gunakan sebuah rangkaian yang dapat memperkuat dan menstabilkan tegangan keluaran, seperti *power supply* atau catu daya yang merupakan sebuah alat elektronika yang dapat

merubah arus listrik bolak-balik menjadi arus listrik searah, catu daya juga merupakan perangkat elektronika yang dapat memasok energi untuk satu atau lebih beban listrik yang di gunakan [6].

Berdasarkan latar belakang tersebut yang mendasari penulis untuk membuat desain rangkaian penguat tegangan pada pembangkit listrik tenaga gelombang laut, agar dapat menghasilkan tegangan keluaran yang di butuhkan.

1.2 Perumusan Masalah

Pemanfaatan energi gelombang laut yang ada di indonesia sekarang ini belum maksimal seperti yang di harapkan. Hal ini di sebabkan karena naik turunnya gelombang laut yang tidak stabil sehingga mempengaruhi *output* yang konstan, sistem yang di gunakan berupa *gyroscope* mengingat pergerakan gelombang laut yang naik turun tidak beraturan, serta *output* yang di hasilkan berupa tegangan DC (*Direct Current*) menjadi pilihan yang akan di gunakan, mengingat *prototype* yang di gunakan berskala laboratorium.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan di lakukannya penelitian ini ialah, sebagai berikut :

1. Pemanfaatan gelombang laut sebagai sumber energi.
2. Dapat menghasilkan tegangan konstan yang dapat di ubah-ubah.

1.4 Pembatasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini ialah, sebagai berikut :

1. *Prototype* berskala laboratorium.
2. Menghasilkan tegangan 5-12 VDC
3. Menggunakan gimbal *platform* 1 DOF.
4. Menggunakan pelampung *platform* 1 DOF.

1.5 Keaslian Penelitian

Pengujian mengenai pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PLTGL) ini telah dilakukan oleh beberapa orang peneliti, seperti yang dilakukan oleh Masjono Muchtar dan kawan-kawan. Pada penelitian tersebut membahas rangkaian gear searah pada periode ombak yang bervariasi, berdasarkan hasil dari pengujian fisik yang dilakukan di laboratorium Hidrolika Universitas Hasanuddin. Mereka menyimpulkan bahwa periode ombak sangat berpengaruh terhadap kinerja konverter energi ombak rangkaian gear searah. Besarnya energi yang ditangkap berbanding terbalik dengan panjangnya periode ombak, periode ombak yang semakin panjang maka akan semakin kecil pula energi yang dihasilkan, mereka juga menambahkan bahwa hasil penelitiannya hanya berlaku untuk ombak yang reguler, sedangkan untuk ombak yang non reguler diperlukan penelitian yang lebih lanjut, sebelum konverter tersebut di implementasikan secara langsung di laut [7].

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Giovanni Bracco dan teman-temannya, yang membahas tentang desain model *prototype* PLTGL dengan prinsip *gyroscopic*, pada penelitian tersebut mereka menggunakan sistem gimbali *platform 1 DOF (Degrees of Freedom)* yang mana pada ujung gimbalnya terdapat PTO (*Power take off*) untuk menghasilkan energi listrik. Berdasarkan simulasi yang mereka lakukan didapatkan nilai keluaran tegangan yang mendekati nol. Pada penelitian tersebut PLTGL hanya mampu menghasilkan tegangan ketika gelombang laut sejajar dengan putaran *flywheel* [8].

Setelah itu adapun penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Cahyadi, Emir Nasrullah, dan Agus Trisanto, penelitian yang mereka lakukan telah berhasil membuat power supply DC menggunakan mikrokontroler berbasis *Atmega 8535* dengan menggunakan *set-point keypad*, serta mereka juga telah berhasil mengaplikasikan sistem P-I (*Proportional Integral*) pada *power supply* DC yang mereka buat, sehingga dapat mempertahankan nilai tegangan sesuai dengan set-point yang telah ditentukan,

mereka juga menambahkan bahwa dengan adanya kendali P-I (*Propotional Integral*) dapat mempertahankan nilai tegangan sesuai *set-point*. Pada penelitian yang mereka lakukan hanya hanya dapat membuat tegangan yang konstan [6].

Adapun penelitian yang di lakukan oleh Tasdik Darmana dan Tony Koerniawan yang membahas tentang perancangan rangkaian penguat daya dengan transistor, mereka menyimpulkan bahwa nilai kapasitor pada rangkaian penguat daya tidak mempengaruhi kinerja dari transistor tersebut, karena hanya memiliki nilai reaktansi kapasitif yang sangat kecil. Pada penelitian yang mereka lakukan hanya membahas tentang penguatan tegangan yang di lakukan oleh transistor [9].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Faulincia, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dengan Metoda Oscilating Water Column di Perairan Kendari Indonesia," *J. Mech. Eng. Mechatronics*, vol. 4, 2019.
- [2] D. Satria, Y. Chan, and D. Kurniawan, "Rancang Bangun Alat Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Bandul Ganda (PLTGL-SBG) Skala Laboratorium," *Simp. Nas. RAPI XIII*, 2014.
- [3] C. S. J. Mintarso, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Naga Listrik Skala Laboratorium," *J. Wave, UPT. BPPH – BPPT*, vol. 3, 2009.
- [4] A. Indriani, R. Julianto, Hendra, and A. Tajung, "Optimalisasi Performansi Generator Sinkron Gerak Translasi dan Rotasi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut," *Semin. FORTEI*, 2019.
- [5] T. Soedarto and W. H. Nugroho, "Desain Amplifier untuk Model Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Berbasis Material PZT (Piezoceramics)," *J. Wave*, vol. 7, pp. 69–75, 2013.
- [6] M. Cahyadi, Emir Nasrullah, and A. Trisanto, "Rancang Bangun Catu Daya DC 1V–20V Menggunakan Kendali P-I Berbasis Mikrokontroler," *Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 10, 2016.
- [7] M. Muchtar, S. Manjang, D. A. Suriamiharja, and M. A. Thaha, "Kinerja Model Fisik Konverter Energi Ombak Rangkaian Gear Searah pada Periode Ombak yang Bervariasi," *J. MEDIA Komun. Tek. SIPIL*, vol. 22, 2016.
- [8] G. Bracco, E. Giorcelli, G. Mattiazzo, and M. Pastorelli, "Design of a Gyroscopic Wave Energy System," *IEEE*, 2011.
- [9] T. Darmana and T. Koerniawan, "Perancangan Rangkaian Penguat Tegangan Dengan Transistor," *J. Sutet*, vol. 7, 2017.
- [10] G. Bracco, E. Giorcelli, G. Mattiazzo, M. Pastorelli, and J. Taylor, "ISWEC: Design of a Prototype Model With Gyroscope," *2009 Int. Conf. Clean Electr. Power, ICCEP 2009*, pp. 57–63, 2009, doi: 10.1109/ICCEP.2009.5212081.
- [11] A. Battezzato, G. Bracco, E. Giorcelli, and G. Mattiazzo, "Performance Assessment of a 2 DOF Gyroscopic Wave Energy Converter," *J. Theor. Appl. Mech.*, vol. 53, no. 1, pp. 195–207, 2015, doi: 10.15632/jtam-pl.53.1.195.
- [12] S. Pan, F. Z. Xu, L. Chen, W. Huang, and J. Wu, "Coupled Dynamic Modeling and Analysis of the Single Gimbal Control Moment Gyroscope Driven by Ultrasonic Motor," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 146233–146247, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3012694.