

PENGARUH VARIASI DIAMETER KAWAT KUMPARAN GENERATOR LINIER TERHADAP PERFORMA GENERATOR LINIER

Chalky Hianx Cangkara

S1 Teknik Mesin Konversi Energi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: chalkycangkara16050754089@mhs.unesa.ac.id

Aris Ansori

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: arisansori@unesa.ac.id

Abstrak

Energi termasuk kebutuhan vital untuk manusia, khususnya energi listrik. Energi gelombang laut ialah energi alternatif yang diciptakan dengan efek gerakan tekanan udara karena naik turunnya pergerakan gelombang. Dengan terjadinya gelombang ombak tersebut, maka energi mekanik dari gelombang ombak bisa dirubah menjadi energi listrik dengan bantuan translator. Kecil atau besarnya arus listrik yang diciptakan pada ujung-ujung GGL tergantung pada 3 faktor, yakni banyak lilitan, kuat medan magnet, serta kecepatan gerakan magnet atau kecepatan perubahan garis gaya magnet (fluks magnetik). Penelitian ini tertuju pada pentingnya penelitian skala lab untuk mengetahui analisa *Linear generator* untuk konversi energi gelombang. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui *output* antara lain; (1) Daya Bangkitan Generator Linier, (2) Tegangan Generator Linier, (3) Arus Generator Linier, (4) Daya Generator Linier, (5) Efisiensi Generator Linier.

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan (1) Performa yang didapatkan pada pengujian generator linier pada setiap variasi berbeda, didapatkan hasil pada generator dengan diameter kawat 1 mm didapatkan efisiensi sebesar 8,18%, pada generator dengan diameter kawat 0,5 mm didapatkan hasil efisiensi sejumlah 5,74%, dan pada generator dengan diameter kawat 0,2 mm didapatkan hasil efisiensi sejumlah 3,06%. Besar kecilnya diameter kawat kumparan cukup berpengaruh pada perubahan tegangan dan arus termasuk daya. Dimana seiring voltase meningkat arus juga ikut meningkat pada setiap variasi diameter. (2) Didapatkan generator linier dengan diameter kawat kumparan 1 mm dengan hasil yang efektif, mendapatkan hasil tegangan sebesar 4,09 volt, mendapatkan arus sebesar 17,49 mA (0,01749 Ampere) dan mendapatkan daya sebesar 0,0715 watt dengan nilai efisiensi 8,05%.

Kata Kunci: Energi Alternatif, *Linear Permanent Magnet Generator*, Variasi diameter kawat kumparan.

Abstract

Energy is an important need for humans, especially electrical energy. Ocean wave energy is alternative energy generated through the effects of air pressure movement due to fluctuations in wave movement. With these waves, the mechanical energy of the waves can be converted into electrical energy with a translator. The size of the electric current produced at the ends of the emf is influenced by 3 factors, namely the number of turns, the strength of the magnetic field, and the speed of magnetic movement or the speed of change in magnetic lines of force (magnetic flux). This research focuses on the importance of laboratory-scale research to determine the linear generator analysis for wave energy conversion. The purpose of this study to determine the output, among others; (1) Linear Generator Generating Power, (2) Linear Generator Voltage, (3) Linear Generator Current, (4) Linear Generator Power, (5) Linear Generator Efficiency.

Based on this research, it can be concluded (1) The performance obtained in the linear generator test in each different variation, the results obtained on a generator with a wire diameter of 1 mm obtained an efficiency of 8.18%, on a generator with a wire diameter of 0.5 mm the efficiency results of 5.74%, and on a generator with a wire diameter of 0.2 mm the efficiency results are 3.06%. The size of the coil wire diameter is quite influential on changes in voltage and current including power. Where as the voltage increases, the current also increases for each diameter

variation. (2) Obtained a linear generator with a coil wire diameter of 1 mm with effective results, getting a voltage of 4.09 volts, getting a current of 17.49 mA (0.01749 Ampere) and getting a power of 0.0715 watts with an efficiency value 8.05%.

