

PENGARUH JUMLAH LILITAN KAWAT PADA KUMPARAN GENERATOR LINIER TERHADAP PERFORMA GENERATOR LINIER

Sentanu Herman Dimasrozaq

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: sentanudimasrozaq16050754010@mhs.unesa.ac.id

Aris Ansori

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: arisansori@unesa.ac.id

Abstrak

Pengembangan dalam pemanfaatan tenaga ombak diperlukan untuk menghasilkan energi listrik yang maksimal dalam mengkonversi energi gerak menjadi energi listrik. Berdasarkan permasalahan diatas, maka dilakukan penelitian pengaruh jumlah lilitan kawat pada kumparan generator linier terhadap performa generator linier. Tujuan penelitian ini; (1) Mengetahui pengaruh jumlah lilitan kumparan terhadap daya yang dihasilkan oleh generator linier, (2) Mendapatkan jumlah lilitan kumparan yang terbaik untuk generator linier dari pengujian mekanisme PLTGL generator linier magnetik. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimen dengan obyek penelitian generator linier. Cara pengujian dilakukan dalam kolam simulator gelombang yang akan menggerakkan pelampung dan poros generator bergerak naik turun. Analisa data menggunakan metode deskriptif. Pada eksperimen ini peneliti menggunakan variasi jumlah kawat kumparan 2000, 3000, 4000 lilitan. Hasil dari penelitian didapatkan jumlah kawat kumparan berpengaruh terhadap daya dan efisiensi *linear permanent magnet generator* yaitu semakin banyak jumlah kawat kumparan semakin tinggi daya dan efisiensi yang dihasilkan, hal ini dapat dilihat dari daya dan efisiensi yang dihasilkan yaitu 0,0227 Watt dengan efisiensi 2,55%, 0,0487 Watt dengan efisiensi 5,48%, 0,0882 Watt dengan efisiensi 9,92%. Dari penelitian ini didapatkan jumlah kumparan yang terbaik dari generator linier yaitu memakai 4000 lilitan. Hal ini disebabkan medan magnet yang memotong kumparan semakin banyak dan nilai gaya gerak listrik induksi semakin besar.

Kata Kunci: Generator Linier, Jumlah Lilitan, PLTGL, Magnetik.

Abstract

In the utilization of wave power, it is necessary to develop it to produce optimal electrical energy in converting motion energy into electrical energy. Based on the above problems, a research was carried out on the effect of the number of turns of wire in a linear generator coil on the performance of a linear generator. The purpose of this research; (1) Knowing the effect of the number of coil turns on the power generated by a linear generator, (2) Getting the best number of coil turns for a linear generator from testing the PLTGL mechanism for a magnetic linear generator. The method used is an experimental method with a linear generator as the object of research. The test method is carried out in a wave simulator pool which will move the buoy and the generator shaft up and down. Data analysis using descriptive method. In this experiment, researchers used variations in the number of coil wires of 2000, 3000, 4000 turns. The results of the study showed that the number of coil wires had an effect on the power and efficiency of the linear permanent magnet generator, namely the more the number of coil wires, the higher the power and efficiency produced, this can be seen from the power and efficiency produced, namely 0.0227 Watt with an efficiency of 2.55%, 0.0487 Watt with 5.48% efficiency, 0.0882 Watt with 9.92% efficiency. From this research, the best number of coils from a linear generator is to use 4000 turns. This is because the magnetic field that cuts the coil is getting more and more and the value of the induced electromotive force is getting bigger.

Keywords: Linear Generator, Number of Windings, PLTGL, Magnetic.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki populasi pertumbuhan penduduk yang sangatlah pesat, yang sebanding akan kebutuhan energi, sedangkan jumlah energi yang tersedia sangatlah minim, sehingga diperlukan sebuah solusi untuk mengatasi kekurangan sumber energi tersebut. Energi listrik di Indonesia merupakan sebuah kebutuhan yang

setiap tahunnya selalu meningkat yang diikuti oleh pertumbuhan ekonomi yang juga mengalami peningkatan. Pada tahun 2009 rasio elektrifikasi per triwulan sudah mencapai angka 98,86%. Yang berarti hampir seluruh rumah di Indonesia sudah menikmati listrik. Akan tetapi, pemerintah juga tidak lupa untuk memperhatikan rumah tangga yang belum memakai

listrik. Program percepatan pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan 35.000 MW dilakukan untuk mengatasi kebutuhan listrik tersebut. (Kementerian ESDM, 2019)

