

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OMBAK (PLTO) BERBASIS MASSA PELAMPUNG

1) Dosen Universitas Nurul
Jadid, Paiton, Indonesia

Muhammad Hasan Basri ¹⁾

Corresponding email ¹⁾:
hasanmohammadbasri83@gmail.com

Received: 10-07-2023
Accepted: 23-12-2023
Published: 28-12-2023

©2023 Politala Press.
All Rights Reserved.

Abstrak. Di Era digital, kebutuhan supply listrik sangatlah besar. Menurut data riset kementerian komunikasi dan informasi, bahwasanya di Indonesia pada tahun 2019 memiliki kebutuhan energi listrik yang tinggi mencapai 50.000 Mega Watt. Pemenuhan energi terbarukan seperti PLTO di wilayah maritim Indonesia masih sangat memungkinkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang alat PLTO dengan metode pelampung selinder pada skala kecil. Gelombang laut akan menggerakkan pelampung naik turun dan menggerakkan serangkaian gear dan generator. Besarnya daya angkat (buoyancy) yang dipengaruhi oleh dimensi (panjang dan lebar) pelampung selinder. Dimensi (panjang dan letak inersia) lengan juga menentukan besarnya torsi untuk memutar gearbox dan generator. Dari hasil perancangan PLTO berbasis massa pelampung dapat diketahui pada hari pertama pengambilan data tegangan tertinggi 16,06 V, arus 0.66 A dan daya listrik 10,59 W, pada hari kedua didapatkan tegangan tertinggi 18,2 V, arus 0,66 A dan daya listrik 10.53 W.

Kata Kunci: PLTO, Massa Pelampung, Gearbox, Generator, Daya.

Abstract. In the digital era, the need for electricity supply is very large. According to research data from the Ministry of Communication and Information, in 2019 Indonesia had a high need for electrical energy, reaching 50,000 Mega Watts. Fulfillment of renewable energy such as PLTO in Indonesia's maritime areas is still very possible. The aim of this research is to design a PLTO device using the cylinder float method on a small scale. Ocean waves will move the buoy up and down and move a series of gears and generators. The amount of lifting power (buoyancy) is influenced by the dimensions (length and width) of the cylinder float. The dimensions (length and location of inertia) of the arm also determine the amount of torque to rotate the gearbox and generator. From the results of the float mass-based PLTO design, it can be seen that on the first day of data collection the highest voltage was 16.06 V, current 0.66 A and electrical power 10.59 W, on the second day the highest voltage was 18.2 V, current 0.66 A and power electricity 10.53 W.

Keywords: PLTO, Float Mass, gearboxes, generator, power.

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v10i2.251>

1. Pendahuluan

Era digital seperti sekarang ini, kebutuhan supply listrik yang sangat besar. Menurut riset data dari kementerian komunikasi dan informasi, bahwasanya di Indonesia pada tahun 2019 memiliki kebutuhan energi listrik yang tergolong tinggi yakni 50.000 Mega Watt, kementerian komunikasi dan informasi memperkirakan ditahun 2024 kebutuhan akan energi listrik akan meningkat secara drastis hingga mencapai 75.000 Mega Watt [1]. Salah satu tenaga alternative adalah tenaga air. Air laut memiliki banyak manfaat. Salah satunya, menghasilkan energi listrik dari pusat pembangkit listrik tenaga ombak. Sifat kontinuitasnya yang tersedia terus setiap waktu menjadikan ombak baik untuk dijadikan sebagai pembangkit tenaga listrik melalui pembangkit listrik ini, energi besar yang dimiliki ombak dapat diubah menjadi tenaga listrik. [2]. Listrik sampai saat ini sudah menjadi

kebutuhan yang cukup penting, tetapi belum semua wilayah Desa Duren mendapatkan aliran listrik PLN karena terjangkau. Berbagai cara dapat digunakan untuk menghasilkan sumber daya listrik seperti menggunakan bahan bakar minyak, pembangkit listrik tenaga matahari, dan pembangkit listrik tenaga air [14].

