



Perancangan Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Sungai Menggunakan Gerak Translasi Magnet Permanen

Design of a River Wave Power Plant Prototype Using Permanent Magnet Translational Motion

Sri Agustina, Antonius Hamdadi, Dwirina Yuniarti, Daniel Trivaldo Simatupang, Akbar Dwi Fortuna dan Herlina*

Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Palembang - Prabumulih KM. 32 Indralaya, Indonesia

Informasi artikel

Diterima:
27/03/2022
Direvisi:
14/04/2022
Disetujui:
24/04/2022

Abstract

Fossil energy sources are becoming increasingly expensive and will be unable to meet future energy demands. To address the scarcity of fossil fuels, many researchers are turning their attention to renewable energy sources. These sources of energy include wind, solar, geothermal, ocean waves, and others. The area around South Sumatra is rich in rivers, so this study utilizes the waves of the Musi River as the driving force for the River Wave Power Plant (PLTGS). The mechanism of this PLTGS is a permanent magnet generator designed to utilize the waves of the Musi River as the driving input of the generator. The river waves will move the float above, which has been arranged vertically with several permanent magnets, which will cut the magnetic field from the stator coil. The generator is designed to move translationally according to wave motion. The movement of the magnet also occurs from the impulse of the water wave, which causes the magnet to approach the stator coil and produce an induced electromotive force on the generator. Six generators are used, with each generator containing four Neodymium magnets and 1500 coils. The respective induced voltages are stored temporarily in the capacitors of the generator. The entire generator is connected in series. From the calculation results, the calculation results of the induced emf multiplied by the coil and the number of turns is 18.17 volts. Meanwhile, from the direct measurement results, the average voltage that can be generated is 10.9 volts. There is a voltage difference of 7.24 volts between theoretical calculations and direct measurements. This difference is caused by losses in the tool, such as friction, air gaps, and cable length. A permanent magnet generator that moves with the waves of the river can be used to make electricity, according to the results of this study.

Keywords: permanent magnet generator, river waves, translation, renewable energy.

Abstrak

Sumber energi fosil saat ini makin mahal dan tidak dapat mencukupi kebutuhan energi di masa mendatang. Untuk mengatasi kelangkaan energi fosil, maka banyak peneliti yang mulai melirik ke sumber energi terbarukan. Sumber energi ini antara lain bersumber dari tenaga angin, matahari, panas bumi, gelombang laut, lainnya. Sumatera Selatan merupakan daerah yang kaya akan sungai, sehingga penelitian ini memanfaatkan gelombang sungai Musi sebagai tenaga penggerak Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Sungai (PLTGS). Mekanisme dari PLTGS ini adalah generator magnet permanen yang dirancang memanfaatkan gelombang sungai Musi sebagai input penggerak dari generator yang dirancang. Gelombang sungai akan menggerakkan pelampung yang di atasnya telah tersusun secara vertikal beberapa magnet permanen yang akan memotong medan magnet dari kumparan stator. Generator didisain untuk bergerak secara translasi sesuai dengan gerak gelombang. Pergerakan magnet tersebut pun terjadi dari dorongan gelombang air yang mengakibatkan magnet mendekati kumparan stator dan menghasilkan gaya gerak listrik induksi pada generator. Digunakan 6 generator dengan masing-masing generator berisikan 4 buah Magnet Neodymium dan 1500 kumparan. Tegangan induksi masing-masing disimpan sementara di kapasitor pada generator tersebut. Keseluruhan generator terhubung secara seri. Dari hasil perhitungan didapatkan hasil perhitungan GGL induksi yang dikalikan kumparan dan banyak lilitan adalah sebesar 18,17 volt. Sedangkan dari hasil pengukuran secara langsung didapatkan tegangan rata-rata yang mampu dibangkitkan adalah sebesar 10,9 volt. Terdapat selisih tegangan sebanyak 7,24 volt antara perhitungan teoritis dan pengukuran langsung. Perbedaan ini diakibatkan oleh adanya rugi-rugi pada alat, rugi akibat gesekan, celah udara, dan panjang kabel. Berdasarkan hasil dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penerapan generator magnet permanen yang bergerak secara translasi memanfaatkan gelombang sungai mempunyai potensi untuk menghasilkan tegangan.

Kata Kunci: generator magnet permanen, gelombang sungai, translasi, energi terbarukan.