Pembangkit yang berada di Indonesia hampir semua menggunakan sumber energi yang tidak terbarukan, contohnya batu bara dan minyak bumi, dimana sumber energi tersebut akan terus mengurang setiap tahunnya atau bahkan bisa habis. Untuk menanggulangi kehabisan energi maka diperlukan sebuah pemanfaatan energi terbarukan yang mampu mencukupi kebutuhan energi listrik.

Energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan yaitu ombak, dimana ombak yang ada di bibir pantai dapat dimanfaatkan dengan mengkonfersi hempasan ombak menjadi energi listrik, yang memanfaatkan terjangan ombak untuk menggerakkan turbin, kemudian turbin menggerakkan generator dan generator mengkonversi energi gerak menjadi energi listrik. Hempasan ombak tersebut menggerakkan generator dan akan menghasilkan tegangan dan arus yang akan kita ukur berapa besar daya yang dibangkitkan oleh prototype pembangkit ombak tersebut.

Penelitian dengan menggunakan metode eksperimen dengan memvariasikan jumlah lilitan kawat kumparan yaitu 1000, 2000, dan 3000 lilitan. Dapat disimpulkan voltase DC terbesar untuk variasi panjang kumparan dan jumlah lilitan terjadi pada panjang kumparan 20 mm dengan 3000 lilitan yaitu 0,9986 volt dan voltase terkecil terjadi pada panjang kumparan 25 mm dengan 1000 lilitan yaitu 0,8755 volt. Untuk semua variasi yang dilakukan, penggunaan voltase DC untuk pengambilan energi lebih efisien daripada voltase AC. (Dharmawan, 2015).

Menggunakan ukuran ketebalan magnet induksi 2 cm dan variasi lilitan 50 lilitan dan 100 lilitan dan juga diset untuk voltase 6V maka didapatlah hasil fluks magnet tertinggi dari *prototype* magnet 100 lilitan sebesar 23,8 weber. (Nugroho & Kusuma, 2014)

Hasil dari penelitian yang berupa daya dalam atau volt. Yaitu variasi diameter kawat generator 0,2, 0,3 dan 0,4 mm sebesar 0,007209 W, 0,0113 W, dan 0,02438 V. dari penelitian ini dapat disimpulkan semakin besar diameter kawat yang digunakan pada generator akan menghasilkan daya yang lebih besar. (Ulum, 2018)

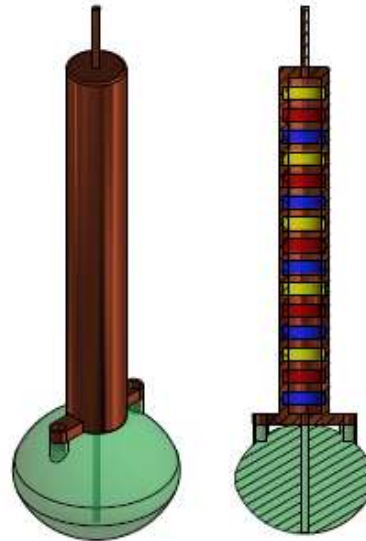
Berdasarkan beberapa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. penelitian ini akan dilaksanakan secara eksperimen untuk mengoptimalkan daya dan efisiensi pada generator linier dengan memvariasikan jumlah lilitan kumparan. Hasil yang diharapkan dengan dilaksanakan penelitian eksperimen ini dapat menghasilkan generator linier yang lebih baik dari sisi effisiensinya kemudian dapat digunakan untuk

pembangkit listrik skala kecil maupun besar sehingga energi potensial gelombang dapat dimanfaatkan secara maksimal.

