

RANCANG BANGUN PROTOTYPE GENERATOR LINEAR SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG AIR LAUT (PLTGL)

Muhammad Reza Syahputra ; Hasyim Asy'ari, S.T., M.T.
Teknik Elektro, Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Sebagai negara maritim Indonesia tentu memiliki wilayah lautan yang lebih luas dibanding daratannya, Seiring bertambahnya populasi maka semakin banyak pula jumlah konsumsi energi listrik. Walau pemanfaatan energi alternatif sudah sering ditemui namun penggunaannya masih belum dapat digunakan dengan skala besar. Sebagai negara maritim tentu Indonesia memiliki potensi untuk mengembangkan energi alternatif dengan memanfaatkan wilayah laut seperti gelombang air laut maupun angin laut. Maka dari itu, pada penelitian ini membahas tentang rancang bangun *prototype* generator linear sebagai pembangkit listrik tenaga gelombang air laut (PLTGL) . *Prototype* ini memiliki kegunaan sebagai pengubah energi mekanis yang di hasilkan oleh gelombang air laut menjadi energi listrik yang di konversi dengan generator linear. Generator linear adalah sebuah alat elektronika yang fungsinya sama dengan generator konvensional pada umumnya, Namun pada generator konvensional generator akan menerima gerakan berupa putaran. Berbeda dengan Generator linear yang sesuai dengan namanya, Generator linear akan menerima gerak linear yang akan di konversi menjadi tenaga listrik. Pengujian yang dilakukan selama 8 hari berturut – turut yaitu 7 hari selama 6 jam yang dimulai pada jam 09.00 WIB -15.00 WIB dan 1 hari selama 24 jam. didapati tegangan dan arus keluaran generator linear berkisar 4,3 – 8,3 V dan 0,20 – 120,20 mA. Sedangkan untuk energi pada 7 hari 6 jam di dapati sebesar 0,5165972 Wh dan pada 1 hari 24 jam sebesar 1,735136 Wh.

Kata kunci : Generator Linear, Pembangkit listrik tenaga air laut, PLTGL, gelombang air laut, energi alternatif.

Abstract

As a maritime country, Indonesia certainly has a wider ocean area than its land. As the population increases, the amount of electricity consumption also increases. Although the use of alternative energy is often found, its use cannot be used on a large scale. As a maritime country, of course Indonesia has the potential to develop alternative energy by utilizing sea areas such as sea waves and sea breezes. Therefore, this research discusses the Design and Build of the Linear Generator Prototype as a Sea Wave Power Plant (PLTGL). This prototype has a function as a converter of mechanical energy generated by sea waves into electrical energy which is converted by a Linear Generator. A linear generator is an electronic device whose function is the same as a conventional generator in general, however, in a conventional generator, the generator will receive movement in the form of rotation. In contrast to the linear generator as the name implies, the linear generator will receive linear motion which will be converted into electric power. The test was carried out for 8 consecutive days, namely 7 days for 6 hours starting at 09.00 WIB -15.00 WIB and 1 day for 24 hours. it was found that the *output* voltage and current of the linear generator ranged from 4.3 – 8.3 V and 0.20 – 120.20 mA. Whereas for energy at 7 days 6 hours it was found at 0.5165972 Wh and at 1 day 24 hours at 1.735136 Wh.

Keywords : Linear generator, sea hydroelectric power plant, PLTGL, sea waves, alternative energy.

1. PENDAHULUAN

Generator merupakan suatu alat elektronika yang fungsinya sebagai pengubah energi mekanik seperti air, panas, angin, gelombang, dll menjadi energi listrik. Jenis listrik yang dihasilkan oleh generator dapat divariasikan menjadi listrik AC (*Alternating Current*) atau listrik searah maupun listrik DC (*Direct Current*) atau listrik bolak-balik (Sunarlik, 2017).

Generator linier adalah konverter energi elektromagnetis yang digerakkan oleh penggerak primernya. Pada generator linear rotor akan mengalami gerakan bolak - balik dan mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Mekanisme pada generator linier sama dengan generator putar namun pada generator linier terdapat efek *end* (akhir). Pada generator linear bagian rotor akan bergerak secara linier hingga mencapai titik akhir lalu berhenti dan bergerak kembali ke arah sebaliknya. Berbeda dengan generator putar yang tidak pernah mencapai titik akhir dalam gerakannya (berputar) (Arof et al., 2003).