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 (*Oscillating Water Column*) adalah pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang terdiri dari ruang udara dan turbin [3]. *Wave Energy Converter* (Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut) adalah alat yang dirancang untuk mengubah gerakan gelombang laut menjadi energi listrik. Konversi energi listrik dari gelombang laut telah banyak diteliti, misalnya *Oscillating Water Column* (OWC) dan *Buoyant Float*. Jenis PLTGL yang cocok di Indonesia memiliki ombak yang tinggi dan arus laut yang keras, salah satunya dengan menggunakan Linear Permanent Magnet Generator. Pemanfaatan gerak naik turun gelombang laut dapat dikonversikan menjadi gerakan linier untuk menggerakkan generator [4] [15]. Pada pembangkit listrik tenaga ombak ini menggunakan generator axial fults 3 fasa untuk merubah energi mekanis menjadi energi listrik [11]. Pembangkit listrik tenaga ombak merupakan salah satu teknologi terbarukan yang menarik perhatian dunia dalam beberapa dekade. Dengan memanfaatkan energi kinetik dari ombak laut, teknologi ini memiliki potensi besar untuk menyediakan sumber energi bersih yang dapat digunakan dalam memenuhi kebutuhan masyarakat [12].

Dari latar belakang diatas didapatkan beberapa kebutuhan yang harus dilakukan dalam penelitian ini diantaranya, merancang alat untuk energi alternative untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan gelombang laut.

2. Tinjauan Pustaka

Energi kinetik yang terkandung pada gelombang laut digunakan untuk menggerakkan turbin. Ombak naik ke dalam ruang generator, lalu air yang naik menekan udara keluar dari ruang generator dan menyebabkan turbin berputar ketika air turun, udara bertiup dari luar ke dalam ruang generator dan memutar turbin kembali [5]. Gelombang regular merupakan gelombang dengan tinggi gelombang yang konstan, periode tunggal, sehingga gelombang ini juga mempunyai spectrum tunggal. [6]. *Response Amplitude Operator* (RAO) atau disebut juga dengan *Transfer Function* merupakan fungsi respon gerakan dinamis struktur yang disebabkan akibat gelombang dengan rentang frekuensi tertentu. RAO merupakan alat untuk mentransfer gaya gelombang menjadi respon gerakan dinamis struktur. Menurut Chakrabarti (1987) [6] [7], persamaan RAO dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$RAO(\omega) = \frac{X_p(\omega)}{\eta(\omega)} \quad (1)$$

Dimana :

$$X_p(\omega) = \text{amplitude struktur}$$

$$\eta(\omega) = \text{amplitude gelombang}$$

Parameter-parameter yang digunakan dalam menghitung gelombang dua dimensi yang memiliki permukaan bebas dan bergantung pada gravitasi. periode T dan kecepatan gelombang v bergantung pada panjang gelombang dan kedalaman air. Hubungan antara panjang gelombang dan periode [8] dapat didekati dengan persamaan:

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (2)$$

Dimana :

- L = panjang gelombang (m)
- A = amplitudo (m)
- H = tinggi (dari puncak ke pelampung (m)
- T = periode (s)
- f = frekuensi (s⁻¹)

Debit ialah volumnme air yang mengalir pada satuan waktu tertentu. Debit merupakan laju aliran air dalam bentuk volume air yang melewati suatu penampang melintang persatuan waktu[9]. Debit dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = \frac{V}{T} \quad (3)$$

Dimana :

- Q = Debit (m³/s)
- V = Volume Air (m³)
- T = Waktu (s)

Daya listrik merupakan jumlah energi yang diserap atau dihasilkan pada sebuah sirkuit/rangkaian. Daya listrik pada rangkaian arus DC dihitung menggunakan Hukum Joule. Persamaan tersebut dapat ditulis sebagai berikut [10] :

$$P = V.I \quad (4)$$

Dimana :

P = daya listrik (watt)

