

DESAIN GENERATOR LINIER UNTUK MEMANEN ENERGI GELOMBANG

Putu Aditya Kresnadana

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: putukresnadana@mhs.unesa.ac.id

Aris Ansori

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: arisansori@unesa.ac.id

Abstrak

Negara Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk terbanyak nomor empat di dunia. Jumlah penduduk yang terus meningkat membuat permintaan akan kebutuhan energi listrik semakin meningkat pula. Sejalan dengan kebijakan pemerintah akan pentingnya penyediaan energi listrik yang bersumber dari energi bersih dan tidak mencemari lingkungan. Maka penggunaan energi terbarukan adalah solusi yang sangat tepat, salah satu energi terbarukan yang sangat melimpah di Indonesia adalah energi Gelombang. Memanen energi gelombang dapat dilakukan menggunakan Generator Linier. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana desain dan performa generator linier dalam memanen energi gelombang. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental (*experimental research*), dimana hasil desain generator linier akan diuji pada kolam simulasi agar dapat memanen energi gelombang. Teknik analisis data yang digunakan adalah statistika deskriptif untuk menggambarkan hasil penelitian dalam bentuk tabel dan grafik. Data hasil penelitian ini adalah daya output maksimal yang dapat dihasilkan generator linier adalah sebesar 0,08885 W pada ketinggian gelombang 7,73 cm dan periode gelombang 1,22 s. Daya gelombang maksimal yang dihasilkan generator linier adalah 1,064 W. Performa terbaik yang dihasilkan oleh sistem generator linier adalah sebesar 8,3 %

Kata Kunci: Memanen, energi terbarukan, generator linier, gelombang.

Abstract

Indonesia is a country with the fourth largest population in the world. The increasing population makes the demand for electrical energy also increase. In line with the government's policy on the importance of providing electrical energy that comes from clean energy and does not pollute the environment. Then the use of renewable energy is a very appropriate solution, one of the most abundant renewable energies in Indonesia is wave energy. Harvesting wave energy can be done using a Linear Generator. The purpose of this research is to find out how the design and performance of a linear generator in harvesting wave energy. This research was conducted using experimental research methods (experimental research), where the results of the linear generator design will be tested in a simulation pond in order to harvest wave energy. The data analysis technique used is descriptive statistics to describe the research results in the form of tables and graphs. The data from this research is that the maximum output power that can be produced by a linear generator is 0.08885 W at a wave height of 7.73 cm and a wave period of 1.22 s. The maximum wave power produced by the linear generator is 1.064 W. The best performance produced by the linear generator system is 8.3%.

Keywords : Harvesting, renewable energy, linear generator, waves.

PENDAHULUAN

Negara Indonesia memiliki jumlah penduduk terbanyak ke-empat di dunia. Sebanyak 3,5% dari total keseluruhan penduduk dunia ada di Indonesia, tepatnya sekitar 270 juta jiwa jumlah populasi penduduk di Indonesia. Banyaknya jumlah populasi penduduk membawa dampak akan permintaan kebutuhan energi listrik yang terus meningkat. Energi listrik merupakan jantung dari seluruh sistem dan dinamika kehidupan pada semua sektor.

Semakin banyaknya kebutuhan energi listrik di Indonesia, berbanding terbalik terbalik dengan pola konsumsi energi yang sebagian besar didominasi oleh energi fosil sebagai bahan baku utama dalam menghasilkan energi listrik. Sebagian besar pembangkit listrik di Indonesia masih bergantung pada energi fosil mengingat sumber energi inilah yang paling murah jika dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), energi fosil berupa minyak bumi masih

mendominasi bauran energi nasional sebesar 46%, disusul batu bara di peringkat kedua dengan 26%, barulah gas bumi yang menduduki posisi ketiga sebesar 23%.

Dampak dari eksploitasi energi fosil yang berlebihan dapat kita rasakan seperti pencemaran udara, semakin tipisnya lapisan ozon, hingga naiknya permukaan air laut. Dampak yang begitu besar akibat dari eksploitasi energi fosil yang berlebihan sudah menjadi perhatian di kalangan masyarakat tidak hanya di Indonesia tetapi sudah menjadi fokus utama permasalahan yang dialami oleh masyarakat secara global. Perlu adanya upaya untuk mencari sumber energi yang bersih tanpa menimbulkan dampak yang dapat mengancam kehidupan dan kelestarian alam. Salah satu cara untuk mengurangi dampak energi fosil adalah beralih pada sumber energi terbarukan, dimana sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang berasal dari elemen-elemen alam yang tersedia dalam jumlah yang besar dan tidak akan ada habisnya.