Gelombang merupakan getaran yang berjalan melalui media dari satu titik (lokasi) dan menjalar ke titik lainnya, sedangkan Gerak Harmonik memiliki pengertian yang berbeda yaitu ia hanya bergetar (Berisolasi) di satu tempat saja. Namun dalam gelombang suara (akustik), gelombang akan menjalar ke seluruh ruang 3 dimensi membentuk gelombang bola (Ishaq, 2002). Sedangkan gelombang air laut merupakan gerak naik dan turunnya air laut yang terjadi akibat adanya efek gerak tekanan udara yang dibangkitkan oleh fluktuasi pergerakan gelombang (Lengan, 2015).

Karena generator ini memerlukan gerak linear, tentu generator memerlukan alat yang berfungsi sebagai penerima gerak osilasi dari gelombang air laut yang akan diteruskan ke rotor linear. Maka dari itu perlu dibuat juga *point absorber* (penyerap titik) atau lebih akrab disebut pelampung. *Point absorber* yaitu suatu perangkat yang memiliki dimensi relatif kecil berguna sebagai penangkap datangnya gerak gelombang air laut. Komponen ini dapat berupa struktur terapung yang bergerak naik dan turun di permukaan air atau terendam di bawah permukaan dengan mengandalkan perbedaan tekanan. Karena ukurannya yang relatif kecil, arah gelombang tidak berpengaruh kepada alat ini (Drew et al., 2009).

2. METODE

Beberapa metode atau langkah-langkah yang digunakan peneliti dalam tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

2.1 Studi Literatur

a) Studi literatur

Studi literatur merupakan proses awal yang dilakukan guna mengumpulkan informasi mengenai tugas akhir ini yang didapat melalui berbagai sumber referensi seperti buku, buku digital, internet, serta jurnal nasional dan internasional yang berkaitan dengan tugas akhir ini.

b) Perancangan serta pembuatan alat

Proses perencanaan alat adalah proses penggabungan antara perancangan kumparan, perancangan generator, serta perancangan *prototype* sehingga *prototype* dapat digunakan sesuai yang diinginkan oleh peneliti.

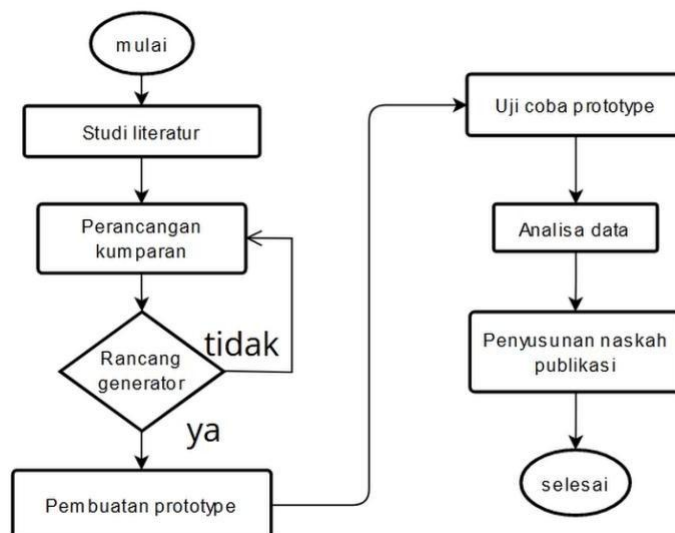
c) Pengujian *prototype*, pengambilan data, serta analisa

Tahapan uji coba *prototype* ini akan penulis lakukan di Pantai Bandengan desa Bandengan, Kecamatan Jepara, Kabupaten Jepara. Pengujian akan dilakukan dalam waktu berbeda agar di dapat hasil yang lebih maksimal.

d) Penyusunan naskah publikasi

Penyusunan naskah publikasi dilakukan untuk merangkum semua kegiatan dari proses awal perancangan hingga proses akhir *prototype* di lakukan uji coba.