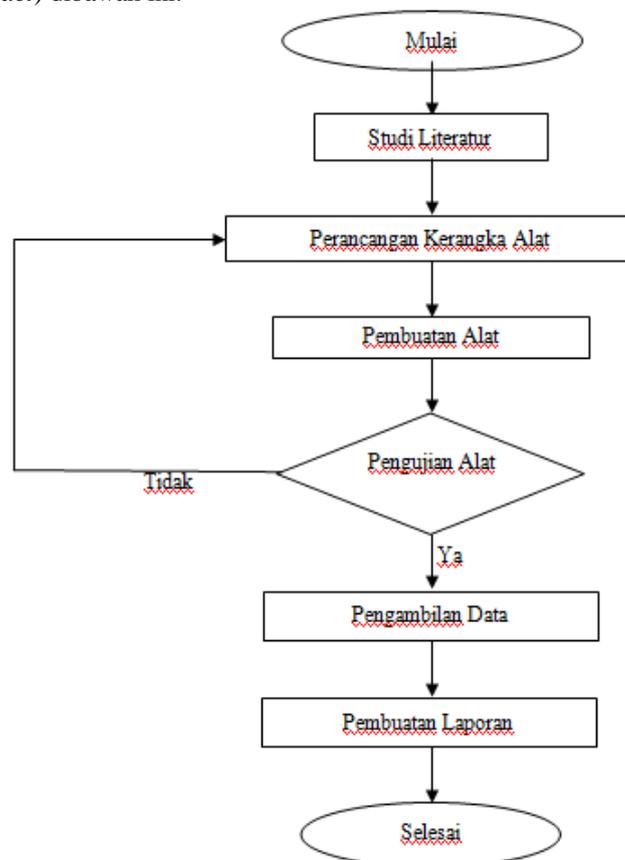
V = tegangan (volt)

I = arus listrik (amper)

3. Metodologi

Tahapan Penelitian

Pada tahapan penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahap-tahap yang harus diikuti, seperti pada diagram alur (*flowchart*) dibawah ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Instrumen Penelitian

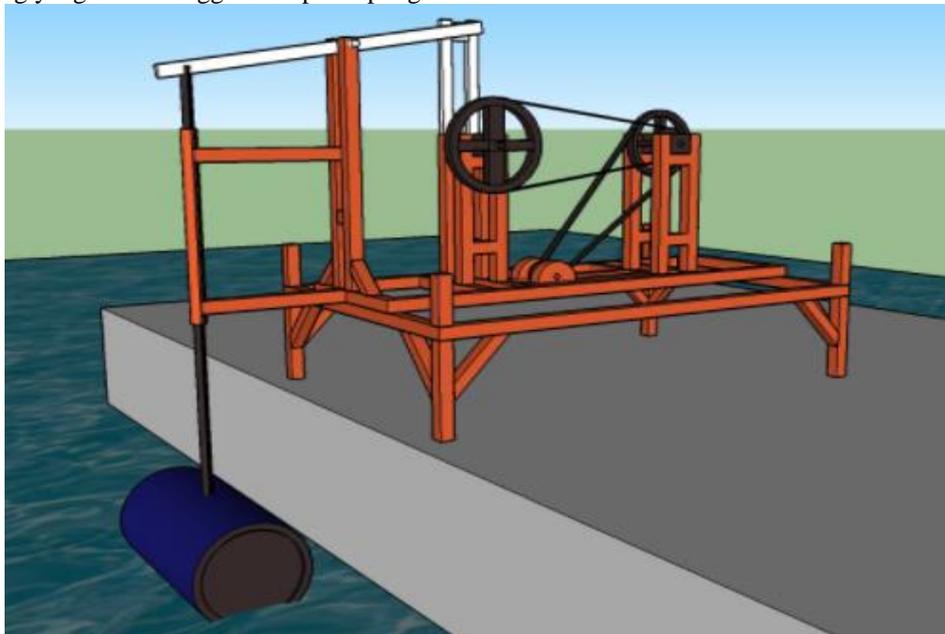
Pada penelitian ini menggunakan beberapa instrumen yang digunakan dalam proses perancangan dan proses pengambilan data, diantaranya adalah:

1. Instrument Perancangan PLTO Berbasis Massa Pelampung
 - Mesin Las Listrik
 - Mesin Bor Listrik
 - Gerinda
 - *Besi Hollow*
 - *Generator*
 - *Pully*
2. Instrument Pengambilan Data
 - *Tachometer* [13]

- Avometer
- Stopwatch
- Osiloskop

Desain Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Berbasis Massa Pelampung

Pada eksperimen pada proses mekanis pembangkit listrik tenaga gelombang laut dilakukan dengan memanfaatkan gigi satu arah (*oneway gear*) terdiri dari pelampung silinder, lengan penggerak, *gearbox* yang dilengkapi *oneway gear* dan generator DC. Ilustrasi dari pemodelan pembangkit listrik energi gelombang laut disajikan pada gambar berikut ini. Untuk mengoperasikan alat ini maka alat harus dipasang searah dengan gelombang yang akan menggerakkan pelampung.



