

## PENGARUH VARIASI DIAMETER DISK PADA ENKOL TERHADAP KARAKTERISTIK GELOMBANG AIR DAN ENERGI LISTRIK YANG DIHASILKAN DALAM GENERATOR LINIER

**Isyana Miftakhul Esa Liidzilfitri**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [isyanalidzilfitri16060754090@mhs.unesa.ac.id](mailto:isyanalidzilfitri16060754090@mhs.unesa.ac.id)

**Aris Ansori**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [arisansori@unesa.ac.id](mailto:arisansori@unesa.ac.id)

### Abstrak

Energi listrik memiliki peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial ekonomi dan lingkungan, saat ini di Indonesia masih menitik beratkan pada energi berbasis fosil (minyak bumi, gas alam dan batubara) padahal masih banyak energi yang dapat dimanfaatkan seperti energi gelombang laut. Energi ini dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik dikarenakan keberadaan Indonesia sebagai wilayah maritim. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi diameter disk pada mekanisme PLTGL terhadap karakteristik gelombang air dan daya output yang dihasilkan dari *linear permanent magnet generator*. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan memvariasikan diameter disk engkol 10 cm, 12 cm, dan 14 cm pada mekanisme PLTGL skala LAB. Selanjutnya pengujian alat dilakukan untuk pengambilan data karakteristik gelombang laut dan performa generator linier menggunakan alat ukur multimeter digital. Hasil penelitian menunjukkan variasi diameter disk engkol pada mekanisme PLTGL paling optimal adalah variasi diameter disk 14 cm dengan nilai tinggi gelombang = 7,66 cm, periode gelombang = 2,02 cm, nilai daya bangkitan gelombang 1,726 watt, nilai daya output 0,117 watt dan efisiensi 6,77%. Hal ini disebabkan karena semakin besar variasi diameter disk maka tinggi gelombang semakin naik yang mempengaruhi panjang langkah magnet pada rotor yang bergerak translasi, sehingga semakin besar nilai *fluks* magnetik pada kumparan yang dihasilkan.

**Kata Kunci:** Energi alternatif, mekanisme PLTGL, *linier permanent magnet*, karakteristik gelombang air.

### Abstract

*Energy in the form of fuel and electricity has an important role in achieving socio-economic and environmental goals. Energy in Indonesia currently still focuses on fossil-based energy (petroleum, natural gas, and coal). Ocean waves have the potential for alternative energy that can be used for power generation due to the existence of Indonesia as a maritime area. This study aims to determine the characteristics of water waves on a linear permanent magnet generator in converting wave energy into electrical energy. The research method used is experiment and simulation of wave generator with linear permanent magnet generator as the object of research. The wave characteristics data taken are wave height, wave period, wavelength, wave amplitude, wave frequency, and wave propagation speed. The results of data analysis obtained are the performance of a linear permanent magnet generator including wave generation power, generator output power, and efficiency. The results of the study found the influence of wave interference due to reflection (reflection) which causes an increase in wave height. The generator has optimal performance at a wave height of 7.87cm with a wave generation power of 1.053 watts, a generator output power of 0.0563 watts, and an efficiency value of 4.63%.*

**Keywords:** Alternative energy, *linier permanent magnet generator*, wave characteristics.

### PENDAHULUAN

Energi di Indonesia saat ini masih menitik beratkan pada energi berbasis fosil (minyak bumi, gas alam dan batubara). Untuk memproduksi sumber daya tak terbarukan tersebut memerlukan waktu yang lama hingga mencapai jutaan tahun, sedangkan cadangan energi yang dibutuhkan untuk masa yang akan datang semakin menipis. Hal ini menyebabkan ketidakstabilan harga BBM (Bahan Bakar Minyak) yang turut berimbas

terjadi di Indonesia. Kenaikan harga minyak mampu menyebabkan transformasi yang kuat untuk kepentingan negara (Acar dan Lindmark, 2017). Menurut data SKK Migas menyebutkan, pada tahun 2017 sumber energi kita masih didominasi oleh bahan bakar fosil, seperti minyak bumi (40%), gas (30%), batu bara (23%), dan EBT (7%).