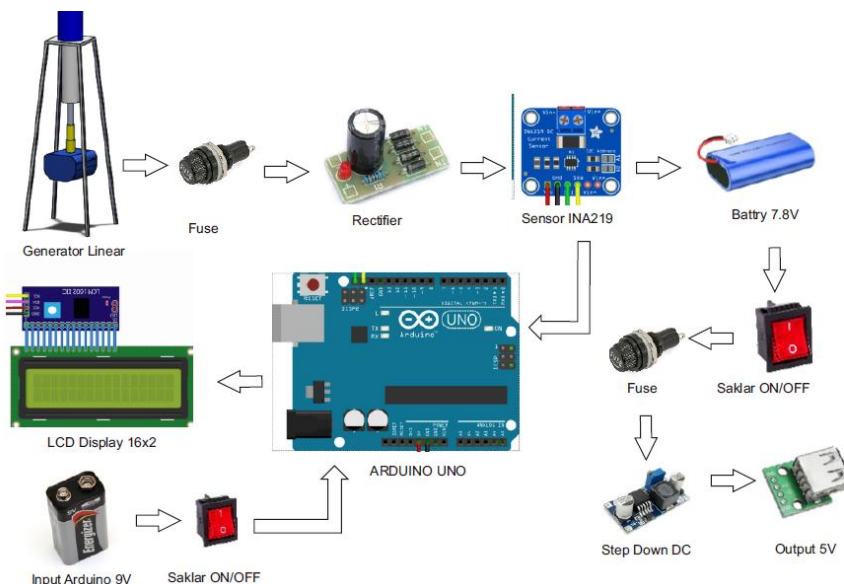
2.2 Flowchart penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.3 Implementasi Rangkaian *Hardware*

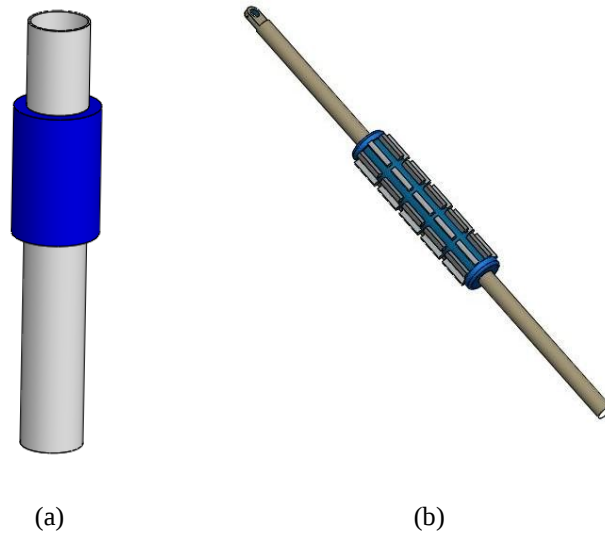
Rangkaian *hardware* generator linear sebagai pembangkit listrik tenaga gelombang air laut dapat dilihat pada gambar nomor 2, Dimana rangkaian ini menggunakan Arduino UNO sebagai mikrokontroler yang digunakan untuk memrogram sensor arus INA219 agar dapat bekerja untuk membaca tegangan, arus, dan daya. Tegangan AC yang dihasilkan oleh generator linear akan dikonversi menjadi tegangan DC oleh *rectifier*, kemudian nilai parameter yang terbaca pada sensor INA219 akan ditampilkan pada LCD 16x2 *with* I2C. Alat ini bekerja digunakan untuk pengisian baterai 18650 bertegangan 7,4 volt yang fungsinya sebagai beban utama alat ini dan bisa menambah beban dengan inputan 5 volt pada *port* USB yang telah *distepdown* dari 7,4 volt menjadi 5 volt. Sedangkan tombol *power* digunakan untuk mematikan dan menghidupkan rangkaian agar umur komponen dapat lebih lama, lalu fungsi dari *fuse* adalah sebagai proteksi rangkaian dari arus berlebih dan juga konslet.