Indonesia disebut sebagai negara maritim karena memiliki luas perairan yang lebih besar dari luas daratan. Sebesar 2/3 wilayah merupakan hamparan lautan luas dari keseluruhan luas wilayah yang mencapai 7,81 juta kilometer persegi. Kondisi geografis Indonesia yang diapit oleh dua samudra yakni pasifik dan hindia menyebabkan pergerakan angin musiman yang akan memicu terjadinya peristiwa gelombang. Gelombang terbentuk akibat adanya pergerakan angin di atas permukaan air laut kemudian akan menghasilkan riak-riak gelombang kecil yang akan merambat ke segala arah, serta melepaskan energinya ke patai dalam bentuk hempasan gelombang. Maka dari itu gelombang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan yang dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan alat yang bernama generator linier.

Generator linier atau yang biasa dikenal dengan nama *Linear Permanent Magnetic Generator* (LPMG) dapat menghasilkan energi listrik dengan cara mengapungkannya di atas permukaan air laut menggunakan sebuah pelampung/*bouy*. Saat gelombang datang pelampung akan menggerakkan stator yang berisikan sebuah magnet bergerak naik dan turun terhadap rotor yang didalamnya terdapat beberapa kumparan, mengakibatkan terjadinya perubahan gaya magnet yang tegak lurus sehingga menyebabkan beda potensial pada ujung-ujung kumparan. Beda potensial inilah yang akan membangkitkan energi listrik pada sistem generator linier. Kondisi gelombang yang cukup kuat akan menghasilkan energi listrik yang besar, generator linier akan sangat bermanfaat jika diletakkan pada pesisir pantai yang memiliki rata-rata ketinggian gelombang dan kecepatan angin yang besar.

Pada Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Siti Rahma Utami (2010), wilayah di Indonesia yang memiliki

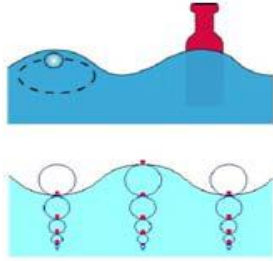
potensi energi gelombang yang cukup besar antara lain, wilayah perairan barat Sumatra, perairan selatan Banten hingga Jawa Barat, perairan selatan Jawa Tengah, pantai selatan Jawa Timur hingga laut Arafuru. Menurut Noir Primadona (2012), kecepatan angin pada daerah pesisir pantai Jawa Barat memiliki rata-rata sebesar 5,3 – 12,6 m/s dan kondisi gelombang pada wilayah ini berkisar 1,02 – 3,1 m. Penelitian yang dilakukan oleh Tri dan Efrita (2014) mengungkapkan bahwa, daerah pesisir selatan Jawa Timur memiliki karakteristik kecepatan angin di atas rata-rata perbulannya 6,00 – 19,00 knot, beserta ketinggian gelombang yang konstan di atas rata-rata yaitu antara 0,70 – 3,25 m pertahun yang dapat menghasilkan energi listrik sebesar 94.115,18 sampai dengan 5.261.18,29 Watt.

Dengan membandingkan hasil penelitian sebelumnya dengan literatur, perlu adanya upaya untuk mengembangkan energi gelombang menjadi sumber energi terbarukan yang dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan alat generator linier. Sejalan dengan kebijakan pemerintah yang akan mengganti pembangkit listrik yang berbasis energi fosil seperti batu bara menjadi pembangkit listrik energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendesain dan mengetahui performa generator linier dalam memanen energi gelombang menjadi energi listrik. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memiliki manfaat sebagai referensi dalam menggunakan sumber energi terbarukan dalam hal ini adalah energi gelombang, kemudian sebagai bahan referensi dalam menyusun sebuah alat yang dapat memanen energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