Mengantisipasi permasalahan yang ada saat ini dan juga tentang rencana pengembangan energi jangka

panjang hingga 2025 yang termasuk dalam Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) yang salah satu isinya, mengembangkan Energi Baru Terbarukan (EBT) untuk menggantikan energi fosil secara signifikan, bertahap, dan jangka panjang. Target bauran energi yang ingin dicapai adalah: batu bara (30%), minyak bumi (25%), EBT (23%) dan gas (22%). Energi terbarukan terutama meliputi biomassa, energi surya, energi angin, energi pasang surut, energi gelombang laut dan OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*). Energi baru dari aspek lingkungan umumnya lebih bersih dan aman. Ketersediaannya juga menjangkau segala penjuru kawasan di permukaan bumi.

Potensi energi alternatif yang besar peluangnya di Indonesia adalah energi gelombang laut. Daerah samudera Indonesia sepanjang pantai selatan Jawa sampai Nusa Tenggara adalah lokasi yang memiliki potensi energi gelombang cukup besar berkisar antara 10 - 20 kW/meter gelombang. Keunggulan energi gelombang laut adalah sumber energi yang tak terbatas dan tidak membutuhkan bahan bakar. Gelombang laut mempunyai potensi energi yang dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan pembangkit listrik.

*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.

*Linear Permanent Magnet Generator* merupakan generator yang bergerak secara linier yang menggunakan prinsip induksi medan magnetik yang dapat menghasilkan tegangan dengan bantuan gelombang air. Ada dua komponen utama dalam *linear generator* yaitu kumparan dan magnet. Kumparan merupakan bagian yang diam dan magnet merupakan bagian yang bergerak secara linier (Danielsson, Oskar. 2003). Magnet bergerak dikarenakan adanya pelampung yang mendorong magnet untuk bergerak naik turun. Perubahan posisi pada magnet akan menimbulkan perubahan fluks magnet dan garis garis medan magnet akan melewati kumparan dan terjadi gaya gerak listrik induksi, ada beberapa penelitian telah dilakukan untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut sebagai berikut.

Penelitian yang dilakukan oleh A Khairul, dkk (2019) dengan judul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut *Linear Magnetic* dengan Sistem Pneumatik”. Menyatakan bahwa semakin tinggi gelombang maka semakin besar tegangan yang dihasilkan. Pada ketinggian gelombang terendah yaitu 2 cm dihasilkan rata-rata tegangan sebesar 0.068 Volt. Sedangkan pada ketinggian gelombang tertinggi yaitu 6 cm dihasilkan rata-rata tegangan sebesar 0.21 Volt.

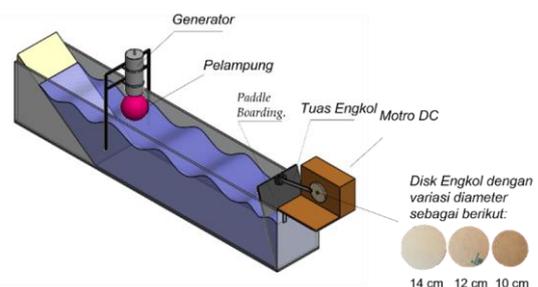
Penelitian yang dilakukan oleh Ulum, (2021) dengan judul Studi Eksperimental Pengaruh Kecepatan Engkol dan Variasi Diameter Disk terhadap Amplitudo, Frekuensi dan Daya pada Mekanisme Pembangkit Gelombang. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan variasi diameter disk dan perbandingan putaran engkol pada mekanisme pembangkit gelombang memiliki hasil yang cukup signifikan. Dimana dengan diameter disk semakin besar maka semakin besar pula amplitude gelombang yang dihasilkan, sedangkan pada perbandingan putaran semakin tinggi putaran maka semakin cepat pula waktu yang dibutuhkan dalam pembentukan gelombang.