METODE

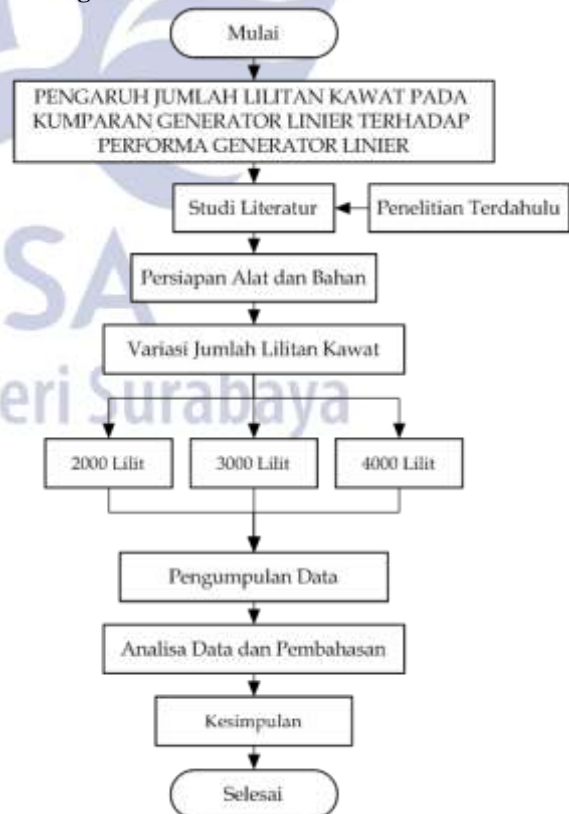
Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan untuk penelitian ini adalah generator linier menggunakan variasi jumlah lilitan kumparan sebesar 2000, 3000, 4000 lilitan.



Gambar 1. Generator Linier

Rancangan Penelitian



Gambar 2. Flowcart Penelitian

Instrument Penelitian

Instrument yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Tide Staff
- Multimeter

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu jumlah lilitan kumparan sebesar 2000 lilitan, 3000 lilitan, 4000 lilitan.

- Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :

- a) Magnet yang digunakan berjenis Neodymium grade N50.
- b) Menggunakan diameter kawat 0.5 mm.
- c) Penggerak gelombang menggunakan motor linier dengan Panjang Langkah 500mm.
- d) Volume kolam yang di gunakan adalah (300.000 $cm^3 \rightarrow$ 300 liter).
- e) Air yang digunakan adalah air tawar ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$)

- Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh generator linier.

Prosedur Penelitian

Tahap Persiapan Penelitian

- Mendesain model mekanisme PLTGL menggunakan generator linier.
- Merakit generator linier sesuai dengan desain.
- Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
- Menyiapkan instrumen dan alat ukur yang digunakan.
- Memasang bagian pelampung pada rotor.
- Memasang *control box* pada sisi generator linier

Tahap Pengecekan

- Mengecek kondisi kolam, pastikan tidak mengalami kebocoran.
- Mengecek kondisi pelampung dan generator, pastikan tidak mengalami kemiringan saat permukaan air tenang.
- Memastikan instrumen penelitian telah di kalibrasi dan bekerja dengan normal.

Tahap Analisa Data

- Pasang generator linier dan pelampung pada mekanisme gelombang
- Tentukan parameter tinggi dan periode gelombang.
- Hitung daya bangkitan gelombang dari air kolam.
- Mengukur arus dan tegangan bangkitan dari generator linier menggunakan multimeter pada setiap variasi jumlah kawat kumparan.

- Waktu pengujian 3 menit untuk setiap variasi jumlah kawat kumparan.
- Hitung daya dari generator linier setiap variasi jumlah lilitan kawat kumparan menggunakan rumus.
- Hitung efisiensi mekanisme PLTGL setiap variasi jumlah lilitan kawat kumparan menggunakan rumus.
- Mengulangi kembali prosedur 2-7 sebanyak 3 (tiga) kali.

Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan data yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini adalah teknik eksperimen, yaitu mengumpulkan data dengan cara mengukur atau menguji objek yang diteliti selanjutnya mencatat data-data yang diperlukan.