*Penulis Korespondensi. Tel: -; Handphone: +62 852 8617 2039
email : herlinawahab@unsri.ac.id



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini menciptakan berbagai cara untuk memperoleh energi alternatif dengan tetap memperhatikan lingkungan. Laut dan sungai merupakan sumber energi listrik yang menarik untuk diamati. Indonesia merupakan negara maritim yang diharapkan memiliki banyak sumber energi yang dapat diubah menjadi listrik, saat ini penelitian dan pengembangan energi listrik sudah mulai merambah sungai. Di berbagai desa terpencil, kualitas pembangkit listrik tenaga mikro hidro semakin meningkat dari hari ke hari. Palembang memiliki Sungai Musi sebagai sarana sirkulasi air, rumah rakit, restoran terapung hingga memperindah pusat kota Palembang. Arus sungai yang padat, angin yang cukup pada waktu-waktu tertentu telah melahirkan inspirasi untuk memanfaatkan energi gelombang sungai.

Penelitian terdahulu telah meneliti perihal pemanfaatan gelombang yang dikonversi menjadi tenaga listrik, antara lain penelitian mengenai potensi pembangkit listrik tenaga gelombang laut di Afrika Utara (Mtukushe dan Ojo, 2021), (Sewnarain, Onunka dan Akindeji, 2020) dinegara lain (Warak dan Goswami, 2020). Peneliti lain melakukan studi panen energi dengan pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang dinamik di Persia (Armoudli dkk., 2019). Ada juga yang melakukan penelitian dengan metode simulasi untuk mengevaluasi pembangkit listrik tenaga gelombang laut skala kecil (Paik, Hwang dan Lee, 2019). Penelitian dengan pemodelan dan Interpretasi Getaran yang terjadi pada Turbin Pasang Surut menggunakan metode regresi kuadrat terkecil tertimbang (Galloway dkk., 2017). Di tahun 2017, telah diteliti kinerja sistem penyimpanan energi ganda untuk sistem pembangkit mikrogrid yang terisolasi dari sumber pembangkit listrik tenaga pasang surut (Galloway dkk., 2017). Membuat pemodelan jangka pendek untuk pembangkit listrik virtual yang terdiri dari kombinasi beberapa pembangkit listrik terbarukan yaitu tenaga angin, surya, pasang surut berikut dengan penyimpanan energinya (Shokrani dan Milano, 2020). Peneliti lain menganalisis transien pembangkit listrik tipe ini ketika terhubung langsung ke jaringan listrik eksisting dan

dampaknya ketika terjadi gangguan simetris dan tidak simetris (Dashti dkk., 2020).

Penelitian yang dilakukan rata-rata untuk gelombang pasang surut atau gelombang laut, dan untuk gelombang sungai masih sedikit sekali yang meneliti. Kajian awal penelitian ini dilakukan pada tahun 2015 dan menunjukkan hasil yang signifikan untuk dikembangkan. Pada tahun 2018 telah dilakukan penelitian dengan merancang prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Sungai Musi. Dalam waktu 12 jam pengamatan, diperoleh rentang tegangan sampai 5-volt DC. Disain pembangkit listrik menggunakan beberapa motor *stepper* yang dimodifikasi untuk bertindak sebagai generator. Namun, dalam mekanisme generator induksi, *drivetrain* kehilangan banyak energi karena menggunakan banyak roda gigi untuk mencapai putaran yang diinginkan. Dalam penelitian ini, penulis mencoba meningkatkan efisiensi generator dengan mengubah instalasi dan pemodelan sistem generator sesederhana mungkin untuk mengurangi kerugian tersebut, yaitu dengan mengubah generator yang sebelumnya gerak putar menjadi gerak bolak-balik. Dari simulasi didapatkan hasil yang jauh lebih baik dari sebelumnya.

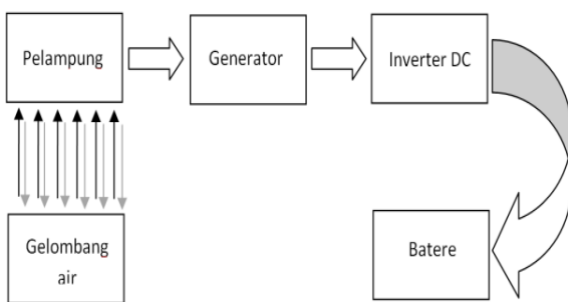
Informasi awal, mengutip data sebelumnya, bahwa kecepatan air di hulu sungai adalah 1,0-1,2 m/s, dan di hilir kecepatan air adalah vlt; 0,3 m/s (Windisari, Agustina dan Dwirina, 2018). Menurut angka-angka ini, tidak mungkin menggunakan aliran sungai untuk produksi energi mikrohidro. Namun debit air yang rendah akan menyebabkan semakin banyak masyarakat yang memilih sungai sebagai sarana transportasi terutama untuk barang dan jasa terutama dari daerah terpencil ke kota dan sebaliknya. tegangan listrik. Dengan latar belakang di atas, maka diperlukan rancangan pembangkit listrik tenaga gelombang sungai menggunakan model pembangkit tegangan vertikal.