Pemanfaatan energi gelombang air laut sebagai pembangkit tenaga listrik memang belum banyak dilakukan. Dari penjelasan yang telah diuraikan di atas, maka penulis termotivasi untuk mengembangkan energi yang dihasilkan dari gelombang air laut. Penelitian ini tertuju pada “Pengaruh Variasi Diameter Disk Pada Engkol Terhadap Karakteristik Gelombang Air dan Energi Listrik Yang Dihasilkan dalam Generator Linier. Harapan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi diameter disk terhadap karakteristik.

## METODE

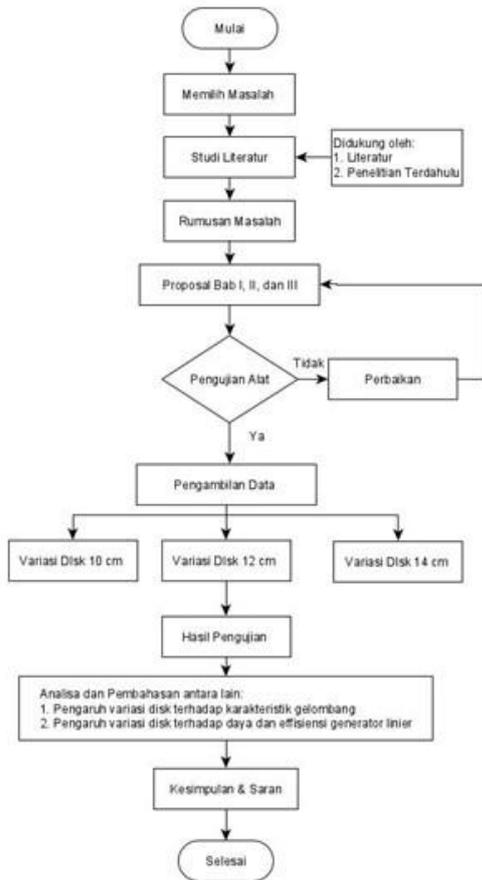
### Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu generator linier yang di tanam didalam pelampung menggunakan variasi diameter disk sebesar 10, 12, dan 14 cm.



Gambar 1. Desain Mekanisme PLTGL

## Rancangan Penelitian



Gambar 2. Flowcart Penelitian

## Instrument Penelitian

Instrument yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- *Tide Staff*
- Multimeter
- *High speed camera*

## Variabel Penelitian

- Variabel Bebas

Variabel bebas penelitian ini adalah variasi diameter disk 10 cm, 12 cm, 14 cm.

- Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :

- a) Air yang digunakan adalah air tawar ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ )
- b) Magnet yang digunakan berjenis Neodymium grade N50.
- c) Penggerak gelombang menggunakan motor linier dengan Panjang Langkah 10cm.
- d) Volume air kolam yang digunakan adalah 300 liter.
- e) Kedalam kolam yang digunakan adalah 20 cm.
- f) Panjang stroke yang digunakan adalah 4,5 cm.

- g) Kecepatan motor DC yang digunakan adalah 150 rpm.

- Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah:

- a) Karakteristik gelombang oleh mekanisme generator linier.
- b) Daya dan efisiensi yang dihasilkan generator linier.

## Prosedur Penelitian

### Tahap Persiapan Penelitian

- Merakit 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.
- Merakit disk engkol dengan variasi diameter 10 cm, 12 cm dan 14 cm.
- Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk pengambilan data.
- Menyiapkan instrument dan alat ukur yang akan 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

- Pengambilan data karakteristik gelombang melalui uji lab.
- Nyalakan *Camera high speed* dan mulai merekam lalu fokuskan ke area *tide staff* dan pelampung.
- Setelah merekam, putar kembali media dalam gerak lambat untuk mengetahui tinggi gelombang dan periode gelombang..

