

Desain Pengembangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Berbasis Keseimbangan Gyroscope

Sri Agustina¹, Muhammad Yusup², Suci Dwijayanti³, Muhammad Otong⁴, Bhakti Yudho Suprpto⁵

^{1,2,3,5} Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

⁴ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

sri_agustina@rocketmail.com¹, muhammadyusuf5554@gmail.com², suci.dwijayanti@gmail.com³,

muhamad.otong@untirta.ac.id⁴, bhakti_yudho@yahoo.com⁵

Received 17 April 2021 | Revised 13 Juli 2021 | Accepted 12 Januari 2022

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara maritim yang luas memiliki potensi sumber energi terbarukan yang berasal dari laut. Dengan memanfaatkan gelombang laut sebagai energi, pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PLTGL) dapat menghasilkan tegangan listrik yang cukup untuk memberikan suplai ke peralatan listrik. Selama ini gelombang merupakan permasalahan karena sangat tergantung pada besar kecilnya angin sehingga mempengaruhi tenaga listrik yang dihasilkan. Oleh karena itu pada penelitian ini dikembangkan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut yang berbasis keseimbangan *gyroscope*. Pada artikel ini fokus pembahasan pada pengaruh gerakan putaran dari gimbal terhadap *power take off* (PTO) generator untuk membangkitkan tegangan listrik. Pergerakan dari *flywheel* yang berputar akan memberikan momentum kepada gimbal untuk dapat berotasi. Berdasarkan simulasi numerik interaksi antara gimbal dan PTO generator akan menghasilkan tegangan listrik sebesar 5 Volt DC. Hasil yang didapatkan dari percobaan digunakan sebagai acuan untuk membuat desain PLTGL yang memiliki pengendali berkinerja tinggi dan dapat menghasilkan tegangan yang stabil.

Kata kunci: Gyroscope, PLTGL, gimbal, PTO generator, dan flywheel.

Indonesia as a vast maritime country has the potential for renewable energy sources that come from the sea. By utilizing ocean waves as energy, an ocean wave power plant (PLTGL) can generate sufficient voltage to supply electrical equipment. So far, waves are a problem because they really depend on the size of the wind so that it affects the electric power generated. Therefore, in this study, a Ocean Wave Power Generation System based on a gyroscope balance was developed. In this article, the focus of the discussion is on the effect of the rotational motion of the gimbal on the *power take off* (PTO) generator to generate an electric voltage. The movement of the rotating flywheel will give momentum to the gimbal to be able to rotate. Based on the numerical simulation, the interaction between the gimbal and PTO generator will produce an electric voltage of 5 Volt DC. The results obtained from the experiment are used as a reference to design a PLTGL that has a high-performance controller and can produce a stable voltage.

Keywords: Gyroscope, PLTGL, gimbal, PTO generator, and flywheel.

I. PENDAHULUAN

Seiring sejalannya dengan perkembangan dan kemajuan ekonomi, permintaan pasokan energi menjadi meningkat. Melihat kondisi tersebut diperlukan upaya untuk mengembangkan potensi energi alternatif terbaharukan serta ramah lingkungan.

Indonesia adalah negara maritim yang memiliki garis pantai sepanjang 95,181 km memiliki potensi sumber energi terbaharukan yang berasal dari laut (Pregiwati, 2019). Gelombang laut tercipta karena adanya gaya pembangkit yang dapat berupa benda yang bergerak disekitar permukaan laut, angin, gangguan seismik, dan pengaruh dari medan gravitasi bulan dan matahari (Drew, 2009). Dengan memanfaatkan gelombang laut sebagai energi, pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PLTGL) dapat menghasilkan tegangan listrik yang cukup untuk memberikan suplai ke peralatan listrik (Faisal, 2014).

Pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PLTGL) adalah pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi berupa gelombang laut yang terletak di lingkungan perairan atau garis pantai. PLTGL sendiri merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang paling menjanjikan dengan perkiraan potensi sekitar 2 MW. PLTGL terbagi menjadi 4 jenis-jenis yaitu PLTGL-OWC, PLTGL-AWS, PLTGL-Pelamis, dan PLTGL Duck. 1. PLTGL-OWC (*Oscilating Water Column*) adalah pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang terdiri dari ruang udara dan turbin. Ruang udara tersebut sebagian terendam dan terbuka di bawah permukaan air sehingga gerakan naik-turun permukaan laut memaksa udara yang terkandung di dalam ruang tersebut