KAJIAN PUSTAKA

Definisi Gelombang

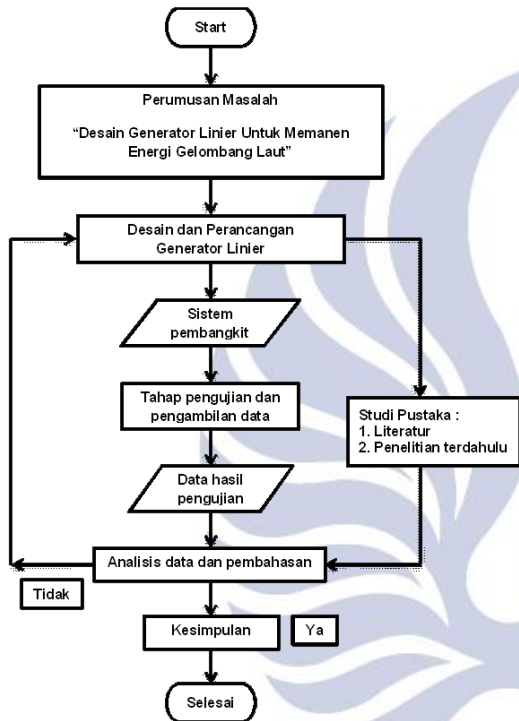
Gelombang merupakan sebuah fenomena alam berupa pergerakan naik dan turunnya air laut dengan arah tegak lurus dengan permukaan yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Gelombang yang biasa dijumpai di laut sering tampak tidak teratur dan sering berubah-ubah, hal ini dapat diamati dari bentuk gelombang yang tidak beraturan. Fenomena gelombang yang terjadi pada lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis tergantung pada energi/gaya yang membangkitkannya. Klasifikasi gelombang berdasarkan energi/gaya pembangkitnya diantara lain adalah gelombang yang disebabkan oleh pergerakan angin (gelombang angin), daya tarik antara gravitasi bumi, bulan dan matahari (gelombang pasang surut), aktivitas gempa (vulkanik maupun tektonik) di dasar laut atau yang biasa disebut dengan gelombang tsunami, maupun gelombang yang tercipta akibat pergerakan kapal di permukaan air laut.



Gambar 1. Ilustrasi pergerakan gelombang

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel lain yang menjadi sebab munculnya variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah ketinggian gelombang antara 4 cm sampai dengan 8 cm yang terjadi pada kolam simulasi.

- Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang terjadi akibat adanya pengaruh dari variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah performa (V , I , dan η) generator linier untuk memanen energi gelombang.

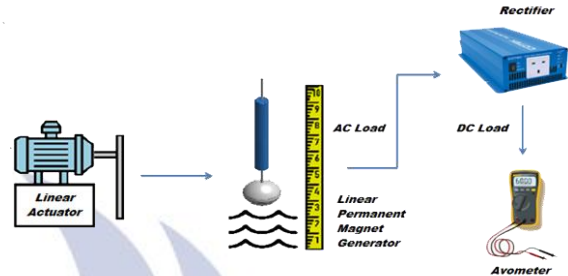
- Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan dalam hal ini dibuat konstan sehingga hubungan antara variabel bebas dan terikat tidak terpengaruh oleh faktor dari luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah menggunakan magnet berjenis

Neodymium grade N50, diameter kawat 0,5 mm, jumlah kumparan 4000 lilitan, dan menggunakan air tawar sebagai bahan untuk mengisi kolam simulasi.

Instrumen dan Alat Penelitian

Peralatan dan instrumen merupakan peralatan uji yang digunakan dalam memperoleh data penulisan. Peralatan dan instrumen yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :



Gambar 3. Rangkaian Instrumen Penelitian

Berikut adalah jabaran dari rangkaian instrumen :

1. Kolam Simulasi
2. Rotor
3. Stator
4. Pelampung
5. Motor Aktuator
6. *Rectifier*
7. Kabel
8. Lampu
9. *Tide Staff*
10. Multimeter

Prosedur Penelitian

Pengujian generator linier untuk memanen energi gelombang dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

- Tahap Persiapan
 - Survey lokasi yang akan digunakan sebagai tempat melaksanakan penelitian.
 - Mendesain generator linier untuk memanen energi listrik.
 - Merakit generator linier sesuai dengan desain yang telah direncanakan.
 - Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
 - Pasang bagian rotor pada pelampung dan buat dudukan untuk stator agar tidak mudah goyang.
 - Pasang seluruh sistem pembangkit beserta instrumen penelitian.
 - Tempatkan *control box* dan instrumen pada tempat yang aman, dan jauh dari air.
- Tahap Pelaksanaan
 - Lakukan pengecekan pada kondisi kolam untuk memastikan jika tidak ada kebocoran.