- Mengukur ketinggian gelombang menggunakan *tide staff*, Tinggi gelombang adalah selisih dari puncak dan lembah gelombang.
- Mengukur periode gelombang menggunakan *replay* media dalam *frame-to-frame* mode yang ditampilkan terhadap waktu. Periode gelombang adalah waktu yang diperlukan antara puncak-puncak gelombang untuk melewati lokasi tersebut..
- Point 1, 2, 3, dan 4 di atas dilakukan pada setiap variasi diameter disk 10 cm, 12 cm, dan 14 cm dengan tiga kali percobaan.
- Hitung panjang gelombang gelombang menggunakan rumus.
- Hitung amplitudo gelombang menggunakan rumus.
- Hitung frekuensi gelombang menggunakan rumus.
- Hitung cepat rambat gelombang menggunakan rumus.
- Hitung kemiringan gelombang menggunakan rumus.
- Mengulangi kembali prosedur 2-8 sebanyak 3 (tiga) kali.

### Teknik Analisis Data

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

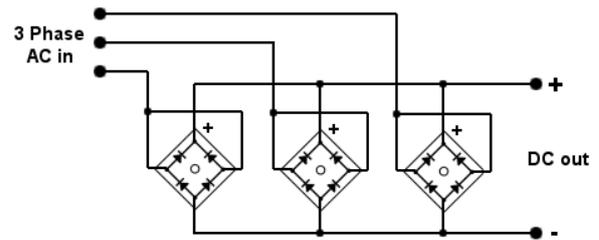
Data-data yang diperlukan adalah karakteristik gelombang, daya bangkitan gelombang, daya *output* generator dan efisiensi yang dihasilkan oleh mekanisme PLTGL Generator linier. Pengambilan data tersebut dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali hingga didapatkan nilai rata-rata. Hal ini dimaksudkan agar data yang diperoleh benar-benar sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan (*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 untuk mengubah sinyal tegangan AC menjadi tegangan DC. Terdapat jenis penyearah gelombang, namun pada penelitian ini menggunakan penyearah gelombang penuh dengan konfigurasi jembatan seperti gambar berikut.



Gambar 3. Rancangan Rangkaian Listrik

### Hasil Eksperimen

Pada tabel 1 parameter tinggi dan periode gelombang merupakan data awal untuk mendapatkan nilai daya bangkitan gelombang ( $P_w$ ), parameter tersebut sangat dipengaruhi oleh variasi diameter disk engkol pada mekanisme PLTG, oleh karena itu gambar 4.3 di bawah ini merupakan grafik untuk membahas pengaruh variasi diameter disk terhadap nilai tinggi dan periode gelombang.

Tabel 1. Pengaruh Variasi Diameter Disk Engkol Terhadap Tinggi dan Periode Gelombang

No	Eksperimen	Tinggi Gelombang (cm)	Periode Gelombang (cm)	Daya Bangkitan Gelombang (cm)
1	Diameter Disk 10 cm	5.81	1.374	0.67
2	Diameter Disk 12 cm	6.92	1.73	1.20
3	Diameter Disk 14 cm	7.65	2.02	1.72

Pada tabel 2 merupakan data hasil pengujian tegangan dan arus pada mekanisme PLTGL, 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. Di bawah ini gambar 4.4 merupakan grafik pengaruh variasi diameter disk terhadap tegangan dan arus yang dihasilkan oleh *linier permanent magnet generator*.