Keywords: *Alternative Energy, Linear Permanent Magnet Generator, Variation of coil wire diameter.*

PENDAHULUAN

Energi termasuk kebutuhan vital untuk manusia, terutama energi listrik, energi listrik selalu bertambah sejalan dengan bertambahnya jumlah pertumbuhan manusia di Indonesia. Sejak dulu kebutuhan energi masih menggunakan minyak bumi dan batu bara menjadi bahan utama kebutuhan energi. Persoalan energi ialah persoalan yang penting, sebab mencakup bermacam-macam komponen kebutuhan terhadap energi juga tidak bisa terpisahkan dari kehidupan umat manusia. Manusia memakai energi untuk melakukan kegiatan pada aktivitas sehari-hari, manusia hampir tidak bisa melakukan pekerjaan yang ada dengan tidak tersedianya energi yang cukup. Sementara itu energi terbarukan yang didapat dari bumi makin berkurang.

Energi alternatif ialah penyelesaian untuk mengembangkan fungsi energi terbarukan masa ini kebutuhan energi listrik semakin bertambah beriringan dengan pertambahan jumlah penduduk dan perkembangan teknologi serta informasi pemakaian listrik bukan hanya untuk mencukupi kebutuhan dari sisi sosial namun juga kebutuhan pribadi. Gelombang ialah sumber energi yang terbilang besar, gelombang ialah pergerakan air laut yang bergulung-gulung ataupun turun naik. Energi gelombang laut ialah energi alternatif yang diciptakan lewat hasil gerakan tekanan udara disebabkan naik turunnya pergerakan gelombang. Penggunaan energi gelombang laut untuk diubah menjadi energi listrik dengan memakai pembangkit listrik mikrohidro. Penggunaan pembangkit listrik tenaga gelombang laut tersebut disamping ramah lingkungan, pada pembuatan maupun pengoperasiannya tidak akan mengganggu ekosistem alam. Satu diantara potensi laut dan samudra yang masih belum dikenal khalayak umum ialah potensi energi gelombang laut untuk menciptakan energi listrik.

Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (*Wave Energy Converter*) ialah alat yang dibuat guna mengonversi energi gelombang laut untuk menjadi energi listrik. Pembentukan energi listrik dari gelombang laut sudah sering diteliti, contohnya *Oscillating Water Column (OWC)* dan *Buoyant Float*. Jenis PLTGL yang tepat di Indonesia mempunyai ombak yang tinggi serta arus laut yang keras, satu diantaranya dengan memakai generator linier magnet permanen. Gerakan naik turun

gelombang laut bisa dirubah menjadi gerakan linier untuk membuat generator bergerak.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ulum (2018) dengan judul “**Studi Experimental Energi Bangkitan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Model Pelampung**” Hasil dari penelitian ini berbentuk daya dalam (volt). Yakni pada perbedaan diameter kawat generator 0,2, 0,3 dan 0,4 mm senilai 0,007209 W, 0,0113 W serta 0,02438 V. dari penelitian ini dapat disimpulkan semakin besar diameter kawat yang digunakan pada generator akan menghasilkan daya yang lebih besar.