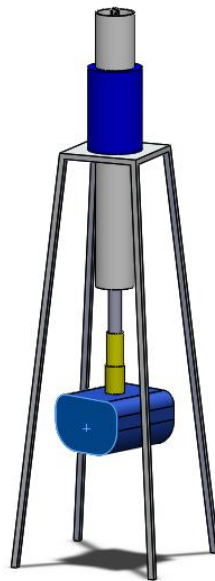
Gambar 2. Rangkaian *hardware*

2.4 Desain generator linear

Generator linear ini terdiri dari 2 bagian utama yaitu stator dan rotor linear. Dimana stator terdiri dari sekumpulan kumparan yang memiliki inti besi yang terdiri dari 5 slot yang tiap slotnya terdapat 5 kumparan berinti besi dan tiap inti besi terdiri dari 250 lilit kawat email berjenis supreme berdiameter 0.40 mm. Sedangkan rotor linear adalah sekumpulan magnet berjenis neodymium *grade* 52 berjumlah 25 buah dan disusun menjadi 5 kutub. Stator dan rotor linear dapat dilihat pada gambar 3 dan Desain *prototype* keseluruhan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3. (a) Desain stator generator linear, (b) Desain rotor generator linear



Gambar 4. Design *Prototype* keseluruhan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan alat dapat dilihat pada gambar 5 hingga 7. Rangka prototype ini terbuat dari besi *hollow* berukuran 1x1 cm, dengan tinggi total prototype 1,5 meter. Bagian *body* diperuntukan untuk meletakkan komponen elektronika dan sebagai penyangga dari generator linear. Rotor linear akan bergerak naik turun karena dipengaruhi oleh pelampung yang naik turun, sehingga kumparan stator dapat menghasilkan energi listrik.

3.1 Spesifikasi Generator Linear dan *prototype*

Generator linear ini dibuat dari bahan pipa PVC dengan diameter 4 inch. Pipa PVC ini digunakan sebagai wadah kumparan penyusun generator yang tiap slotnya dipisahkan dengan penyekat, adapun spesifikasi dari generator linear yang dibuat adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Spesifikasi stator generator linear

Spesifikasi	keterangan
Jenis bahan	Pipa PVC
diameter	2 inch
panjang	1,5 m
Dimensi baut	16 inc
Diameter kumparan	0,40 mm
Jenis kawat	Supreme email
Jumlah kumparan per baut	250 lilit
Jumlah kumparan per slot	5
Jumlah slot	5
Jenis tegangan	AC 1 fasa

Tabel 2. Spesifikasi rotor generator linear

spesifikasi	keterangan
Jenis bahan	Pipa pvc
diameter	½ inc
panjang	1 m
Jumlah kutub magnet	5
Jumlah magnet	25
Jenis magnet	Neodymium n52

Tabel 3. Spesifikasi *prototype*

spesifikasi	keterangan
Jenis bahan <i>body</i>	Besi <i>hollow</i>
tinggi	100 + 75 cm
lebar	30 cm
Jenis bahan pelampung	<i>streofom</i>
Dimensi	30 x 25 x 20 cm

3.2 Desain *prototype*

Hasil rancangan *prototype* dapat di lihat pada gambar 5 dan gambar 6, generator linear ini mempunyai dua buah komponen utama yaitu rotor dan stator dimana stator dibuat menggunakan pipa PVC berukuran 2 inch yang diperuntukan sebagai tempat penyusunan dan melekatnya besi penyusun kumparan, stator akan terdapat susunan kumparan berjumlah 5 slot yang terdiri dari 25 besi yang dililit oleh kawat supreme berdiameter 0,40 mm yang nantinya besi berkumparan ini akan menghasilkan tegangan listrik.



Gambar 5. Gambar konstruksi stator generator linear

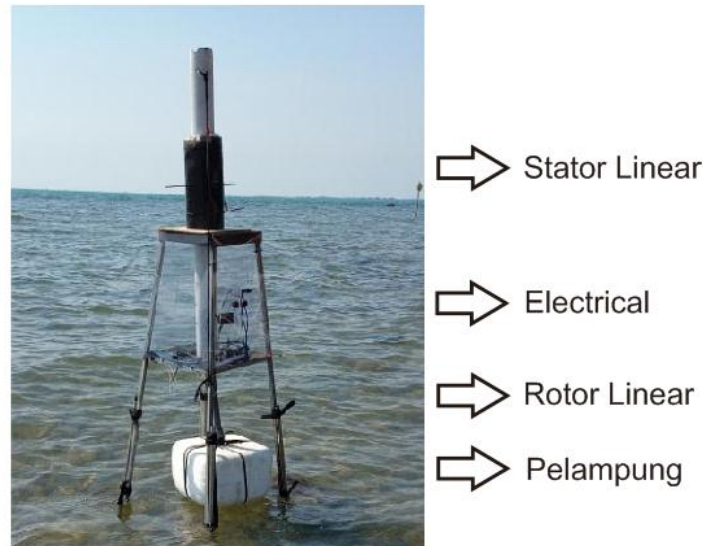
Pada rotor linear dibuat menggunakan pipa PVC berukuran $\frac{1}{2}$ inch sebagai tempat penyusun magnet yang berfungsi sebagai pembangkit Gerak Gaya Listrik (GGL). Magnet magnet disusun secara berlawanan antara kutub utara dan selatan, magnet ini menggunakan jenis Neodymium dengan *grade* n52, adapun penyusunan magnet yaitu U-S-U-S-U.