Tabel 2. Pengaruh Variasi Diameter Disk Terhadap Daya Output Pada PLTGL Linier Permanent Magnet Generator

No	Eksperimen	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya Output Generator (w)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Diameter Disk 10 cm	1.33	16.17	0.02
2	Diameter Disk 12 cm	2.29	23.57	0.05
3	Diameter Disk 14 cm	7.65	2.02	1.72

Sedangkan pada tabel 3 berikut ini merupakan hasil pengaruh variasi diameter disk terhadap daya bangkitan gelombang dan daya output generator linier yang dihasilkan.

Tabel 3. Pengaruh Variasi Diameter Disk Terhadap Daya Bangkitan dan Daya Output Generator Linier

No	Eksperimen	Daya Bangkitan Gelombang (cm)	Daya Output Generator (cm)
1	Diameter Disk 10 cm	0.67	0.02
2	Diameter Disk 12 cm	1.20	0.05
3	Diameter Disk 14 cm	1.72	0.12

Tabel 4 di bawah ini merupakan pengaruh variasi diameter disk engkol terhadap nilai efisiensi mekanisme PLTGL linear permanent magnet generator.

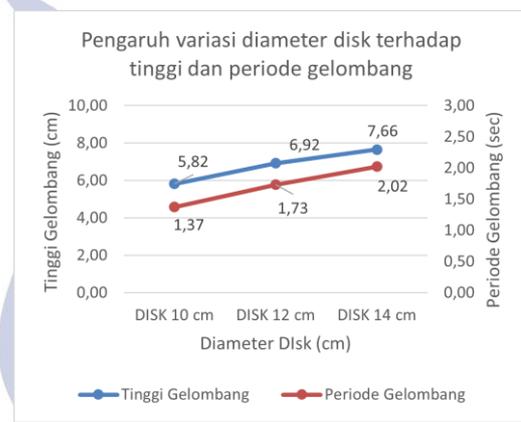
Tabel 4. Pengaruh Variasi Diameter Disk Terhadap Efisiensi Mekanisme PLTGL

No	Eksperimen	Daya Bangkitan Gelombang (w)	Daya Output Generator (w)	Effisiensi (%)
1	Diameter Disk 10 cm	0.67	0.02	3.19
2	Diameter Disk 12 cm	1.2	0.05	4.48

3	Diameter Disk 14 cm	1.7	0.12	6.77
---	---------------------	-----	------	------

### Pembahasan

Sesuai grafik di bawah ini variasi diameter disk engkol 10 cm pada mekanisme PLTGL menghasilkan nilai tinggi dan periode gelombang adalah 5.82 cm dan 1.37 cm, variasi diameter engkol 12 cm pada mekanisme PLTGL menghasilkan nilai tinggi dan periode gelombang adalah 6.92 cm dan 1.73 cm, dan variasi diameter disk engkol 14 cm pada mekanisme PLTGL menghasilkan nilai tinggi dan periode gelombang adalah 7.66 dan 2.02 cm.



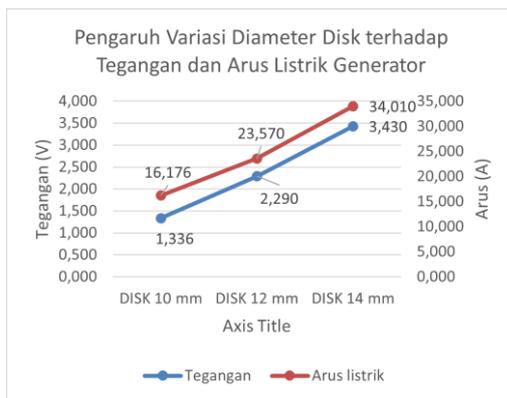
Gambar 4. Pengaruh Variasi Diameter Disk Terhadap Tinggi dan Periode Gelombang

Sesuai dengan data uraian di atas maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar diameter disk pada mekanisme PLTGL maka semakin besar nilai tinggi dan periode gelombang. Hal ini terjadi karena semakin besar diameter disk pada engkol mekanisme PLTGL maka semakin panjang lintasan *paddle boarding* dalam bergerak *flap* sehingga menghasilkan gelombang air yang lebih tinggi dan panjang. Pernyataan di ini sesuai dengan penjelasan oleh Ulum 2021, bahwa diameter engkol mempengaruhi langkah gerak pada kolom pembangkit gelombang. Sedangkan pada pengamatan periode gelombang menggunakan rekaman video untuk mendapat waktu yang dibutuhkan dalam 1 gelombang adalah menunjukkan hasil yang lebih meningkat, artinya semakin besar *disk* maka semakin lama waktu yang dibutuhkan.