Generator pada penelitian ini dibangun dengan disain magnet permanen menggunakan magnet permanen yang bergerak secara translasi. Pergerakan magnet juga disebabkan oleh momentum gelombang air. Hal ini menyebabkan magnet mendekati kumparan stator dan menghasilkan gaya gerak listrik induksi pada

generator, serta dalam rencana sistem ini, daya keluaran disimpan dalam baterai.

2. METODOLOGI

Survei dilakukan di dermaga Sungai Musi di kota Palembang, Sumatera Selatan. Secara umum, diagram blok menjelaskan cara kerja sistem alat. Skema sistem pembuatan alat pada studi pertama disain seluruh Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Sungai (PLTGS) ditunjukkan pada Gambar 1.



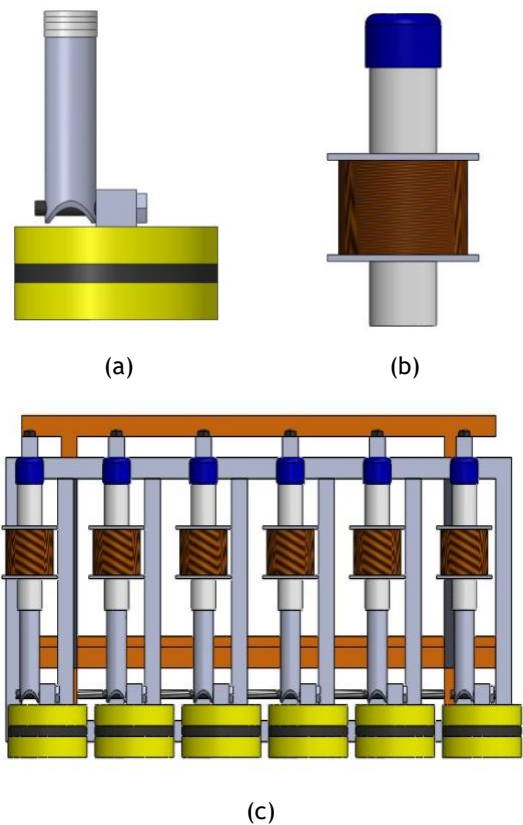
Gambar 1. Diagram blok sistem kerja pembangkit listrik tenaga gelombang sungai

Pada perancangan alat pembangkit listrik ini terdapat beberapa blok diagram utama yang mempunyai fungsi masing-masing. Sistem Pembangkit listrik ini terbagi menjadi 5 blok yaitu:

1. Blok pertama merupakan gelombang air sungai musu. Gelombang ini terjadi karena adanya angin dan lalu lintas di air sehingga membentuk gelombang/ ombak yang bergerak vertikal.
2. Blok kedua adalah pelampung. Pelampung ini dipasang pada tiang yang terhubung dengan tuas yang bergerak naik turun sesuai dengan gerakan gelombang ombak sungai musu.
3. Blok ketiga merupakan generator yang berfungsi mengubah gerakan mekanik menjadi energi listrik.
4. Blok keempat merupakan inverter DC yang berfungsi untuk mengubah arus dan tegangan bolak balik (AC) keluaran generator menjadi tegangan searah (DC).
5. Blok kelima adalah baterai. Fungsinya adalah untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan.

2.1. Konversi Energi Gelombang Menjadi Energi Listrik

Pada skema penelitian ini, digunakan metode daya apung untuk menangkap energi gelombang. Magnet permanen yang terletak pada pelampung yang berfungsi sebagai rotor bergerak naik turun, sehingga menyebabkan terpotongnya fluksi oleh kumparan yang melingkupinya dan akan menghasilkan tegangan. PLTGS ini terdiri dari 6 buah generator magnet permanen yang terhubung seri. Gambar 2 terdiri dari tiga gambar, (a) merupakan gambar disain rotor pada PLTGS, (b) merupakan disain stator, dan (c) merupakan disain lengkap PLTGS metode apung yang dirancang untuk penelitian ini tampak depan.