Gambar 6. Gambar konstruksi rotor generator linear

3.3 Desain *Prototype* keseluruhan

Bentuk *prototype* secara keseluruhan adalah gabungan antara generator linear, pelampung serta *body* utama sehingga *prototype* ini dapat diuji secara langsung di pantai. *Prototype* ini memiliki bagian yang terendam oleh air laut itulah sebabnya *body* dari *prototype* ini dirancang menggunakan besi agar lebih kuat terhadap gelombang ombak air laut.



Gambar 7. Gambar konstruksi *prototype*

3.4 Pengujian *Prototype*

Pengujian *prototype* adalah pengujian alat secara keseluruhan yang akan dilaksanakan di pantai Bandengan Kabupaten Jepara, pengujian ini dilaksanakan selama 6 jam dalam 7 hari ditambah 1 hari selama 24 jam guna mengetahui nilai parameter *output* yang dihasilkan oleh *prototype* sehingga dapat diambil kesimpulan dari data yang diperoleh di lapangan.

3.4.1 pengujian 6 jam dalam sehari

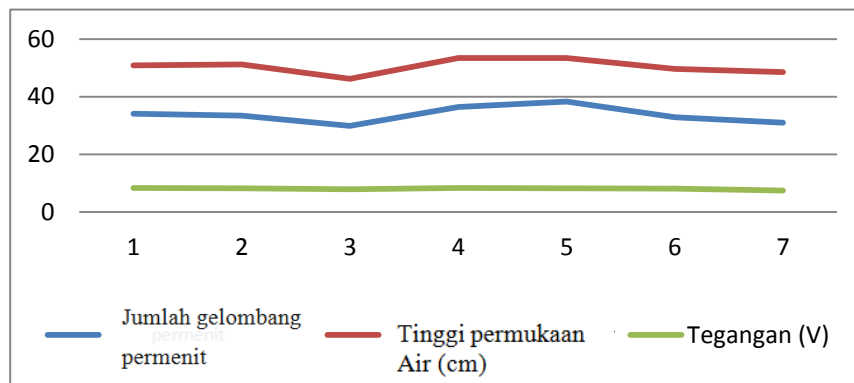
Tabel 4. Pengujian 6 jam dalam sehari

Rabu, 24 MEI 2023						
Waktu	Jumlah Gelombang / menit	Tinggi Permukaan Air (cm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Energi (mWh)
09.00	34	50	8,3	55,40	459,82	0
10.00	37	54	8,3	69,80	579,34	92,58
11.00	33	50	8,3	47,70	362,71	176,08
12.00	32	50	8,3	36,70	304,61	258,82
13.00	32	50	8,3	34,90	289,67	341,56
14.00	38	52	8,3	70,70	586,81	437,14
15.00	33	50	8,3	41,50	334,45	519,64
Energi Yang Dihasilkan (mWh)						519,64