Di sisi lain tinggi dan gelombang sangat berpengaruh terhadap daya bangkitan gelombang, hal ini dapat dilihat pada tabel 4.3. nilai yang paling tinggi adalah pada variasi diameter disk 14 cm dengan nilai tinggi gelombang  $H = 7.66$  cm dengan daya bangkitan gelombang  $P_w = 1,726$  watt, sedangkan daya

bangkitan gelombang terkecil terdapat pada variasi diameter disk 10 cm yang menghasilkan tinggi gelombang  $H = 5,82$  cm dengan daya bangkitan  $P_w = 0,676$  watt.

Sedangkan grafik di bawah ini menunjukkan variasi diameter disk 10 cm menghasilkan nilai tegangan dan arus adalah 1,336 v dan 16,176 mA, dan variasi diameter disk 12 cm menghasilkan tegangan dan arus adalah 2,3 v dan 23,57 mA, variasi diameter disk 14 cm menghasilkan tegangan dan arus adalah 3,43 v dan 34 mA.



Gambar 5. Pengaruh Variasi Terhadap Tegangan dan Arus Listrik Generator

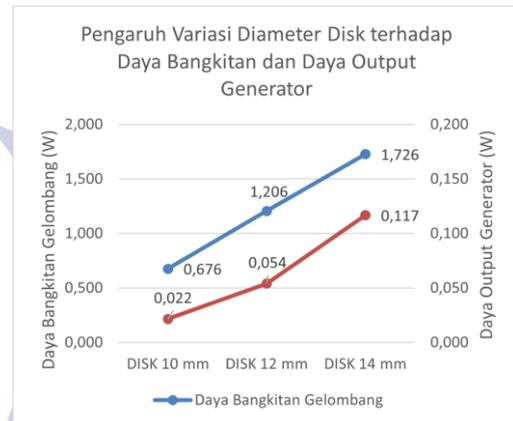
Berdasarkan uraian di atas semakin besar diameter disk engkol mekanisme PLTGL maka semakin besar nilai tegangan dan arus yang dihasilkan maka daya yang dihasilkan juga lebih besar, tentu hal ini dipengaruhi oleh karakteristik gelombang air seperti periode dan tingginya gelombang air yang di hasilkan dari variasi diameter disk.

Variasi diameter disk mempengaruhi tinggi gelombang yang menyebabkan gerak translasi pada generator linier untuk menghasilkan tegangan listrik (V) dan kuat arus listrik (I). Hal tersebut menunjukkan bahwa tinggi gelombang berbanding lurus dengan tegangan (V) dan kuat Arus (I). Tingginya gelombang air mempengaruhi panjang langkah magnet pada rotor yang bergerak translasi, sehingga nilai fluks magnetik pada ujung kumparan berbeda nilainya dan semakin cepat periode yang dihasilkan suatu gelombang maka semakin cepat terjadinya perubahan medan magnetik. Hal ini sesuai dengan teori induksi elektromagnetik.

Menurut penjelasan oleh Shinta, 2016 yang menyatakan amplitudo dan frekuensi gelombang berbanding lurus dengan karakteristik energi bangkitan berupa voltase, arus, dan daya yang dihasilkan. Jika ditinjau kembali variasi diameter disk 14 cm

menghasilkan amplitudo yang lebih tinggi yaitu 49.01 meter dengan daya output generator adalah 0.12 watt.