Gambar 2. (a) Rotor, (b) Stator, (c) Disain PLTGS dengan metode apung tampak depan

2.2. Persamaan Energi Gelombang

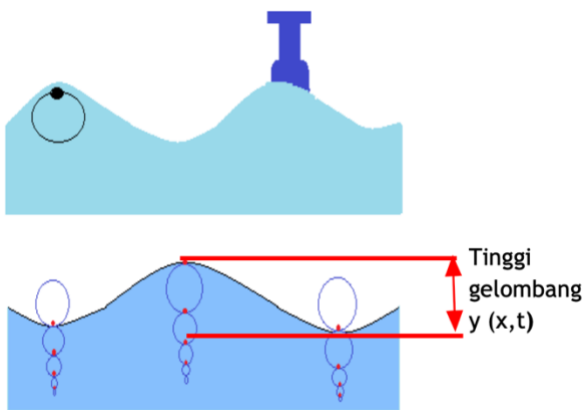
Energi gelombang air laut/sungai terdiri dari energi potensial dan energi kinetik. Energi potensial adalah energi yang ditimbulkan oleh posisi relatif atau konfigurasi gelombang laut/sungai.

Proses pergerakan gelombang sungai dapat dilihat pada Gambar 3. Persamaan energi kinetik dan potensial total dapat dilihat pada persamaan (1) berikut:

$$E = \frac{1}{2} \rho g A^2 \quad (1)$$

dimana :

- E = Energi Gelombang total $E_p + E_k$ (Joule)
- g = Percepatan gravitasi nilainya sebesar $9,81 \text{ m/s}^2$
- ρ = Massa Jenis air, nilainya adalah 1000 kg/m^3
- A = Amplitudo gelombang (m)

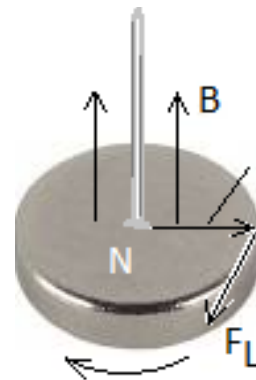


Gambar 3. Pergerakan gelombang air

2.3. Tegangan yang Dibangkitkan oleh Magnet Permanen

Beberapa perangkat listrik mengandalkan magnet baik secara langsung maupun tidak langsung. Magnetit atau dengan nama lainnya bijih besi merupakan zat yang dapat menunjukkan fenomena magnet atau disebut juga dengan magnet alam. Seperti yang diketahui bahwa magnet memiliki dua kutub yang berseberangan yaitu kutub utara (N) dan kutub selatan (S). Kedua kutub ini memiliki sifat khusus yaitu akan tolak menolak jika bertemu dengan kutub sejenis dan akan tarik menarik jika bertemu dengan kutub yang berbeda. Logam dan besi merupakan contoh bahan yang memiliki kandungan bahan magnetik.

Salah satu ciri magnet adalah meskipun magnet dipotong menjadi beberapa bagian, tiap potongan magnet tersebut tetap akan memiliki kutub utara dan selatan, sama dengan magnet sebelum dipotong. Benda/bahan yang dapat berinteraksi dengan magnet adalah benda/bahan yang memiliki sifat sebagai konduktor.



Gambar 4. Susunan arah arus listrik, gaya magnet, dan gaya Lorentz

Gambar 4 menjelaskan gaya-gaya yang terdapat pada sebuah magnet berikut dengan arah arus listriknya. Untuk menghitung fluks maksimum magnet (ϕ_{max}) dapat menggunakan persamaan (2), (3) dan (4) berikut ini (Aminuddin, 2015):

$$\phi_{max} = A_{magn} \times B_{max} \quad (2)$$

dengan :

$$A_{magn} = \pi \cdot D \cdot l_m + 2(\pi r^2) \quad (3)$$

dan

$$B_{max} = \frac{B_r \cdot x \cdot l_m}{l_m + \delta} \quad (4)$$

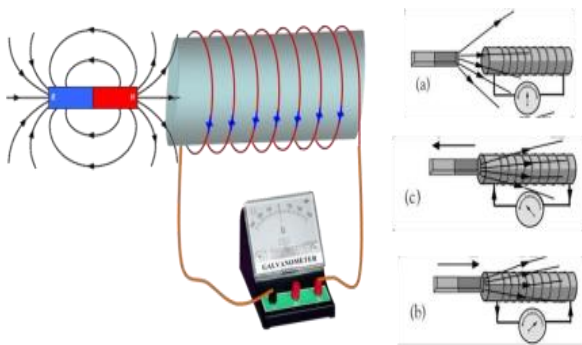
dimana:

- A_{magn} = Luas penampang magnet (mm^2)
- B_{max} = Kerapatan fluks magnet maksimum
- D = Diameter Magnet (mm)
- r = Radius dalam magnet (m)
- N_m = Jumlah magnet (mm)
- τ = Jarak antar magnet
- B_r = Kerapatan fluks magnet (T)
- l_m = Tinggi/tebal magnet (mm)
- δ = Lebar celah udara (mm)

2.4. Hukum Induksi Faraday

Hukum Faraday merupakan hukum yang mendasari terjadinya Gaya Gerak Listrik (GGL) Induksi. GGL induksi dihasilkan dari gerakan magnet yang masuk ke kumparan. Besaran nilai GGL Induksi ini juga dipengaruhi oleh jumlah lilitan di kumparan.

Dengan kata lain, jumlah fluks yang terjadi sesuai dengan hukum Faraday, yaitu: Tiap-tiap perubahan medan magnet di kumparan akan mengakibatkan terjadinya GGL induksi yang perubahannya akan sebanding dengan perubahan jumlah fluks. Skema pembangkitan GGL induksi oleh magnet yang digunakan untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. GGL Induksi oleh magnet permanen

Hubungan antara medan magnet dan GGL induksi dinyatakan oleh persamaan (5) berikut:

$$E_{ind} = \phi \frac{PN}{60} \text{ Volt} \quad (5)$$

dimana:

- Φ = Garis gaya magnet (wb)
- P = Jumlah Magnet
- N = Jumlah siklus gerak magnet

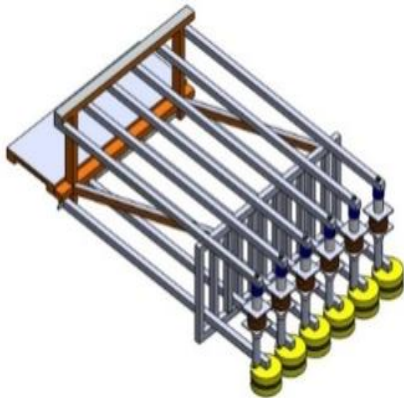
2.5. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Sungai (PLTGS)

Komponen PLTGS merupakan satu kesatuan komponen kelistrikan dari suatu sistem generator, yaitu termasuk trafo, magnet permanen, lilitan tembaga, konverter, charge controller, dan baterai. Magnet permanen pada PLTGS ini menggunakan 4 buah magnet neodmium di dalam satu generator. Komponen non-kelistrikan atau komponen pendukungnya terdiri dari pelampung, tiang penyangga pelampung dan tuas penyangga. Untuk pengukuran data digunakan ampermeter dan voltmeter. Adapun spesifikasi dari komponen-komponen tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

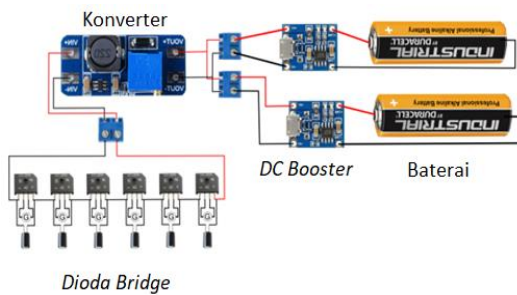
Tabel 1. Spesifikasi komponen pembentuk PLTGS

Gambar Komponen	Spesifikasi
	Magnet Neodymium Diameter 25 mm Tebal 3 mm Kerapatan fluks 1500 mT
	Gabus Pelampung Merk : Speedo Diameter 10 cm Tebal 5 cm
	Besi Hollow Tuas penyangga Panjang 1 m
	Koker Kumparan Pipa PVC Penampang Magnet Panjang: 10 cm Lebar: ¼ inch Pipa PVC Penampang Belitan Panjang: 10 cm Lebar: ¾ inch
	Kawat Tembaga Belitan Stator Tebal Kawat: 0,35 mm Tebal Kumparan: 5 cm Hambatan jenis: $1,68 \times 10^{-8}$ ± 1500 lilitan ± 10 layer 1 layer sebanyak ± 145 lilitan
	Dioda Bridge Jenis GBCP 3510 Kapasitas: 3 Amper
	Kapasitor Merk: Elco Kapasitas: 1500µF
	Bearing Pillow Block
	Baterai Lithium 3A
	DC Booster Modul Regulator LM2857