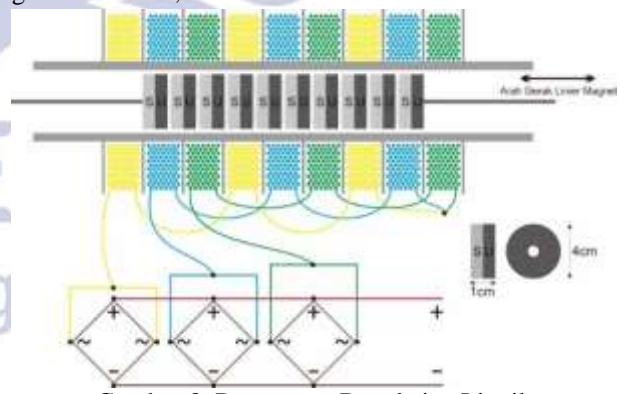
Data-data yang diperlukan adalah karakteristik gelombang, daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh mekanisme PLTGL Generator linier. Pengambilan data tersebut dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali. hal ini dimaksudkan agar data yang diperoleh benar-benar sesuai dengan kondisi yang ada atau valid.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Rancangan Rangkaian Listrik

Perancangan dilakukan dengan cara menghubungkan 3 Fasa R, S dan T dengan penyearah gelombang (*rectifier*) berfungsi mengubah tegangan AC menjadi DC. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut;



Gambar 3. Rancangan Rangkaian Listrik

Hasil Eksperimen

Data yang didapatkan dari pengujian kemudian diolah sehingga diketahui daya dan efisiensi yang dihasilkan dari generator linier. Arus generator, tegangan generator, daya generator, dan efisiensi generator linier menggunakan rumus-rumus sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Tegangan dan Arus Listrik

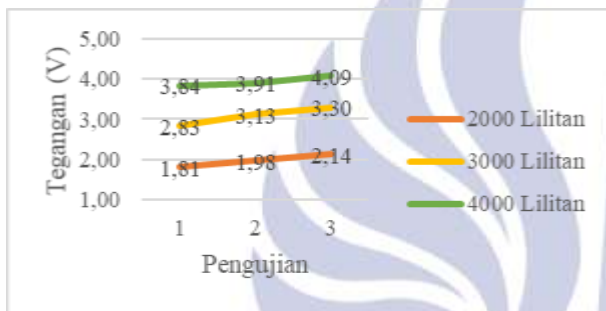
Variasi	Pengujian	Tegangan (V)	Arus (mA)	Arus (A)
2000 Lilitan	1	1,81	12,20	0,0122
	2	1,98	11,94	0,0119
	3	2,14	10,26	0,0103
	Rata-Rata	1,98	11,47	0,0115
3000 Lilitan	1	2,83	18,70	0,0187
	2	3,13	15,11	0,0151
	3	3,30	13,50	0,0135
	Rata-Rata	3,09	15,77	0,0158
4000 Lilitan	1	3,84	23,76	0,0238
	2	3,91	22,20	0,0222
	3	4,09	21,05	0,0211
	Rata-Rata	3,95	22,34	0,0223

Keterangan:

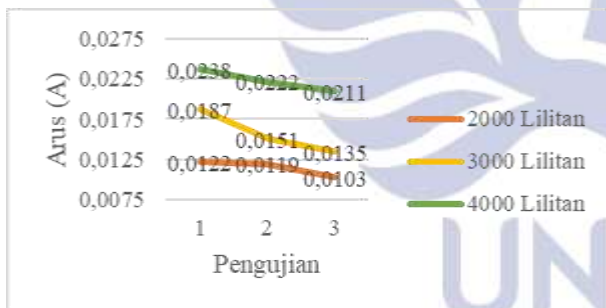
- P_w : Daya Gelombang (watt)
- ρ : Densitas air tawar (1.000 kg/m³)
- g : Gravitasi Bumi (9,8 m/s²)
- H : Ketinggian Gelombang (0,075m)
- b : Diameter Pelampung (0,152m)
- T : Periode Gelombang (1,17sec)

Tabel 2. Hasil Perhitungan Daya Generator Linier

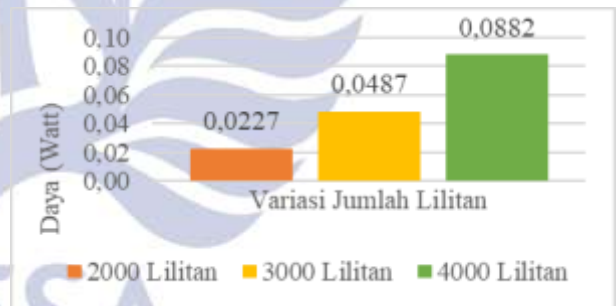
Variasi	Pengujian	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Generator (Watt)
2000 Lilitan	1	1,81	0,0122	0,0221
	2	1,98	0,0119	0,0236
	3	2,14	0,0103	0,0220
	Rata-Rata	1,98	0,0115	0,0227
3000 Lilitan	1	2,83	0,0187	0,0529
	2	3,13	0,0151	0,0473
	3	3,30	0,0135	0,0446
	Rata-Rata	3,09	0,0158	0,0487
4000 Lilitan	1	3,84	0,0238	0,0912
	2	3,91	0,0222	0,0868
	3	4,09	0,0211	0,0861
	Rata-Rata	3,95	0,0223	0,0882