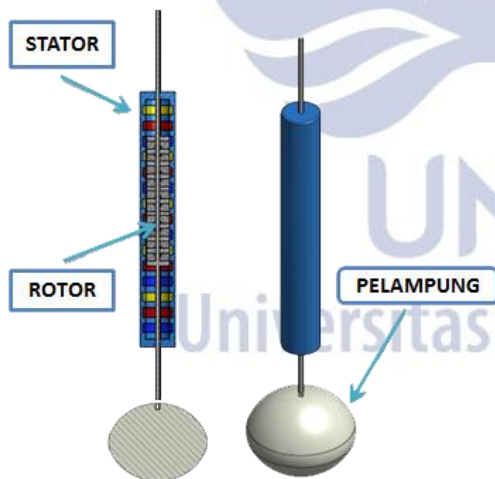
- Pastikan pelampung tidak mengalami kemiringan saat permukaan air tenang.
- Pastikan instrumen penelitian telah di kalibrasi dan bekerja normal.
- Untuk mengukur ketinggian gelombang menggunakan alat *Tide Staff*, pengambilan data dilakukan 3 kali kemudian diambil rata-rata agar mendapatkan hasil yang akurat.
- Mengukur arus, dan voltase keluaran menggunakan multimeter.
- Tahap Analisis Data
 - Daya yang dihasilkan oleh sistem generator linier.
 - Efisiensi yang dihasilkan oleh sistem generator linier.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam menganalisa data hasil penelitian ini adalah statistika deskriptif. Data hasil penelitian akan diolah dengan cara menelaah data yang didapatkan kemudian akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Langkah berikutnya adalah mendeskripsikan atau menggambarkan data hasil penelitian dalam bentuk kalimat sederhana yang mudah dipahami sehingga dapat dijadikan sumber referensi dalam mengatasi permasalahan yang diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

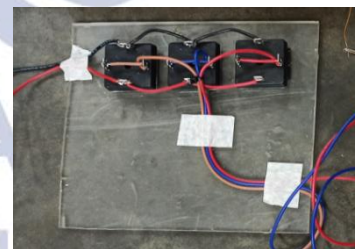
1. Desain Generator Linier



Gambar 4. Desain Generator Linier

Desain Generator Linier diatas memiliki beberapa bagian utama sebagai berikut :

- Rotor
 - Berfungsi sebagai tempat magnet dapat bergerak secara vertikal untuk menghasilkan induksi terhadap kumparan pada stator yang kemudian menimbulkan beda potensial yang memicu pembangkitan energi listrik. Komponen rotor ini terdapat dua bagian yakni translator (poros) dan magnet dengan type *Neodymium* grade N50 yang berjumlah 10 buah.
- Stator
 - Bagian yang statis (tidak bergerak) pada sistem generator linier. Stator berfungsi sebagai wadah untuk kumparan yang terdiri dari beberapa gulungan kawat berukuran 0,5 mm yang dililitkan pada stator agar dapat menerima induksi dari magnet ketika rotor bergerak secara vertikal. Komponen stator ini menggunakan bahan PVC diameter 1,5 in, kemudian menggunakan kumparan sebanyak 4000 lilitan.
- Pelampung
 - Merupakan bagian penting dalam sistem generator linier yang dapat membuat rotor bergerak secara vertikal akibat adanya gaya yang diterima ketika gelombang menghempas pelampung pada kolam simulasi. Pelampung ini terbuat dari bahan plastik ABS berdiameter sekitar 6 in.
- Rectifier
 - Merupakan sebuah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk menyearahkan arus listrik. *Rectifier* dalam penelitian ini bertugas untuk mengubah arus bolak balik (AC) yang hasil output dari generator linier menjadi arus searah (DC). Penelitian ini menggunakan *Rectifier* model 3 fasa.

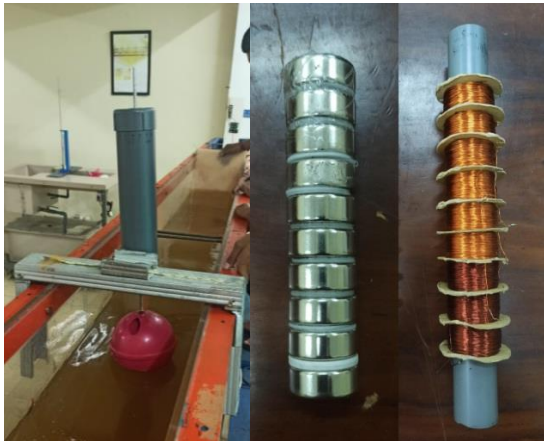


Gambar 5. Rectifier

- Kolam Simulasi
 - Sebuah wadah yang dapat menampung air dalam jumlah cukup besar agar dapat mensimulasikan pergerakan gelombang yang terjadi pada laut. Kolam ini memiliki dimensi dengan panjang 200 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 40 cm. Kolam simulasi terbuat dari bahan akrilik pada bagian penampung air.