Gambar 2. Desain PLTO berbasis massa pelampung

Prinsip kerja alat pada saat mekanisme seperti Gambar 2. yaitu pada saat lengan bergerak ke bawah akibat berat lengan dan pelampung, gaya diteruskan ke *gearbox* dan dilanjutkan ke *gearbox* 4. Torsi hanya bisa lewat pada sistem *gearbox* 4 sedangkan pada sistem *gearbox* 5 roda gigi terlepas karena terdapat *one way bearing*. Putaran sistem *gearbox* 4 diteruskan ke *cantilever piezoelectric* melalui blade. Penggunaan mekanisme *one way bearing* bertujuan untuk mengontrol putaran *gearbox* pada saat lengan bergerak ke atas maupun ke bawah, sehingga blade tetap berputar pada satu arah dan kontinyu.

Mekanisme seperti ditunjukkan Gambar 2 adalah saat lengan bergerak ke atas karena pengaruh gelombang air maka gaya yang dihasilkan oleh lengan akan dilanjutkan ke *gearbox* dan diteruskan ke *gearbox* 5. Torsi hanya bisa lewat ke sistem *gearbox* 5, sedangkan pada sistem *gearbox* 4 netral karena dipasang sebuah *one way bearing*. Dari sistem *gearbox* 5 diteruskan ke *cantilever piezoelectric* melalui blade. Blade berputar dengan kecepatan sudut lima kali lebih besar dari kecepatan sudut putaran roda gigi input.

Teknik Analisa Data

Pada teknik analisa data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan teknik analisa deskriptif yang melalui eksperimen, yaitu mengumpulkan data dengan cara mengukur atau menguji objek yang diteliti selanjutnya mencatat datadata yang diperlukan.

Data-data yang diperlukan adalah karakteristik gelombang, daya bangkitan gelombang, daya output generator dan efisiensi yang dihasilkan oleh mekanisme PLTO berbasis massa pelampung. Pengambilan data tersebut dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali hingga mendapatkan nilai rata-rata. Hal ini dimaksudkan agar data yang diperoleh benar-benar sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan (*valid*).

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil Perancangan PLTO Berbasis Massa Pelampung

Dari hasil perancangan alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. Dimana alat tersebut diletakkan di pinggir pantai untuk proses pengambilan data.



Gambar 3. Implementasi PLTO Berbasis Massa Pelampung

Dapat dilihat pada Gambar 3 hasil dari imlementasi PLTO berbasis massa pelampung. Yang mana alat tersebut dilakukan pengambilan data di Pantai Brikeen Desa Sumberanyar Paiton probolinggo. pada proses pengambilan data dilakukan beberapa metode pengambilan data diantaranya pengambilan data tegangan arus dan daya listrik.

Hasil Pengambilan Data

Pada Tabel 1 merupakan data hasil pengujian tegangan dan arus pada mekanisme PLTO, pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur multimeter. Hasil dari multimeter akan menunjukkan nilai dari voltase DC dan ampere yang dihasilkan dari linier permanent magnet generator. Data hasil pengujian tersebut diolah untuk menghitung daya output yang dihasilkan.

Tabel 1. Pengaruh Variasi Daya Output Pada PLTO Berbasis Massa Pelampung

No	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya listrik (W)
1	08.30	11,23	0,20	2,25
2	08.35	07,06	0,21	1,49
3	08.40	09,04	0,18	1,63
4	08.45	10,02	0,02	0,21
5	10.25	16,06	0,66	10,59
6	10.30	13,03	0,59	7,69
7	10.35	09,07	0,17	1,55
8	10.40	13,01	0,33	4,29
9	10.45	12,03	0,19	2,2

Pada Tabel 2 merupakan data hasil pengujian tegangan dan arus pada mekanisme PLTO, pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur multimeter. Hasil dari multimeter akan menunjukkan nilai dari voltase DC dan ampere yang dihasilkan dari linier permanent magnet generator. Data hasil pengujian tersebut diolah untuk menghitung daya output yang dihasilkan.