Gambar 4. Grafik Tegangan Generator Linier



Gambar 5. Grafik Arus Generator Linier



Gambar 6. Grafik Rata-rata Daya Generator Linier

Pembahasan

Untuk mengetahui efisiensi dari generator maka diperlukan Daya Bangkitan Gelombang Air. Daya Bangkitan Gelombang Air dapat diketahui menggunakan persamaan:

$$P_w = \frac{\rho g^2 H^2 T b}{32\pi}$$

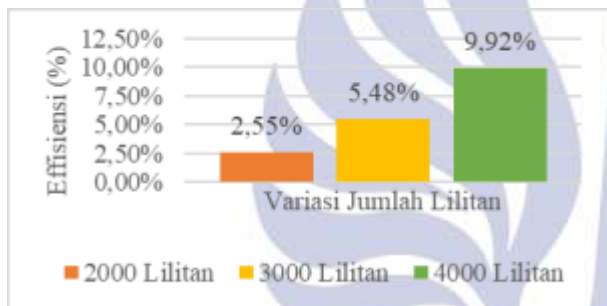
$$P_w = 0,889 \frac{kg \cdot m^2}{s^3} \times \frac{s^2 \cdot J}{kg \cdot m^3} \times \frac{s \cdot Watt}{J}$$

$$P_w = 0,889 Watt$$

Daya yang dihasilkan generator linier pada setiap variasi jumlah kawat kumparan yang berbeda dapat dilihat pada tabel 2. Diketahui pada variasi jumlah lilitan kawat 2000 lilitan, 3000 lilitan, 4000 lilitan menghasilkan rata-rata daya 0,0227 Watt, 0,0487 Watt, 0,0882 Watt.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Effisiensi Generator Linier

Variasi	Pengujian	Daya Bangkitan (Watt)	Daya Generator (Watt)	Effisiensi (%)
2000 Lilitan	1	0,889	0,0221	2,48%
	2	0,889	0,0236	2,66%
	3	0,889	0,0220	2,47%
	Rata-Rata	0,889	0,0227	2,55%
3000 Lilitan	1	0,889	0,0529	5,95%
	2	0,889	0,0473	5,32%
	3	0,889	0,0446	5,01%
	Rata-Rata	0,889	0,0487	5,48%
4000 Lilitan	1	0,889	0,0912	10,26%
	2	0,889	0,0868	9,76%
	3	0,889	0,0861	9,68%
	Rata-Rata	0,889	0,0882	9,92%



Gambar 7. Grafik Rata-rata Effisiensi Generator Linier

Daya yang dihasilkan generator linier pada setiap variasi jumlah kawat kumparan yang berbeda dapat dilihat pada tabel 3. Diketahui pada variasi jumlah lilitan kawat 2000 lilitan, 3000 lilitan, 4000 lilitan memiliki efisiensi 2,55%, 5,48%, 9,92%.

PENUTUP

Simpulan

- Jumlah kawat kumparan berpengaruh terhadap daya dan efisiensi *linear permanent magnet generator* yaitu semakin banyak jumlah kawat kumparan maka semakin tinggi daya dan efisiensi yang dihasilkan. Dari data penelitian dapat dilihat adanya peningkatan di setiap variasi jumlah kawat kumparan yaitu sebesar 0,0227 Watt dengan efisiensi 2,55%, 0,0487 Watt dengan efisiensi 5,48%, 0,0887 Watt dengan efisiensi 9,92%.
- Daya dan efisiensi yang terbaik dari pengujian *linear permanent magnet generator* ini dihasilkan oleh generator linier dengan variasi jumlah kawat kumparan 4000 lilitan, yaitu sebesar 0,0882 Watt

dan 9,92%. Karena semakin banyak jumlah kawat semakin besar GGL induksi yang dihasilkan.