Penelitian Michael Faraday memberikan bukti jika magnet yang digerakkan keluar lalu masuk melewati kumparan bisa membentuk arus listrik pada kumparan itu sendiri, gelombang yang dibentuk oleh ombak laut ialah gelombang sinusoidal. Generator linier ialah generator yang bergerak dengan sistem translasi yang mengumpulkan gelombang ombak menjadi penggerak utama. Melalui terdapatnya gelombang ombak tersebut, maka energi menarik dari gelombang ombak bisa diubah menjadi energi listrik menggunakan bantuan translator. Banyak atau sedikitnya arus listrik yang dibentuk pada tepi GGL bergantung pada 3 faktor, yakni banyak lilitan, kuat medan magnet, serta kecepatan gerakan magnet ataupun perubahan garis-garis gaya magnet (fluks magnetik). Penggunaan energi gelombang air laut menjadi pembangkit tenaga listrik memang belum marak dipraktikkan dari pemaparan yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka penulis tergerak untuk mengembangkan energi yang dihasilkan dari gelombang air laut. Penelitian ini tertuju pada pentingnya penelitian skala lab untuk mengetahui analisa *Linear generator* untuk konversi energi gelombang. Pada penelitian ini dianalisa karakteristik energi listrik yang dihasilkan oleh variasi diameter kawat dan jumlah lilitan oleh linear generator. Harapan dari penelitian ini ialah membuat pembangkit listrik dengan memakai energi gelombang laut yang ramah lingkungan dengan efisiensi yang tinggi.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan dengan memakai metode penelitian ekperimental (*Ekspesimental Research*) yakni cara agar mengetahui sebuah hubungan

sebab akibat diantara bermacam faktor yang saling memiliki keterkaitan. Kegiatan yang dilakukan pada penelitian ini menghitung variasi diameter kawat kumparan generator linier untuk mendapatkan energi gelombang laut yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik.

Variabel ialah objek penelitian, atau hal yang menjadi fokus perhatian sebuah penelitian. Pada penelitian ini ada tiga variabel yakni:

- Variabel Bebas

Ialah jenis variabel yang menjadi penyebab berlangsungnya perubahan terhadap variabel yang lain.

Penelitian ini yang menjadi variabel bebas ialah variasi diameter kawat kumparan 1mm, 0,5mm, 0,2mm.

- Variabel Terikat

Ialah jenis variabel yang dipengaruhi oleh adanya perubahan variabel bebas.

Pada penelitian ini yang menjadi variabel terikat ialah performa generator linier yaitu :

- o Daya *output* setiap variasi diameter kawat kumparan Generator linier.
- o Effisiensi yang dihasilkan Generator linier.

- Variabel Kontrol

Ialah jenis variabel yang bisa diubah ataupun dikontrol oleh peneliti. Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian yaitu :

- o Jumlah lilitan sebanyak 3000 lilitan.
- o Magnet yang digunakan neodymium *grade* N50.
- o Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali pengujian
- o Penggerak gelombang menggunakan motor linier dengan Panjang Langkah 500mm.

Prosedur Penelitian

Tahap Persiapan

- Desain model sistem mekanisme PLTGL Generator linear
- Mempersiapkan pelampung yang akan digunakan sebagai tempat *Linear Permanen Magnet Generator*.
- Merakit generator linier sesuai dengan desain yang telah direncanakan.
- Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
- Menyiapkan instrument dan alat ukur yang digunakan.
- Pasang bagian rotor pada pelampung dan letakkan diatas permukaan air.
- Pasang seluruh sistem pembangkit beserta instrumen penelitian.
- Nyalakan motor linier sebagai penggerak gelombang.

Tahap Pengecekan

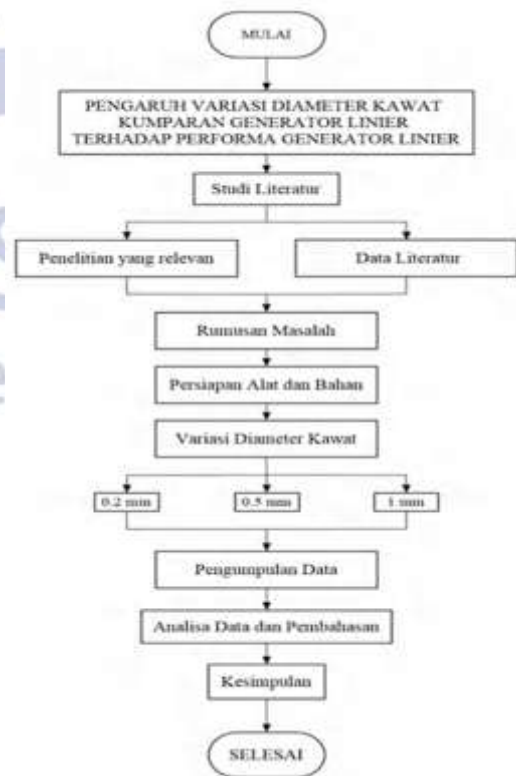
- Mengecek kondisi kolam pastikan tidak mengalami kebocoran
- Mengecek kondisi pelampung dan generator pastikan tidak mengalami kemiringan saat permukaan air tenang.
- Memastikan posisi *tide staff* berada di sisi samping kolam untuk mengamati pergerakan gelombang terhadap pelampung
- Memastikan instrumen penelitian telah di kalibrasi dan bekerja dengan normal.