Kemudian Sesuai dengan gambar 6 menunjukkan variasi diameter disk 10 mm menghasilkan daya bangkitan gelombang 0,676 watt dan daya output generator 0,022 watt, variasi diameter disk 12 mm menghasilkan daya bangkitan gelombang 1,206 watt dan daya output generator 0,054 watt, variasi diameter disk 14 mm menghasilkan daya bangkitan gelombang 1,726 watt dan daya output generator 0,117 watt.

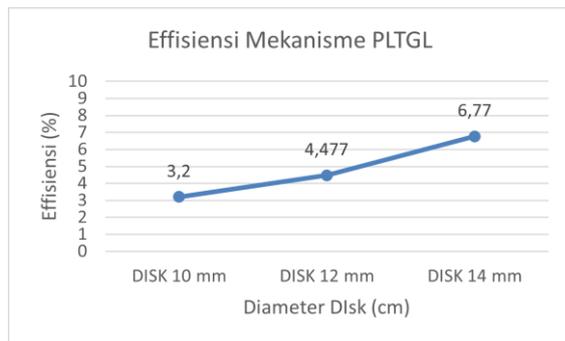


Gambar 6. Pengaruh Variasi Diameter Disk Terhadap Daya Bangkitan dan Daya Output Generator Linier

Berdasarkan grafik di atas nilai daya bangkitan gelombang dan daya output gelombang paling tinggi adalah variasi diameter disk 14 mm, sedangkan yang paling rendah yaitu variasi disk 10 mm. Hal ini dipengaruhi oleh variasi diameter disk yang menyebabkan tinggi gelombang semakin besar, besarnya tinggi gelombang mempengaruhi daya bangkitan dan daya output yang dihasilkan oleh generator. Selain itu daya output yang dihasilkan oleh generator dipengaruhi oleh desain mekanisme/perancangan *Linier permanent magnet generator*. Variabel yang mempengaruhi antara lain ialah jenis magnet, jumlah kutub magnet, kecepatan rotor, jumlah kumparan, hambatan kumparan dan luas fluks magnetik generator, sehingga energi listrik yang didapatkan dari hasil perhitungan daya bangkitan gelombang ( $P_w$ ) jauh lebih besar jika dibandingkan dengan daya *linear permanent magnet generator* ( $P_{out}$ ).

Sedangkan grafik di bawah ini variasi diameter disk engkol 10 cm menghasilkan nilai efisiensi 3.2%, variasi diameter disk engkol 12 cm menghasilkan nilai efisiensi 4.47%, dan variasi diameter disk 14 cm menghasilkan nilai 6,7%. Nilai efisiensi yang dihasilkan generator cenderung berbanding lurus dengan variasi diameter disk engkol, Nilai efisiensi

tertinggi adalah variasi diameter disk 14 cm dan yang paling rendah adalah variasi diameter disk 10 cm.



Gambar 7. Pengaruh Variasi Diameter Disk Terhadap Effisiensi Mekanisme PLTG

Besaran efisiensi tersebut dipengaruhi banyak hal seperti factor *looses* ataupun gesekan-gesekan yang terjadi generator, lilitan dan lain sebagainya yang tidak diperhitungkan.

## PENUTUP

### Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

- Karakteristik gelombang paling rendah adalah variasi diameter disk 10 cm menghasilkan nilai tinggi dan periode gelombang = 5.82 cm dan 1.37 cm sedangkan yang paling tinggi adalah variasi diameter disk engkol 14 cm menghasilkan nilai tinggi dan periode gelombang = 7.66 cm dan 2.02 cm. Hal ini karena semakin besar diameter disk pada mekanisme PLTGL maka semakin besar langkah panjang *paddle boarding* dalam bergerak (*flap*) sehingga menghasilkan gelombang air yang lebih tinggi dan panjang. 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.
- Terdapat daya output paling rendah adalah variasi diameter disk 10 mm menghasilkan daya output generator 0,022 watt, sedangkan paling tinggi adalah variasi diameter disk 14 mm menghasilkan daya output generator 0,117 watt. Hal ini karena semakin besar diameter disk maka semakin tinggi dan panjang gelombang yang dihasilkan, besarnya tinggi gelombang mempengaruhi daya bangkitan dan daya output yang dihasilkan oleh generator. daya output