Gambar 6. Kolam Simulasi



Gambar 7. Sistem generator linier, magnet dan kumparan

2. Hasil Pengujian Sistem Generator Linier

Tabel 1. Hasil pengujian karakteristik gelombang

Sampel Gelombang	Puncak Gelombang (cm)	Lembah Gelombang (cm)	Tinggi Gelombang (cm)	Periode Gelombang (cm)
1	34,28	26,55	7,73	1,22
2	33,70	26,48	7,22	1,30
3	33,64	26,72	6,92	1,32
4	33,56	26,86	6,70	1,37
5	33,43	26,95	6,48	1,39
6	33,06	27,24	5,82	1,36
7	32,94	26,82	6,12	1,41
8	32,75	27,32	5,43	1,45
9	32,69	27,45	5,24	1,48
10	32,45	27,48	4,97	1,44

Data pengujian karakteristik gelombang merupakan data primer yang terdiri dari beberapa variabel pengukuran pada alat dan hasil pengamatan visual. Data berupa puncak, lembah dan tinggi gelombang diperoleh dari pengamatan visual serta menggunakan alat ukur *Tide Staff*, sementara untuk mendapatkan data periode gelombang menggunakan metode *Frame by*

Frame terhadap *Replay* media berupa video yang ditampilkan terhadap waktu

Tabel 2. Hasil pengujian performa generator linier

Tinggi Gelombang (cm)	Tegangan Listrik (v)	Arus Listrik (mA)
7,73	3,89	22,84
7,22	3,67	21,82
6,92	3,35	21,46
6,70	3,27	20,34
6,48	2,94	19,86
5,82	2,06	18,21
6,12	2,21	17,98
5,43	1,87	16,52
5,24	1,59	14,76
4,97	1,73	12,63

Data pengujian performa generator linier menggunakan alat multimeter untuk mengetahui tegangan (V) dan arus listrik (A) yang dihasilkan oleh sistem generator linier.

Contoh perhitungan daya gelombang serta perhitungan performa & efisiensi generator linier

- Perhitungan daya gelombang (P_w), dimana :

- Massa jenis air (ρ) : 1.000 kg/m³
- Gravitasi bumi (g) : 9,8 m/s²
- Lebar pelampung (b) : 0,152 m
- Tinggi gelombang (H) : 0,0773 m (data dapat di lihat pada tabel 1)
- Periode gelombang (T) : 1,22 sec (data dapat di lihat pada tabel 1)

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

$$P_w = \frac{1.000 \text{ kg/m}^3 \cdot (9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})^2 \cdot (0,0773 \text{ m})^2 \cdot 1,22 \text{ s} \cdot 0,152 \text{ m}}{32\pi}$$

$$P_w = 1,0642 \text{ watt}$$

- Perhitungan daya output generator linier (P_{out}), dimana :

- Tegangan (V) : 3,89 V (data dapat di lihat pada tabel 2)
- Arus Listrik (I) : 22,84 mA / 0,02284 A (data dapat di lihat pada tabel 2)

$$P_{out} = V \times I$$

$$P_{out} = 3,89 \text{ V} \times 0,02284 \text{ A}$$

$$P_{out} = 0,08885 \text{ W}$$

- Perhitungan efisiensi generator linier (η),
dimana :

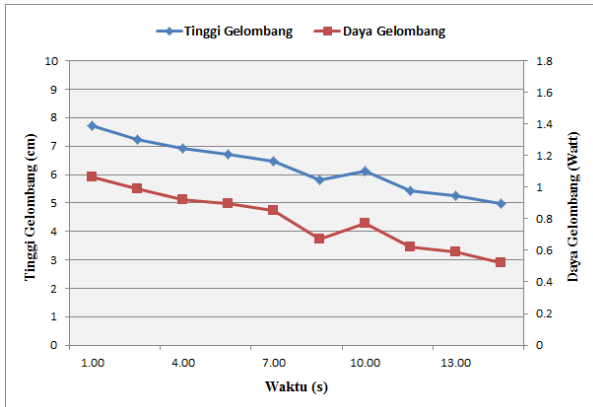
$$\eta = \frac{P_{output}}{P_W} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,0888 \text{ W}}{1,0642 \text{ W}} \times 100\%$$