Tahap Analisa Data

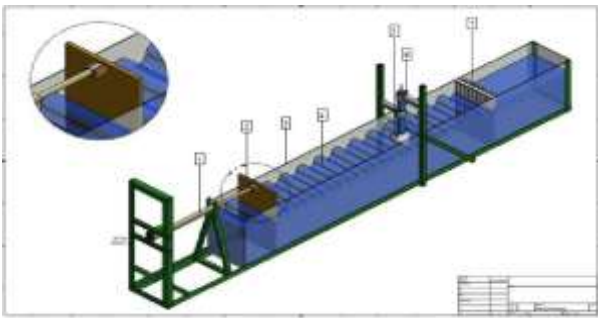
- Nyalakan motor linier tunggu sampai gelombang menjadi stabil.
- Tentukan parameter tinggi dan periode gelombang
- Mengukur arus dan tegangan bangkitan dari generator linier menggunakan multimeter pada setiap variasi diameter kawat kumparan.
- Hitung daya bangkitan gelombang dari gelombang air menggunakan rumus.
- Hitung daya dari generator linier pada setiap variasi diameter kawat kumparan menggunakan rumus.
- Hitung effisiensi mekanisme generator linier

Penelitian ini fokus melakukan rancangan pengaruh variasi diameter kawat kumparan generator linier terhadap performa generator linier, dengan tahapan disusun dalam bentuk *flowchart*.

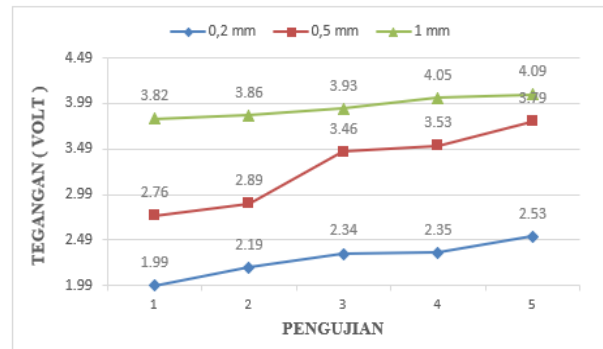
Skema Flowchart



Gambar 1. *Flowchart*



Gambar 2. Desain Mekanisme PLTGL Skala Lab



Gambar 3. Grafik Tegangan Generator Setiap Variasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

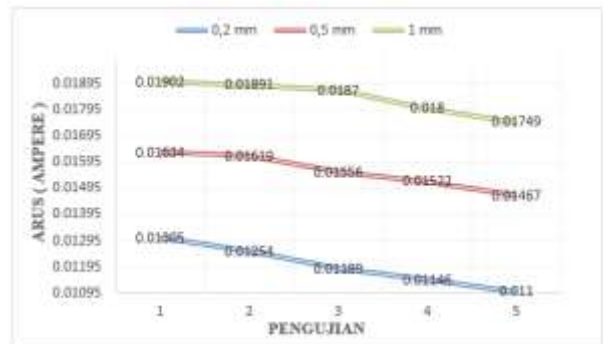
Hasil penelitian data studi eksperimental “Pengaruh Variasi Diameter Kawat Kumparan Generator Linier Terhadap Performa Generator Linier” diperoleh dari kolam simulator gelombang di Lab Hidrolika Universitas Negeri Surabaya. Saat pengujian dilakukan, data yang diperoleh kemudian dalam tabel yang sudah dibuat dan akan digunakan untuk melakukan perhitungan pengaruh variasi diameter kawat kumparan generator linier terhadap performa generator linier.