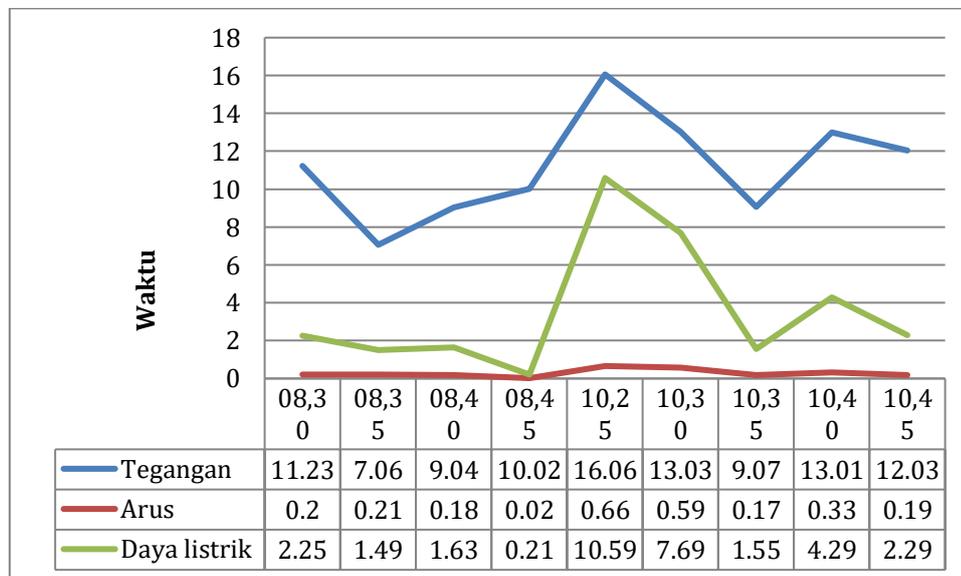
Tabel 2. Pengaruh Variasi Daya Output Pada PLTO Berbasis Massa Pelampung

No	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya listrik (W)
1	08.30	16,8	0,52	8,74
2	08.35	18,2	0,46	8,38
3	08.40	18,0	0,60	10,8
4	08.45	17,2	0,20	3,44
5	10.25	12,7	0,54	6,86
6	10.30	14,6	0,51	7,45

7	10.35	16,2	0,65	10,53
8	10.40	14,8	0,61	9,03
9	10.45	13,0	0,66	8,58

Pembahasan

Energi listrik hasil eksperimen dari PLTO. Metode pelampung dibaca oleh oscilloscope dalam voltase. Dengan mengalihkan voltase tersebut dengan arus maka didapatkan daya dalam satuan watt. Arus PLTO didapatkan dengan menggunakan multimeter.



Gambar 4. Hasil Pengukuran PLTO Massa Pelampung

Pada Gambar 4, terlihat energi listrik yang didapatkan dari hasil eksperimen lebih kecil jika dibandingkan dengan perhitungan secara teoritis. Hasil perhitungan teoritis, pada ketinggian 5 cm menghasilkan energi listrik paling besar dan ketinggian 15 cm menghasilkan listrik paling kecil. Begitu juga pada hasil eksperimen dengan inersia yang sama. Energi listrik paling besar juga dihasilkan oleh ketinggian 5 cm dan energi listrik paling kecil dihasilkan oleh ketinggian 15 cm. Trendline pada grafik teoritis maupun eksperimen memiliki kesamaan yaitu semakin besar ketinggian alat mengakibatkan daya yang dihasilkan menjadi turun.

5. Kesimpulan

Dari hasil perancangan pembangkit listrik tenaga ombak (PLTO) berbasis massa pelampung dapat diketahui pada hari pertama pengambilan data tegangan tertinggi 16,06 V, arus 0.66 A dan daya listrik 10,59 W, pada hari kedua didapatkan tegangan tertinggi 18,2 V, arus 0,66 A dan daya listrik 10.53 W.

Ucapan Terima Kasih

Sampaikan ucapan terima kasih kepada editor dan reviewer atas segala saran, masukan dan telah membantu dalam proses penerbitan naskah. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pihak-pihak yang telah mendukung penelitian dan memberikan bantuan moral dan material.

Daftar Pustaka

[1] Muhammad Hasan Basri, Moh. Komaruddin, Amalia Herlina. “Pengaruh Bentuk Blade Turbin L dan S Pada Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP) Berbasis Basin Silinder”. CYCLOTRON VOLUME 3 NOMOR 2, JULI 2020. ISSN 2614-5499. 2022.