Disain sistem kelistrikan dan rangkaian listrik PLTGS dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Disain sistem kelistrikan PLTGS



Gambar 7. Rangkaian listrik PLTGS

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melalui proses perhitungan didapatkan nilai garis gaya magnet yang adalah $2884,875 \times 10^{-6}$ weber. Frekuensi terjadinya ombak per 60 detik adalah 42 gelombang. Untuk memudahkan perhitungan, maka luas permukaan magnet dan tebal magnet dianggap satu kesatuan dengan $n=1$. Dengan menggunakan persamaan (5), maka dapat dihitung nilai GGL induksinya.

$$E_{ind} = \phi \frac{PN}{60} \text{ Volt}$$

$$E_{ind} = \frac{(2884,75 \times 10^{-6}) \cdot (1) \cdot (42)}{60} \text{ Volt}$$

$$E_{ind} = 0,002019 \text{ Volt}$$

Pada disain awal telah ditentukan 6 buah kumparan yang terhubung seri dengan masing-

masing kumparan memiliki 1500 lilitan, sehingga nilai GGL induksinya adalah:

$$E_{ind} = 6 \times 1500 \times 0,002019 \text{ Volt}$$

$$E_{ind} = 18,17 \text{ Volt}$$

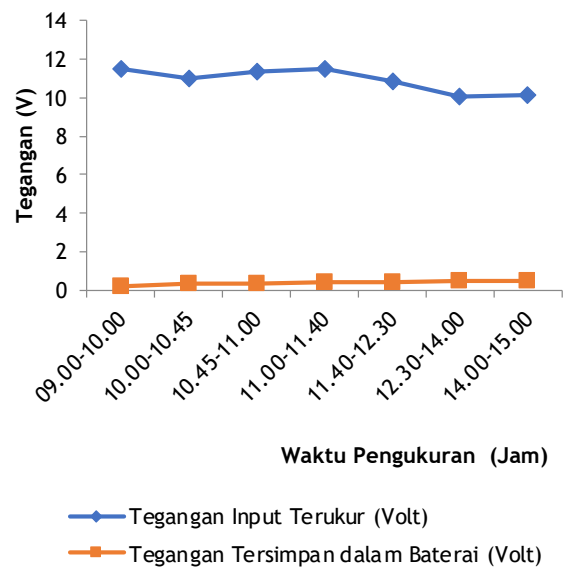
3.1. Data Tegangan Yang Mampu Dibangkitkan PLTGS

Penelitian dilakukan selama 5 hari di sungai Musi. Pada hari ke-1 sampai ke-5 diukur tegangan input dan tegangan tersimpan dalam baterai. Dokumentasi saat pengujian alat dapat dilihat pada Gambar 8.