melalui turbin. Karena sifat gelombang laut yang selalu berosilasi, udara didorong atau ditarik melalui turbin (Poullikkas, 2014). PLTGL-OWC ini sangat berpengaruh terhadap pasang surut air laut sehingga jika air laut sedang surut maka PLTGL-OWC ini belum dapat bekerja dengan maksimal. 2. PLTGL-AWS (*Archimedes Wave Swing*) adalah pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang terdiri dari piston berisi udara yang mengambang dan berkontraksi akibat adanya tekanan oleh gelombang laut. Gerakan relatif antara bagian luar yang bergerak dan bagian dalam yang dipasang di dasar laut diubah menjadi energi listrik oleh generator linier (Bracco, 2019). Dalam pembangunan PLTGL-AWS diperlukan dasar laut yang permukaan datar dan tidak terlalu sehingga diperlukan perencanaan yang matang dan dana yang besar untuk membangun PLTGL jenis ini. 3. PLTGL-Pelamis adalah pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang terdiri dari bagian silinder yang dihubungkan dengan sambungan khusus. Sambungan khusus tersebut terdiri dari penggerak hidrolik yang bekerja sebagai pompa. Dari gerakan inilah generator listrik akan menghasilkan daya (Poullikkas, 2014). Untuk membangkitkan tegangan dari PLTGL-Pelamis ini dibutuhkan gelombang laut yang besar untuk menggerakkan hidrolik menghasilkan tegangan. 4. PLTGL-*Duck* adalah pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang menggunakan gerakan mengambang, tenggelam, asimetris, tertambat, dan naik turun. Salah satu contoh PLTGL-*Duck* adalah dengan menggunakan prinsip *gyroscope* yang mengubah gerakan goyang menjadi tenaga listrik (Bracco, 2019).

Penggunaan energi gelombang laut sebagai pembangkit sebenarnya bukan teknologi baru. Telah banyak jenis pembangkit listrik tenaga gelombang laut, seperti desain pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang menggunakan sistem bandulan (Zamri, 2015). PLTGL-SB ini berbentuk seperti ponton yang memiliki 4 buah bandulan dan ditempatkan mengapung di atas permukaan air laut serta mengikuti gerakan gelombang sesuai dengan frekuensi gelombang laut. Akan tetapi desain pembangkit listrik tenaga gelombang laut ini sangat berpengaruh kepada besarnya angin dan gelombang laut. Kemudian ada pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang menggunakan prinsip gabungan jenis PLTGL yang lain (Parjiman, 2018). PLTGL ini merupakan gabungan PLTGL dari pelamis, dan OWC yang ditempatkan di atas permukaan laut dengan diberikan gelombang laut yang besar. Akan tetapi pada penelitian ini hanya dilakukan simulasi dari *software* MATLAB. Lalu ada penelitian pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan model pelampung (Miftahul, 2018). Pada percobaan yang dilakukan dilakukan perbandingan pengaruh massa pemberat dari ayunan untuk menghasilkan tegangan pada PLTGL. Akan tetapi hasil yang didapatkan belum cukup untuk menyuplai peralatan listrik karena tegangan yang dihasilkan masih kecil.

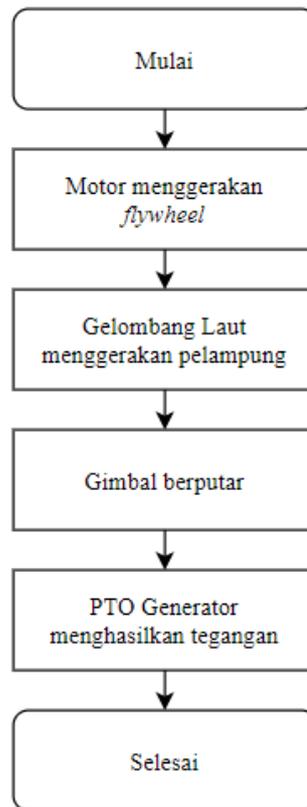
Dari penelitian-penelitian tersebut dapat dikatakan bahwa tegangan yang dihasilkan belum efektif karena jika salah satu bandulan tidak bergerak dengan optimal maka tegangan listrik tidak akan dihasilkan. Maka pada penelitian ini akan dibahas desain pengembangan sistem pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan keseimbangan *gyroscope*. *Gyroscope* adalah sebuah aktuator untuk mengontrol *attitude* dan *stability* dalam suatu sistem. *Gyroscope* terdiri dari *flywheel*, gimbal, motor rotor dan motor gimbal. *Gyroscope* terdiri dari dua komponen dinamis utama yaitu *flywheel* dan gimbal. *Flywheel* berputar dengan kecepatan tinggi dan gimbal berputar dengan kecepatan rendah. Rotasi dari *flywheel* akan mempengaruhi putaran gimbal melalui mekanik bantalan pendukung. Rotasi gimbal akan mempengaruhi kekakuan dari bearing, kemudian menghasilkan gerakan gabungan yang kompleks antara *flywheel* dan gimbal (Pan, 2020). *Gyroscope* memiliki ketidakseimbangan pada gerakan *flywheel* yang berasal dari gerakan gelombang laut sehingga akan memicu putaran gimbal akibat inersia dari *flywheel* selalu berotasi. Karena putaran pada gimbal tersebut membuat PTO *generator* dapat menghasilkan listrik.

II. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

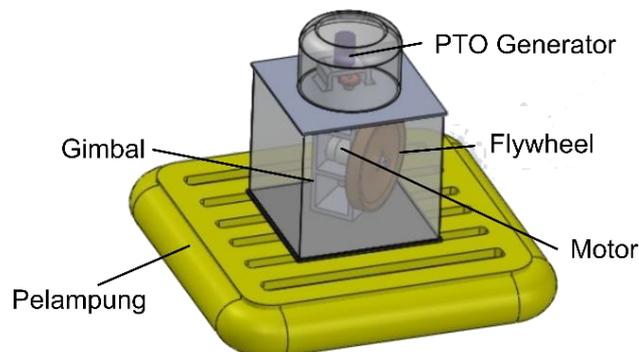
Pada tahap perancangan, dibuat suatu diagram alir digunakan sebagai acuan pada penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1. Perancangan ini berisi tahapan pengujian PLTGL yang dilakukan di sungai Musi.

PLTGL yang dirancang menyerupai sebuah kapal agar gelombang laut yang mengenai pelampung dapat membuat gimbal bergerak memutar dengan menggunakan sebuah wadah plastik dan pipa paralon. Tampilan prototipe PLTGL yang digunakan terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir Kerja Sistem

- 1) *Motor menggerakkan flywheel*: Tahap pertama adalah menggerakkan *flywheel* menggunakan motor DC 400 rpm 12 V. *Flywheel* akan berputar dengan kecepatan tinggi.
- 2) *Gelombang laut menggerakkan pelampung*: Pada tahap ini, gelombang laut akan menggerakkan pelampung yang membuat ketidakseimbangan sistem *flywheel* sehingga *flywheel* berputar dari arah gelombang laut.
- 3) *Gimbal berputar*: Pada tahap ini, karena akibat adanya ketidakseimbangan pada sistem *flywheel* membuat gimbal berputar dengan kecepatan rendah. Kecepatan gimbal berperanguh pada besar kecilnya gelombang laut.
- 4) *PTO Generator menghasilkan tegangan*: Selanjutnya, karena adanya perputaran gimbal maka PTO generator akan menghasilkan tegangan melalui roda gigi yang telah terhubung pada gimbal. Roda gigi yang digunakan pada PTO generator lebih kecil daripada roda gigi yang ada pada gimbal, hal ini bertujuan agar putaran pada PTO akan semakin besar.



Gambar 2. Diagram Alir Kerja Sistem

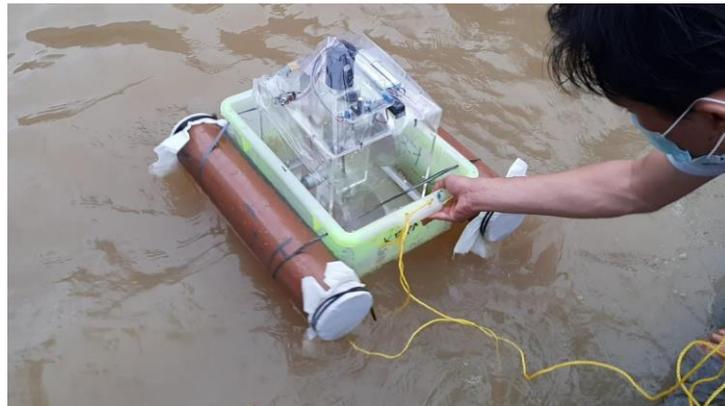
B. Pengujian Sistem

Pada tahapan ini akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dirancang. Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hasil tegangan keluaran dari PTO generator apakah stabil atau tidak dengan

mengubah nilai putaran pada *flywheel*. Pada tahapan ini PLTGL akan diuji pada sungai Musi yang memiliki gelombang kecil dan tidak memiliki beban pada PTO *generator* nya. Keberhasilan dan kegagalan pada eksperimen ini dilihat dari stabil atau tidaknya tegangan yang dihasilkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Saat gimbal berputar dan menggerakkan PTO *generator*, PTO *generator* hanya mampu menghasilkan tegangan sesaat kemudian hilang karena tegangan yang dikeluarkan belum mampu disimpan didalam kapasitor. Oleh karena itu diperlukan rangkaian pengendali tegangan PTO *generator* agar tidak langsung hilang, yaitu dengan menambahkan jembatan dioda, dan kapasitor serta penggunaan *DC to DC voltage converter*. Gambar 3 merupakan pengujian PLTGL untuk melihat pengaruh putaran gimbal terhadap nilai tegangan keluaran dari PTO *generator*.