$$\eta = 8,3\%$$

Pembahasan

- Grafik Daya Gelombang

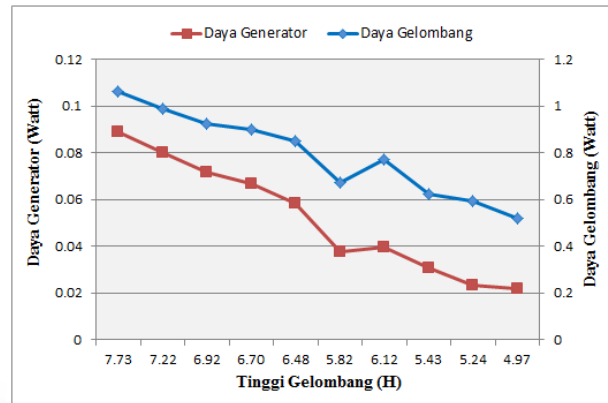


Gambar 8. Perbandingan Daya Gelombang terhadap Tinggi Gelombang

Berdasarkan grafik diatas ketinggian gelombang sebanding dengan daya gelombang. Semakin besar ketinggian gelombang maka daya gelombang yang dihasilkan semakin besar juga. Faktor yang dapat mempengaruhi ketinggian gelombang adalah *Reflection Wave*. Ketika gelombang bertemu dengan sebuah bidang maka akan menyebabkan pantulan/perubahan arah rambat yang berlawanan maka dapat mempengaruhi gelombang yang akan datang berikutnya.

Hasil perhitungan untuk mendapatkan daya gelombang dapat diketahui daya maksimum yang dapat dihasilkan adalah sebesar 1,064 W pada ketinggian gelombang 7,73 cm dan periode gelombang 1,22 s, kemudian daya gelombang minimum yang dapat dihasilkan adalah sebesar 0,5192 W pada ketinggian gelombang 4,97 cm dan periode gelombang 1,44 s.

- Perbandingan Daya Gelombang (P_w) terhadap Daya Output Generator (P_{out})

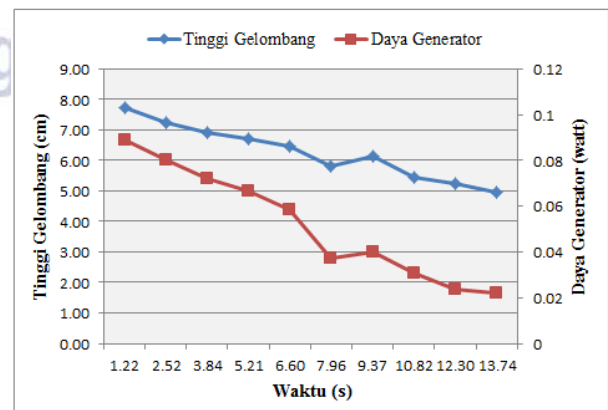


Gambar 9. Perbandingan Daya yang dihasilkan Generator Linier

Grafik pada gambar diatas menunjukkan hasil perbandingan antara daya gelombang (P_w) dengan daya output generator linier (P_{out}). Daya output yang dihasilkan oleh generator linier lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil perhitungan daya gelombang. Daya gelombang tertinggi yang dapat dihasilkan adalah sebesar 1,0642 W, kemudian daya output tertinggi yang dapat dihasilkan generator linier adalah sebesar 0,08885 W. Sementara untuk daya gelombang terendah yang dapat dihasilkan adalah sebesar 0,5192 W, daya output terendah yang dapat dihasilkan generator linier adalah sebesar 0,02185 W.

Proses *reflection wave* mempengaruhi gelombang yang terjadi pada kolam simulasi menyebabkan grafik mengalami tren penurunan. Kemudian terjadi perbedaan yang cukup signifikan antara daya gelombang dengan daya output yang dihasilkan generator linier hal itu disebabkan oleh beberapa faktor seperti penggunaan jenis magnet, gap atau celah antara rotor & stator, diameter kawat, dan jumlah lilitan yang diterapkan pada stator.