Tabel 1. Hasil tegangan dan arus listrik

Variasi	Pengujian	Parameter		
		Tegangan	Arus (mA)	Arus (A)
0.2 mm	1	1,99	13,05	0,01305
	2	2,19	12,54	0,01254
	3	2,34	11,89	0,01189
	4	2,35	11,46	0,01146
	5	2,53	11,00	0,011
	Rata-rata		2,28	11,99
0.5 mm	1	2,76	16,34	0,01634
	2	2,89	16,19	0,01619
	3	3,46	15,56	0,01556
	4	3,53	15,22	0,01522
	5	3,79	14,67	0,01467
	Rata-rata		3,29	15,60
1 mm	1	3,82	19,02	0,01902
	2	3,86	18,91	0,01891
	3	3,93	18,70	0,0187
	4	4,05	18,00	0,018
	5	4,09	17,49	0,01749
	Rata-rata		3,95	18,42

Pengaruh tegangan pada setiap variasi diameter kawat kumparan generator linier:

Pengaruh arus pada setiap variasi diameter kawat kumparan generator linier



Gambar 4. Grafik Arus Generator Setiap variasi

Untuk mengetahui daya bangkitan gelombang air dalam penelitian dengan menggunakan turunan satuan energi bangkitan gelombangair seperti berikut:

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

Keterangan:

- P_w : Daya Gelombang (Watt)
- ρ : Massa jenis air laut (1.000kg/)
- g : Gravitasi bumi (9,8 m/s)
- H : Tinggi Gelombang (m)
- B : Lebar pelampung (m)
- T : Periode Gelombang (sec)

Sehingga turunan rumus menjadi

$$\begin{aligned}
 P_w &= \frac{(kg/m^3) \cdot (\frac{m}{s^2})^2 \cdot (m)^2 \cdot s \cdot m}{32\pi} \\
 &= \frac{kg \cdot m^3}{m^3} \cdot \frac{m^2}{s^4} \cdot m^2 \cdot s \cdot m \\
 &= \frac{kg \cdot m^5 \cdot s}{m^3 \cdot s^4} \\
 &= kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \rightarrow \text{(watt)}
 \end{aligned}$$

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

$$P_w = \frac{1.000kg/m^3 \cdot (\frac{9,8m}{s^2})^2 \cdot (0,07m)^2 \cdot 1,35s \cdot 0,152m}{32\pi}$$

$$P_w = 0,889 \text{ watt}$$

Tabel 2. Hasil Pengujian Daya Bangkitan Gelombang

No	Parameter Gelombang Simulator	
	Parameter	Nilai Parameter
1	Tinggi Gelombang (H)	7 cm
2	Periode Gelombang (T)	1,35 s
3	Massa Jenis (ρ)	1000 kg/m ³
4	Percepatan Gravitasi	9,8kg/s ²
5	Frekuensi Gelombang	0,74 Hz
6	Panjang Gelombang	2,84 m
7	Amplitudo Gelombang	3,5 cm
8	Kecepatan Rambat Gelombang	1,05 m/s
9	Lebar Pelampung (b)	0,152 m