[2] Endrik Septiawan Hartanto. “Perencanaan *Oscillating Wave Column* (OWC) Menggunakan Fluida Cair”. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2015.

[3] Sri Agustina, et al. “Desain Pengembangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Berbasis Keseimbangan *Gyroscope*”. Jurnal Surya Energy. Vol. 5. No. 2. Halaman 50-54 Maret 2021. ISSN 2528-7400. 2021

- [4] Isyana Miftakhul Esa Liidzilfitri. "Pengaruh Variasi Diameter Disk Pada Engkol Terhadap Karakteristik Gelombang Air Dan Energi Listrik Yang Dhasilkan Generator Linier". JTM. Volume 10 Nomor 02 Tahun 2022, Hal 19-26. 2022.
- [5] Utami, Siti Rahma. "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dengan Menggunakan Sistem *Oscilating Water Column* (Owc) Di Tiga Puluh Wilayah Kelautan Indonesia", Program Studi Teknik Elektro., Universitas Indonesia., Depok. 2010.
- [6] Yulia Safitri. "Analisis Respon Gerak Poton Dan Pendulum Vertikal Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut – Sistem Bandul (PLTGL – SB)". Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2016.
- [7] S. K. Chakrabarti. "*Hydrodynamics of Offshore Structures*". British Library Cataloguing-in-Publication Data. ISBN : 0-905451-66-X Computational Mechanics Publications, Southampton. First printed in 1987. Reprinted 1994, 1999, 2000 and 2001. Printed and bound by Antony Rowe LTD, Eastbourne.
- [8] Utami, Siti Rahma. Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dengan Menggunakan Sistem *Oscilating Water Column* (Owc) Di Tiga Puluh Wilayah Kelautan Indonesia, Program Studi Teknik Elektro., Universitas Indonesia., Depok. 2010.
- [9] Fredi Kusuma Putra, Muhammad Hasan Basri, Tijaniyah Tijaniyah, Bahtera Indarto. 2020. "Pengaruh Ketinggian Turbin Model L dan Turbin Model S pada Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP) Berbasis basin Silinder". Journal of Electrical and Elektronik Engineering-UMSIDA ISSN 2460-9250 (print), ISSN 2540-8658 (online Vol. 4, No. 1, April 2020).
- [10] Muhlas Budi Utomo, Muhammad Hasan Basri. 2020. "Eksperimen Variasi Tabung Basin Silinder Pada Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP) Berbasis basin Silinder". CYLCTRON P-ISSN 2614-5499 Vol. 3, No. 2, July 2020.
- [11] Muhammad Hasan Basri Dkk. "Perancangan Generator Axial Fluks 3 Fasa Pada Pembangkit Listrik Tenaga Ombak (PLTO)". Zetroem Vol 05. No 02 tahun 2023 ISSN (Online) : 2656-0812.
- [12] Muhammad Hasan Basri, Ilmirrizki Imaduddin, Mahmud Pribadi. "Teknologi Konversi Energi Pembangkit Listrik Tenaga Ombak". PT Literasi Nusantara Abadi Group (LITNUS). ISSN : 978-623-8328-33-8 vi+ 62 hlm ; 15,5x23 cm. July 2023.
- [13] Muhammad Hasan Basri, Dkk. "Redesaian Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP) Study Kasus Desa Duren". P-ISSN: 2774-4574 ; E-ISSN: 2774-4582 TRILOGI, 2(1), Januari-April 2021 (1-5) @2021 Lembaga Penerbitan, Penelitian, dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP3M) Universitas Nurul Jadid Paiton Probolinggo DOI: <https://doi.org/>
- [14] Muhammad Hasan Basri, Dkk. "Pemanfaatan Saluran Irigasi Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Ait (Vortex) Untuk Daerah Tidak Terdampak Pasokan Listrik PLN". **GUYUB: Journal of Community Engagement** Vol. 2, No. 1, Januari-April 2021 **p-ISSN: 2723-1232; e-ISSN: 2723-1224 DOI: 10.33650/guyub.v2i1.1907.**
- [15] Muhammad Bahrullah, Muhammad Hasan Basri, Dkk. "Perancangan Generator 3 Fasa Pada Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP)". ELEMEN Jurnal Teknik Mesin Vol.7 No.1 Juni 2020 ; pp. 46 – 53. ISSN 2442-4471 (cetak) ISSN 2581-2661 (online) <http://je.politala.ac.id>.