- Grafik Daya Output Generator Linier



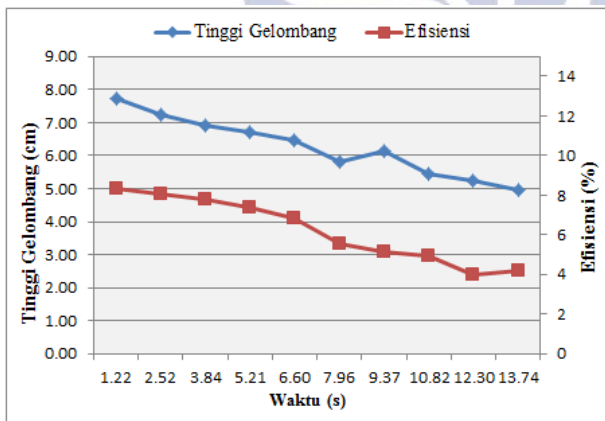
Gambar 10. Perbandingan Daya Output Generator terhadap Tinggi Gelombang

Berdasarkan grafik diatas ketinggian gelombang dapat mempengaruhi daya output yang dihasilkan oleh generator linier. Grafik dari gambar 10 dapat dianalisis bahwa semakin besar ketinggian gelombang semakin besar daya output generator yang dihasilkan generator linier. Hal ini menunjukkan bahwa tinggi gelombang berbanding lurus dengan tegangan (V) dan kuat arus (I).

Tegangan yang terjadi pada output sistem generator linier tercipta karena adanya beda potensial yang terjadi pada kumparan akibat adanya pergerakan translasi vertikal pada rotor yang terdapat beberapa magnet. Beda potensial terjadi ketika rotor yang bergerak naik akibat adanya hempasan dari gelombang, terjadi penambahan garis gaya magnetik yang memotong kumparan. Ketika rotor mulai bergerak turun yang terjadi sebaliknya, menyebabkan pengurangan jumlah garis gaya magnetik yang memotong kumparan.

Grafik dari gambar 10 adalah hasil dari pengujian sistem generator linier yang dapat menghasilkan daya output terbesar yaitu 0,08885 W pada ketinggian gelombang 7,73 cm, dan periode gelombang 1,22 s. Kemudian untuk daya output terendah diperoleh pada ketinggian gelombang 4,97 cm, dan periode gelombang 1,44 s dengan daya output sebesar 0,02185 W.

- Grafik Efisiensi Generator Linier



Gambar 11. Perbandingan Efisiensi Generator terhadap Tinggi Gelombang

Grafik pada gambar diatas dapat dijabarkan bahwa efisiensi yang dihasilkan generator linier cenderung berbanding lurus dengan ketinggian gelombang. Ketinggian gelombang dapat mempengaruhi besar kecilnya langkah gerak translasi vertikal generator linier dalam menghasilkan energi listrik. Ketika ketinggian gelombang mulai berkurang akibat adanya fenomena refleksi gelombang maka dapat mempengaruhi daya output generator linier, hal ini mengakibatkan adanya tren penurunan pada grafik efisiensi generator linier yang ditampilkan pada gambar 11.

Berdasarkan grafik pada gambar 11 dapat diketahui besarnya efisiensi yang dihasilkan oleh sistem generator

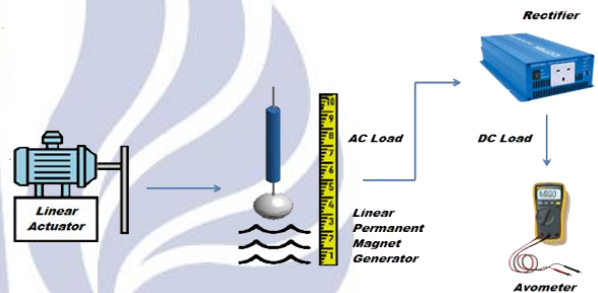
linier mengalami perbedaan yang cukup signifikan yaitu pada ketinggian 7,73 cm dapat menghasilkan nilai efisiensi maksimum sebesar 8,3%. Setelah mengalami dampak akibat adanya fenomena refleksi gelombang yang terjadi pada kolam simulasi, maka nilai efisiensi minimum yang dapat dihasilkan oleh sistem generator linier adalah pada ketinggian gelombang 5,24 cm dimana nilai efisiensi yang didapatkan sebesar 3,9%.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian pada generator linier yang digunakan untuk memanen energi gelombang terhadap desain rancangan, daya gelombang, serta efisiensi pada sistem generator linier, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Desain dari generator linier untuk memanen energi gelombang



Gambar 12. Rancangan sistem generator linier untuk memanen energi gelombang

- Desain generator linier dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik yang bersumber dari gelombang sebagai sumber energi pembangkit. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator linier dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik terutama di wilayah pesisir pantai dan dapat menghasilkan daya output maksimal sebesar 0,08885 W pada ketinggian gelombang 7,73 cm pada periode gelombang 1,22 s.
- Performa generator linier mengalami peningkatan berbanding lurus dengan besarnya ketinggian gelombang yang terjadi pada kolam simulasi. Performa tertinggi yang dapat dihasilkan oleh sistem generator linier adalah pada ketinggian gelombang 7,73 cm dapat menghasilkan efisiensi maksimal sebesar 8,3%. Sedangkan efisiensi terendah yang dihasilkan pada ketinggian gelombang 5,24 cm dengan efisiensi sebesar 3,9%.