yang dihasilkan oleh generator dipengaruhi oleh desain mekanisme/perancangan linier permanent magnet generator seperti jenis magnet, jumlah kutub magnet, kecepatan rotor, jumlah kumparan, hambatan kumparan dan luas fluks magnetik generator.

- Efisiensi terendah adalah variasi diameter disk engkol 10 cm yang menghasilkan nilai efisiensi 3.2%, dan efisiensi yang paling tinggi adalah variasi diameter disk 14 cm menghasilkan nilai 6,7%. Nilai efisiensi yang dihasilkan generator cenderung berbanding lurus dengan variasi diameter disk engkol, Besaran efisiensi tersebut dipengaruhi banyak hal seperti factor *looses* ataupun gesekan-gesekan yang terjadi pada generator linier.

### Saran

Setelah dilakukan penelitian, pengujian, pembahasan dan analisis mengenai karakteristik gelombang air terhadap *linear permanent magnet generator* dalam mengkonversi energi gelombang menjadi energi listrik, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai desain mekanisme atau perancangan pada *linear permanent magnet generator*. Desain generator harus menyesuaikan dengan kondisi tinggi gelombang laut sehingga medan magnet dapat mencakup seluruh area kumparan.
- Perlu dilakukan penelitian pada kolam simulator gelombang mengenai perancangan pemecah gelombang yang efektif, sehingga mencegah terjadinya gelombang pantul dan pengambil data dapat dilakukan lebih lama.
- Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut terhadap pengembangan variasi diameter kawat dan jumlah lilitan *stator* untuk mengetahui adanya pengaruh daya dan efisiensi yang dihasilkan.
- Mengingat manfaat yang diperoleh, *linear permanent magnet generator* ini harusnya dapat dikembangkan. Namun, dalam pengembangannya perlu diperhatikan pula alat ukur pengukur tinggi gelombang dan periode gelombang, sebaiknya menggunakan sensor untuk me monitoring data tersebut secara *real time*.

### DAFTAR PUSTAKA

- Mardiansyah, L., A. Ismanto, and W. Setyawan. 2014. "Kajian Potensi Gelombang Laut Sebagai Sumber Energi Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Dengan Sistem Oscilating Water Column (OWC) Di Perairan Pantai Bengkulu." *Jurnal Oseanografi* 3 (3): 328–37.

- Mukminin, Amirul, and Muhammad Tadjuddin. 2019. "Rancang Bangun Generator Linier Magnet Permanen" 4 (2): 15–22.
- Polinder, H, M A Mueller, M Scuotto, and M Goden De Sousa Prado. 2007. "Linear Generator Systems for Wave Energy Conversion." *Technology*, no. May 2014: 1–8.
- Prastiantomo, Arief. 2014. "Rancang Bangun Miniatur Pembangkit Gelombang Laut ( Ombak )."
- Prudell, Joe, Martin Stoddard, T. K A Brekken, and Annette Von Jouanne. 2009. "A Novel Permanent Magnet Tubular Linear Generator for Ocean Wave Energy." *2009 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE 2009*, 3641–46. <https://doi.org/10.1109/ECCE.2009.5316224>.
- SETIAWAN, ADE. 2016. "Desain Generator Linier Magnet Permanen Jenis Neodymium."
- Utami, Siti Rahma. 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* 1 (1): 7.
- Wayan Arta Wijaya, I. 2010. "Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Teknologi Oscilating Water Column Di Perairan Bali." *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*.