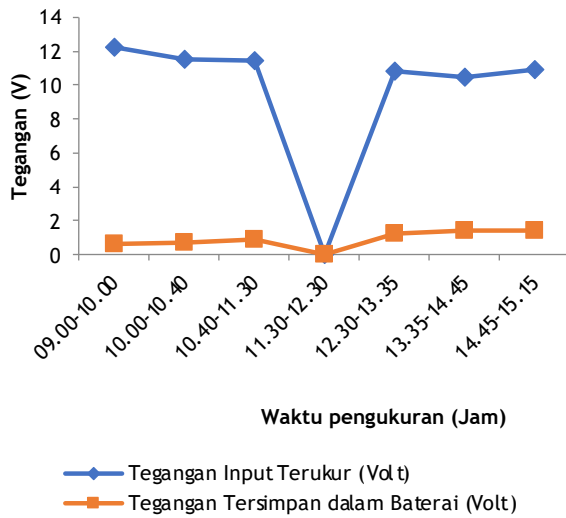


Gambar 8. Pengujian PLTGS di sungai musu

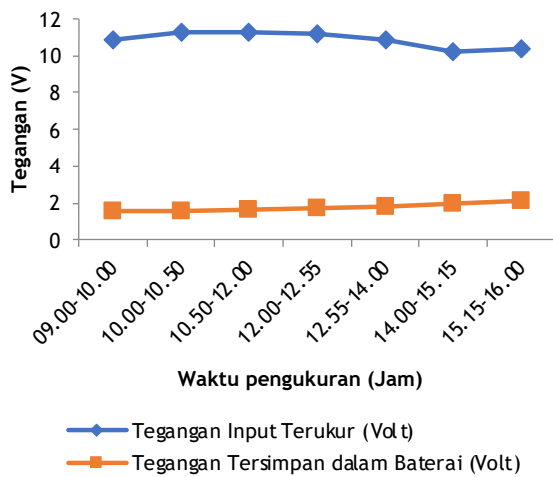
Data selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 9 sampai dengan Gambar 13 berikut ini:



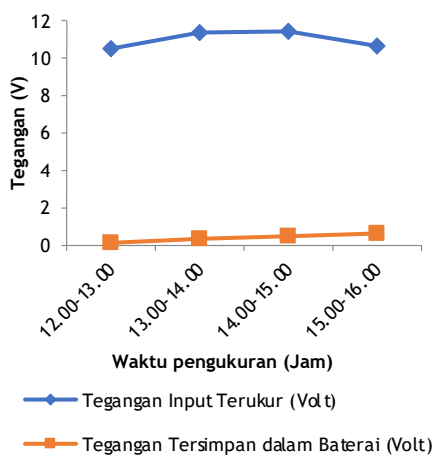
Gambar 9. Pengujian hari ke-1, kondisi baterai kosong



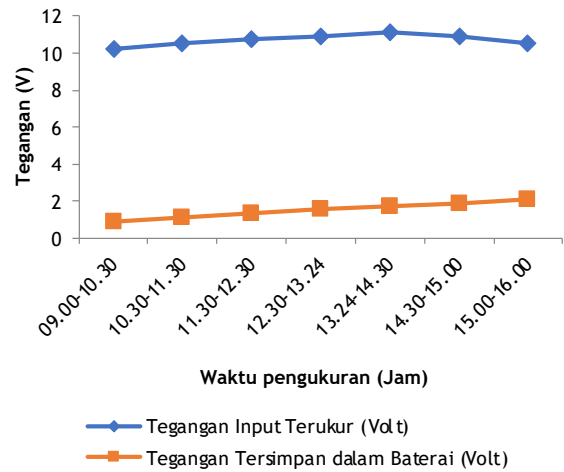
Gambar 10. Pengujian hari ke-2



Gambar 11. Pengujian hari ke-3



Gambar 12. Pengujian hari ke-4, baterai dikosongkan



Gambar 13. Pengujian hari ke-5

Dari data-data di atas dapat dibuat ringkasan data, seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata - rata hasil tegangan yang terukur

Hari	Tegangan Input Terukur (Volt)
Ke - 1	10,90
Ke - 2	11,23
Ke - 3	10,88
Ke - 4	10,97
Ke - 5	10,70
Rata-rata	10,93

3.2. Analisa Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Dermaga sungai Musi, menguji PLTGS dan dilakukan pengukuran tegangan input dan tegangan tersimpan di baterai selama 5 hari. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 6, dimana di hari pertama didapatkan nilai tegangan rata-rata terukur adalah 10,90 Volt. Secara berurutan dari nilai tegangan rata-rata terukur di hari kedua sampai kelima adalah : 11,23 Volt; 10,88 Volt; 10,97 Volt dan 10,70 Volt. Tegangan rata-rata terukur untuk 5 hari masa pengujian dan pengukuran PLTGS adalah sebesar 10,93 volt.

Terdapat selisih tegangan sebesar 7,24 Volt, dimana hasil pengukuran menunjukkan nilai tegangan sebesar 10,93 Volt dan hasil perhitungan teoritis sebesar 18,17 Volt. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

- 1) besarnya celah udara yang ada diantara kumparan dan magnet permanen sehingga fluksi di area tersebut menjadi berkurang kerapatannya,
- 2) gesekan yang terjadi antar penyangga mengakibatkan pergerakan tranlasi pelampung terhambat dan kurang maksimal,
- 3) terjadinya jatuh tegangan di converter AC-DC yang disebabkan oleh adanya jarak penghantar yang cukup jauh yang menghubungkan generator dan converter ini,
- 4) kondisi sungai yang berubah mengakibatkan perubahan pada gelombang yang tercipta, kondisi ini dipengaruhi oleh kecepatan angin yang terjadi, interval curah hujan, dan intensitas kendaraan yang melewati sungai Musi.