Saran

Dari hasil rangkaian pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran agar penelitian selanjutnya sebagai berikut :

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pembangkit listrik generator linier yang dapat menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan salah satunya adalah energi gelombang pada skala yang lebih besar.
- Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk dapat menambah beban agar dapat memperoleh titik maksimal performa yang dihasilkan generator linier.
- Perlu adanya pengembangan lebih lanjut dalam memilih spesifikasi jenis magnet, diameter kabel, dan variasi lilitan pada generator linier agar dapat memaksimalkan potensi generator linier dalam menghasilkan energi listrik.

Keterbatasan

Dalam penelitian ini memiliki keterbatasan. Adanya keterbatasan ini penulis mengharapkan adanya perbaikan untuk penelitian selanjutnya yang akan datang. Keterbatasan tersebut adalah sebagai berikut :

- Pada penelitian ini sistem generator linier tidak dilengkapi dengan bearing poros, sehingga dapat menghambat laju pergerakan naik dan turunnya rotor terhadap stator dalam proses memanen energi gelombang.
- Gelombang balik/pantul yang terjadi pada kolam simulasi tidak dihitung, sehingga dampak yang ditimbulkan akibat gelombang pantul pada generator linier belum diketahui.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfansuri, Tri dan Zuliari, Efrita Arfa. 2014. Kajian Potensi Tenaga Gelombang Laut Sebagai Pembangkit Tenaga Listrik di Perairan Malang Selatan. Surabaya : Institut Teknologi Adhi Tama.
- Anonim. 2017. Potensi Indonesia Memakai Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL). <http://denkinosm.com/2017/07/10/potensi-indonesia-memakai-pltgl/>. Diakses pada 28 Agustus 2019.
- Azhari, Budi, et al. 2017. Design of a Quasi-Flat Linear Permanent Magnet Generator for Pico-Scale Wave Energy Converter in South Coast of Yogyakarta, Indonesia. Sleman : Universitas Gadjah Mada.
- Dewan Energi Nasional. 2016. Outlook Energi Indonesia 2016. Jakarta Selatan : Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional.
- Elam. 2017. Potensi Energi Laut, Jalesveva Jayamahe. <https://elamsan.wordpress.com/2017/08/29/potensi-energi-laut-jalesveva-jayamahe/>. Diakses pada 16 Agustus 2019.
- Fakhrudi, Yoga Ahdiat. 2015. Studi Karakteristik Model Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Tipe Pengungkit-Generator Linier dan Generator Rotary dengan Variasi Volume Pelampung. Surabaya : Intitut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Heri Prasetyo, Septian. 2016. Desain Prototipe Generator Linier Magnet Permanen Rpm Rendah. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Kuniawan, Roni, Habibie, M. Najib dan Suratno. 2011. Variasi Bulanan Gelombang Laut di Indonesia. Jakarta : Puslitbang BMKG.
- Luhur, Estu Sri, Rizky Muhartono dan Siti Hajar Suryawati. 2013. Analisis Finansial Pengembangan Energi Laut di Indonesia. Jakarta : Balai Besar Penelitian Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan.
- Purba, Noir Primadona. 2014. Variabilitas Angin dan Gelombang Laut Sebagai Energi Terbarukan di Pantai Selatan Jawa Barat. Sumedang : Universitas Padjajaran.
- Salari, Mahdi Ebrahimi and Jawad Faiz. "Design and Simulation of AWS Conversion for Generating Electrical Power from Caspian Sea Waves". Makalah disajikan dalam Conference Paper, November 2008.
- Setiawan, Ade. 2016. Desain Generator Linier Magnet Permanen Jenis Neodymium. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sugianto, Denny Nugroho, et al. 2017. Wave Energy Reviews in Indonesia. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), Vol 8 Issue 10.
- UPT Balai Pantai. 2014. Konversi Energi Gelombang Laut Dengan Pompa Tenaga Gelombang Dan Linier Magnetik. Bandung : Puslitbang Sumber Daya
- Utami, Siti Rahma. 2010. Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dengan Menggunakan Sistem Oscilating Water Column (OWC) Di Tiga Puluh Wilayah Kelutan Indonesia. Depok : Universitas Indonesia.