Gambar 3. Pengujian PLTGL

Pengujian yang dilakukan untuk menguji kestabilan pada PLTGL menghasilkan tegangan listrik dengan mengubah parameter nilai tegangan pada motor *flywheel* yang membuat nilai kecepatan pada *flywheel* berubah sesuai dengan besarnya tegangan yang diberikan. Putaran dari *flywheel* tersebut akan membuat gimbal berputar sehingga PTO *generator* dapat menghasilkan tegangan.

Tabel 1 merupakan hasil dari penelitian yang dilakukan dengan memberikan nilai tegangan pada motor *flywheel*.

Tabel 1. Nilai Tegangan Keluaran PLTGL

No	Tegangan pada motor (v)	Kecepatan <i>flywheel</i> (rpm)	Tegangan keluaran (v)
1	0	0	0
2	3,24	324	4,89
3	5,12	466,6	5,66
4	6,9	697	5,98
5	11,85	1118	6,23

Terlihat pada tabel 1 bahwa semakin besar tegangan yang diberikan pada motor *flywheel* memberikan kecepatan yang tinggi pada *flywheel*. Dari putaran *flywheel* ini membuat ketidakstabilan pada gimbal sehingga gimbal dapat berputar dan menghasilkan tegangan pada PTO *generator*. Pada penelitian terlihat bahwa tegangan keluaran yang dihasilkan belum stabil jika diberikan tegangan yang berbeda pada motor dikarenakan gerakan dari gelombang laut terkadang tidak mengenai pelampung PLTGL.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam penelitian yang telah dilakukan, dengan mengubah parameter tegangan motor *flywheel* membuat tegangan yang didapat menjadi tidak stabil. Nilai tegangan keluaran yang dihasilkan masih tergolong kecil karena pengujian yang dilakukan pada prototipe.

Pada pengembangan penelitian lebih lanjut, disarankan untuk menambahkan pengendali seperti pengendali PID pada pergerakan pelampung agar gelombang laut dapat membuat tegangan keluaran yang dihasilkan oleh PTO *generator* menjadi stabil walaupun parameternya berubah-ubah.

Tambahan :

Terima Kasih kepada Rektor Universitas Sriwijaya yang telah mendukung penelitian ini melalui skema penelitian Saint Teknologi dan Seni tahun 2020 dengan nomor SK: 0684/UN9/SK.BUK.KP/2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Bracco, G. (2019). *ISWEC: a Gyroscopic Wave Energy Converter*, (January 2014). doi: 10.6092/polito/porto/2562362.
- Chen, L., Pei, Z. and Tang, Z. (2019). *Maximum Power Control of Gyroscopic Wave Energy Converter*, E3S Web of Conferences, 118, pp. 4–7. doi: 10.1051/e3sconf/201911802022.
- Drew, B., Plummer, A. R. and Sahinkaya, M. N. (2009). *A Review Of Wave Energy Converter Technology*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy, 223(8), pp. 887–902. doi: 10.1243/09576509JPE782.
- Faizal, M., Ahmed, M. R. and Lee, Y. H. (2014). *A Design Outline For Floating Point Absorber Wave Energy Converters*, Advances in Mechanical Engineering, 2014. doi: 10.1155/2014/846097.
- Ulum, Mifathul. (2018). *Studi Experimental Energi Bangkitan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Model Pelampung*, Jurnal IPTEK Media Komunikasi Teknologi, 22(1), pp. 29 – 36. doi: <https://doi.org/10.31284/j.ipitek.2018.v22i1.231>
- Pan, S. et al. (2020). *Coupled Dynamic Modeling and Analysis of the Single Gimbal Control Moment Gyroscope Driven by Ultrasonic Motor*, IEEE Access, 8, pp. 146233–146247. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3012694.
- Parjiman. et al. (2018). *Simulasi Gelombang Laut Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL)*, Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana, 9(2), pp. 50-57. doi: 10.22441/jte.v9i2.4068.
- Poullikkas, A. (2014). *Technology Prospects of Wave Power Systems*, Electronic Journal of Energy & Environment, (JANUARY 2014), pp. 47–69. doi: 10.7770/ejee-V2N1-art662.
- Pregiwati, L. A. (2019). *Laut Masa Depan Bangsa, Mari Jaga Bersama*. Available at: <https://kcp.go.id/artikel/12993-laut-masa-depan-bangsa-mari-jaga-bersama#:~:text=Indonesia%2525memiliki%2525garis%2525pantai%2525sepanjang,71%252525%2525dari%2525keseluruhan%25wilayah%25Indonesia> (Accessed: 6 February 2020).
- Zamri, Aidil. (2015). *Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistim Empat Bandul*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi, 14, pp. 1-6.