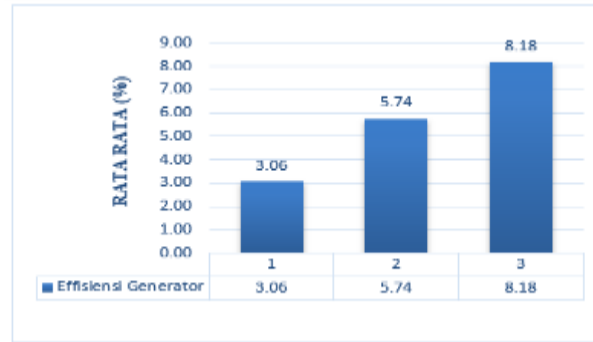
Dimana data tersebut di peroleh dari pengujian, dan mendapatkan hasil (H) tinggi gelombang = (7 cm/0,07 m), (T) periode gelombang = (1,35sec). Untuk setiap variasi diameter kawat kumputan generator linier menggunakan hasil daya bangkitan diatas daya bangkitan gelombang data hasil (Pw) = 0,0889 watt.

Data pengujian performa generator ialah data primer yang terdiri atas data pengukuran pada alat untuk mengukur hasil tegangan listrik dan arus listrik menggunakan multimeter digital.

Tabel 3. Pengujian Daya Bangkitan Gelombang dan Daya Generator

Variasi	Pengujian	Parameter		
		Daya Bangk	Daya Gener	Effisiensi (%)
0.2 mm	1	0,889	0,0260	2,92
	2	0,889	0,0275	3,09
	3	0,889	0,0278	3,13
	4	0,889	0,0269	3,03
	5	0,889	0,0278	3,13
	Rata-rata		0,0273	3,06
0.5 mm	1	0,889	0,0451	5,07
	2	0,889	0,0468	5,26
	3	0,889	0,0538	6,06
	4	0,889	0,0537	6,04
	5	0,889	0,0556	6,25
	Rata-rata		0,0512	5,74
1 mm	1	0,889	0,0727	8,17
	2	0,889	0,0730	8,21
	3	0,889	0,0735	8,27
	4	0,889	0,0729	8,20
	5	0,889	0,0715	8,05
	Rata-rata		0,0728	8,18

Gambar 5. Grafik Efisiensi Generator Setiap variasi



Dari data-data diatas didapatkan perubahan pada Daya output yang dihasilkan oleh generator pada setiap variasi dipengaruhi oleh ukuran diameter kawat kumputan dikarenakan luas penampang mempengaruhi laju arus yang dihasilkan. Ada pun juga karena desain mekanisme/perancangan *Linear permanent magnet generator*, variabel yang mempengaruhi antara lain adalah jenis magnet, jumlah kumputan, dan daya bangkitan setiap variasi dihitung sama.

PENUTUP

Simpulan

Berlandaskan hasil penelitian dan pembahasan tentang pengaruh variasi diameter kawat kumputan generator linier terhadap performa generator linier, dengan variasi 1mm, 0,5mm, 0,2mm diameter kawat kumputan generator linier, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Performa yang didapatkan pada pengujian generator linier pada setiap variasi berbeda, didapatkan hasil pada generator yang diameter kawatnya 1 mm didapatkan efisiensi sebesar 8,18%, pada generator yang diameter kawatnya 0,5 mm didapatkan hasil efisiensi sebesar 5,74%, dan pada generator yang diameter kawatnya 0,2 mm didapatkan hasil efisiensi 3,06%. Besar kecilnya diameter kawat kumputan cukup berpengaruh pada perubahan tegangan dan arus termasuk daya. Dimana seiring voltase meningkat arus juga ikut meningkat pada setiap variasi diameter.
- Didapatkan generator linier dengan diameter kawat kumputan 1 mm dengan hasil yang efektif, mendapatkan hasil tegangan sebesar 4,09 volt, mendapatkan arus sebesar 17,49 mA (0,01749 Ampere) dan mendapatkan daya sebesar 0,0715 watt dengan nilai efisiensi 8,05%.