Pada [Gambar 10](#) dan [Gambar 12](#) terdapat data yang kosong, hal ini dikarenakan tempat penelitian di Dermaga Sungai Musi, dan ketika saat pengambilan data terhalang oleh kapal tongkang yang bersandar di Dermaga.

4. SIMPULAN

Dari hasil pengambilan data tegangan pada PLTGS dan baterai dapat diambil beberapa simpulan, yaitu: pertama, prototipe PLTGS yang dibuat berhasil menghasilkan tegangan, namun besaran nilai tegangan ini fluktuatif dan dipengaruhi oleh tinggi rendahnya amplitude gelombang. Kondisi ini seperti telah dijelaskan pada bagian analisa, dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain adalah cuaca, dan intensitas lalu lintas kapal di sungai Musi. Kedua, nilai tegangan luaran PLTGS lebih kecil dibandingkan dengan hasil perhitungan mengingat banyak faktor yang mempengaruhi ketika terjadi di kondisi riil. Ketiga, untuk pengisian baterai waktu yang dibutuhkan fluktuatif terpengaruhi oleh amplitude gelombang yang dihasilkan oleh sungai. Keempat, dari data pengukuran bias dijadikan acuan bahwa amplitude gelombang yang terjadi di sungai musu berpotensi sebagai media pembangkitan listrik melalui PLTGS.

Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk mendapatkan tempat pengujian PLTGS yang lebih baik, dan waktu pengukuran yang sama setiap harinya. Hal ini bertujuan agar data yang

didapatkan lebih valid dan pengujian tidak terhalang oleh kapal yang sandar di pinggiran sungai Musi. Penyempurnaan disain PLTGS juga perlu dilakukan untuk meningkatkan tegangan keluaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminuddin, J. (2015) 'Persamaan Energi untuk Perhitungan dan Pemetaan Area yang Berpotensi untuk Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut', *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 9(1), hal. 9-16.
- Armoudli, E. dkk. (2019) 'A Case Study of Energy Harvesting by Dynamic Tidal Power in the Persian Gulf', in *2019 Iranian Conference on Renewable Energy & Distributed Generation (ICREDG)*, hal. 1-6.
- Dashti, R. dkk. (2020) 'Transient Analysis of Tidal Power Plant Connected to Network When Faced with Symmetrical and Unsymmetrical Faults', in *2020 7th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE)*. IEEE, hal. 165-169.
- Galloway, G.S. dkk. (2017) 'Modeling and interpretation of tidal turbine vibration through weighted least squares regression', *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 50(4), hal. 1252-1259.
- Mtukushe, N.F. dan Ojo, E.E. (2021) 'The Study of Electrical Power Generation from Tidal Energy in South Africa', in *2021 Southern African Universities Power Engineering Conference/Robotics and Mechatronics/Pattern Recognition Association of South Africa (SAUPEC/RobMech/PRASA)*. IEEE, hal. 1-6.
- Paik, J.-M., Hwang, T.-G. dan Lee, Y.H. (2019) 'Demonstration and Evaluation of Small Tidal Current Power Systems', in *2019 IEEE Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering (CSDE)*. IEEE, hal. 1-2.
- Sewnarain, S., Onunka, C. dan Akindeji, K. (2020) 'Assessment of Tidal Energy as Alternative Energy Source in South Africa', in *2020 International Conference on Artificial Intelligence, Big Data, Computing and Data Communication Systems (icABCD)*. IEEE, hal. 1-7.
- Shokrani, H. dan Milano, F. (2020) 'Short-Term Stochastic Modeling of Virtual Power Plants with Inclusion of Wind, Solar and Tidal Generation and Energy Storage', in *2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial and*

Commercial Power Systems Europe (EEEIC/II&CPS Europe). IEEE, hal. 1-6.

Warak, P. dan Goswami, P. (2020) 'Overview of generation of electricity using tidal energy', in *2020 IEEE First International Conference on Smart Technologies for Power, Energy and Control (STPEC)*. IEEE, hal. 1-6.

Windisari, D., Agustina, S. dan Dwirina, Y. (2018) 'Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Sungai Musi', in *Prosiding Seminar Nasional AVoER X 2018. Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat AVoER 10*, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, hal. 728-732.