Saran

- Mengingat manfaat yang diperoleh, *linear permanent magnet generator* ini dapat lebih dikembangkan. Tetapi, dalam pengembangannya perlu memperhatikan kekuatan magnet dan karakteristik gelombang yang digunakan.
- Desain generator diperbaiki dengan memperhatikan celah stator dan rotor untuk mendapatkan medan magnet dan fluks magnet yang tepat.
- Sekat stator diganti dengan bahan yang lebih kuat.
- Alat ukur akan lebih baik jika menggunakan osiloskop.
- Menggunakan mesin pendorong yang lebih kuat dan memiliki torsi lebih tinggi untuk mengantisipasi adanya gelombang balik yang menabrak pada *paddle board* agar gaya dorong lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Asy'ari, H., Sarjito, & Prasetyo, S. H. (2017). A Study of Generator Performance With Linear Permanent Magnet in Various Coil Configuration and Rotor-Stator Geometry. *AIP Conference Proceedings, 1831*(1), 20059.
- Azhari, B., Prawinnetou, W., & Hutama, D. A. (2017). Design of a quasi-flat linear permanent magnet generator for pico-scale wave energy converter in south coast of Yogyakarta, Indonesia. *AIP Conference Proceedings, 1826*(1), 20024.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2020, https://maritim.bmkg.go.id/prakiraan/satu_minggu_kedepan, 4 Juni 2020
- Dharmawan, D. A. (2015). *Studi Eksperimen Dan Analisa Energi Listrik Yang Dihasilkan Mekanisme Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe Pengungkit Dengan Variasi Panjang Kawat Kumparan Dan Jumlah Lilitan* [Institut Technology Sepuluh Nopember]. <http://repository.its.ac.id/52004/>
- Drew, B., Plummer, A. R., & 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), 887–902.
- Kasharjanto, A., Rahuna, D., & Rina, R. (2017). Kajian Pemanfaatan Energi Arus Laut Di Indonesia. *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim, 11*(2), 75–84.
- Kofoed, J. P. (2007). Vertical Distribution of Wave Overtopping For Design of Multi level Overtopping Based Wave Energy Converters. In *Coastal Engineering 2006: (In 5 Volumes)* (pp. 4714–4726). World Scientific.

Kramer, M., Marquis, L., & Frigaard, P. (2011). Performance evaluation of the wavestar prototype. *9th Ewtec 2011: Proceedings of the 9th European Wave and Tidal Conference, Southampton, UK, 5th-9th September 2011.*

Langhamer, O., Haikonen, K., & Sundberg, J. (2010). Wave power—Sustainable energy or environmentally costly? A review with special emphasis on linear wave energy converters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14*(4), 1329–1335.

Masjono, M., Manjang, S., Suriamiharja, D. A., & Thaha, M. A. (2016). Modelling Of One Way Gears Wave Energy Converter For Irregular Ocean Waves To Generate Electricity. *Jurnal Teknologi, 78*(5–7).

McCormick, M. E. (2009). *Ocean engineering mechanics: with applications.* Cambridge University Press.

Nugroho, W. B., & Kusuma, I. R. (2014). Kajian Teknis Gejala Magnetisasi Pada Linear Generator Untuk Alternatif Pembangkit Listrik. *Jurnal Teknik ITS, 3*(1), G95–G98.

Pond, S., & Pickard, G. L. (1983). *Introductory Dynamical Oceanography.* Gulf Professional Publishing.

Tedd, J., & Kofoed, J. P. (2009). Measurements of Overtopping Flow Time Series on the Wave Dragon, Wave Energy Converter. *Renewable Energy, 34*(3), 711–717.

Ulum, M. (2018). Studi Experimental Energi Bangkitan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Model Pelampung Silinder. *Jurnal IPTEK, 22*(1), 29–36.

Utami, S. R. (2010). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dengan Menggunakan Sistem Oscilating Water Column (Owc) Di Tiga Puluh Wilayah Kelautan Indonesia. *Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.*

Wijaya, I. W. A. (2012). Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Teknologi Oscilating Water Column di Perairan Bali. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro.*