Saran

Berlandaskan hasil penelitian dan pembahasan, maka didapat saran seperti berikut :

- Pada penelitian selanjutnya generator linier ini bisa dikembangkan lagi sehingga bisa didapatkan nilai daya yang dihasilkan dapat lebih besar.
- Desain generator lebih diperbaiki dengan memperhatikan celah stator dan rotor untuk mendapatkan medan magnet dan flux magnet yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhari, Budi, dkk. 2017. "Design of a Quasi-Flat Linear Permanent Magnet Generator for Pico-Scale Wave Energy Converter in South Coast of Yogyakarta, Indonesia". In AIP Conference Proceedings. <https://doi.org/10.1063/1.4979240>.
- Bevilacqua, G. dan Zanuttigh, B. 2011. "Overtopping Wave Energy Converters: general aspects and stage of development". University of Bologna.
- Faiz, Jawad, and M. Ebrahimi-Salari. 2009. "Design and Simulation of a 250 KW Linear Permanent Magnet Generator for Wave Energy to Electric Energy Conversion in Caspian Sea". In 1st International Conference on Sustainable Power Generation and Supply, SUPERGEN '09. <https://doi.org/10.1109/SUPERGEN.2009.5348028>.
- Godinho, P. M.C, dkk. 2011. "Design and Numerical Analysis of a New Linear Generator for Wave Energy Conversion". In 3rd International Conference on Clean Electrical Power: Renewable Energy Resources Impact, ICCEP 2011. <https://doi.org/10.1109/ICCEP.2011.6036284>.
- Hanly, Fihadiyan Rizjkyansah. 2019. "Rancang Bangun Permanen Magnet Linear Generator (PMLG) Menggunakan 9 Kutub Magnet." <http://eprints.itn.ac.id/id/eprint/4362>
- Kwan, Felix Hariyanto, dkk. 2018. Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra, and Jl Siwalankerto. "Pembuatan Prototype Generator Linier 1 VA Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Air Laut" 11 (2): 46–50. <https://doi.org/10.9744/jte.11.2.46-50>.
- Langhamer, Olivia, dkk. 2010. "Wave Power-Sustainable Energy or Environmentally Costly A Review with Special Emphasis on Linear Wave Energy Converters". Renewable and Sustainable Energy Reviews. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.11.016>.
- Masjono, Salama Manjang, dkk. 2016. "Modelling of One Way Gears Wave Energy Converter for Irregular Ocean Waves to Generate Electricity". Jurnal Teknologi. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.8710>.
- McCormick, M., E., 2010. "Ocean Engineering Mechanics". New York: United States of America by Cambridge University Press, New York.
- Musbach M, 2017. "Teori Medan Elektromagnetik 1". Ide Kreatif Nusantara. Indonesia.
- Nugroho, Wahyudianto Bagus, dkk.. 2014. "Kajian Teknis Gejala Magnetisasi Pada Linear Generator Untuk Alternatif Pembangkit Listrik" 3 (1): 95–98.
- O'Sullivan, D., J. Bard, dkk. 2013. "Electrical Generators in Ocean Energy Converters". In Electrical Design for Ocean Wave and Tidal Energy Systems. https://doi.org/10.1049/PBRN017E_ch2.
- Permatasari P, Harus L G, Institut Teknologi Sepuluh November. 2010. "Studi Pengaruh Diameter Kawat dan Susunan Kumputan Terhadap Voltase Bangkitan pada mekanisme Pemanen Energi Getaran". Undergraduate Thesis, Mechanical Engineering, RSM 621.811 Per s, 2010. <http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-3100010041712/13571>
- Setiawan A. 2016. "Desain Generator Linier Magnet Permanen Jenis Neodymium". Digital Repository Universitas Muhammadiyah Surakarta. <http://eprints.ums.ac.id/47188/1/NASKAH%20PUBLIKASI%20ADE%20SETIAWAN%20%28D400120002%29%20new%20bro>.
- Shintawati, Dhea Wipadma dan , Agus Supardi. 2019 . "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Oscillating Water Column (OWC) di Kelautan Indonesia". Di Kelautan Indonesia. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ulum, Miftahul. 2018. "Studi Experimental Energi Bangkitan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Model Pelampung Silinder." Jurnal IPTEK 22 (1): 29.