Kamis, 25 MEI 2023						
Waktu	Jumlah Gelombang / menit	Tinggi Permukaan Air (cm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Energi (mWh)
09.00	36	54	8,3	71,60	594,28	0
10.00	30	49	7,9	18,50	146,15	78,96
11.00	34	50	8,3	52,00	431,60	163,74
12.00	35	53	8,3	58,90	488,87	251,64
13.00	31	48	8,3	27,70	229,91	332,59
14.00	34	52	8,3	58,90	488,87	417,37
15.00	34	52	8,3	58,50	485,55	502,27
Energi Yang Dihasilkan (mWh)						502,27
Jumat, 26 MEI 2023						
Waktu	Jumlah Gelombang / menit	Tinggi Permukaan Air (cm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Energi (mWh)
09.00	32	45	8,1	25,60	207,36	0
10.00	30	46	8	12,40	99,28	73,54
11.00	31	49	8,2	31,20	255,84	153,50
12.00	28	45	7,5	7,20	54,00	229,04
13.00	29	46	7,8	8,60	67,08	306,92
14.00	30	46	7,9	10,10	79,79	385,88
15.00	29	46	7,7	8,40	64,83	460,86
Energi Yang Dihasilkan (mWh)						460,86
Sabtu, 27 MEI 2023						
Waktu	Jumlah Gelombang / menit	Tinggi Permukaan Air (cm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Energi (mWh)
09.00	38	55	8,3	88,20	732,06	0
10.00	33	50	8,3	45,80	380,14	89,58
11.00	36	55	8,3	66,50	551,95	179,48
12.00	40	54	8,3	108,30	898,89	283,80
13.00	39	55	8,3	96,60	801,78	384,33
14.00	33	50	8,3	46,50	385,95	467,97
15.00	36	55	8,3	65,10	540,33	557,55
Energi Yang Dihasilkan (mWh)						557,55
Minggu, 28 MEI 2023						
Waktu	Jumlah Gelombang / menit	Tinggi Permukaan Air (cm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Energi (mWh)
09.00	38	53	8,3	78,30	649,89	0
10.00	37	54	8,3	66,90	555,27	89,98
11.00	40	54	8,3	109,50	908,85	195,34
12.00	44	54	8,3	120,20	997,66	304,66
13.00	32	50	8,1	36,20	293,22	385,40
14.00	36	55	8,3	65,80	546,14	475,32
15.00	41	54	8,3	112,60	934,58	581,68
Energi Yang Dihasilkan (mWh)						581,68

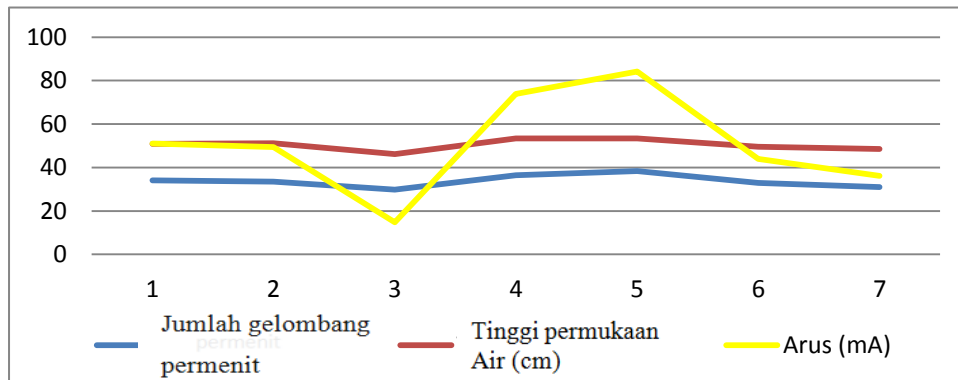
Senin, 29 MEI 2023						
Waktu	Jumlah Gelombang / menit	Tinggi Permukaan Air (cm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Energi (mWh)
09.00	30	48	8,1	22,2	179,82	0
10.00	34	50	8,3	53,20	441,56	83,58
11.00	33	50	8,3	48,60	403,38	166,86
12.00	28	43	7,4	6,60	48,84	244,84
13.00	37	53	8,3	72,40	600,92	337,42
14.00	33	50	8,3	44,30	367,69	420,42
15.00	35	53	8,3	60,10	498,83	508,32
Energi Yang Dihasilkan (mWh)						508,32
Selasa, 30 MEI 2023						
Waktu	Jumlah Gelombang / menit	Tinggi Permukaan Air (cm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Energi (mWh)
09.00	20	40	4,3	0,20	0,85	0
10.00	26	42	7,1	5,50	39,29	65,87
11.00	38	53	8,3	74,30	616,30	161,52
12.00	36	55	8,3	64,60	536,18	250,17
13.00	36	56	8,3	70,50	585,15	330,94
14.00	30	46	7,9	9,70	62,963	406,90
15.00	31	48	8,1	28,60	237,38	485,86
Energi Yang Dihasilkan (mWh)						485,86
TOTAL ENERGI YAN DIHASILKAN (mWh)						3616,18
TOTAL ENERGI YAN DIHASILKAN (Wh)						3,61618
RATA-RATA ENERGI YANG DIHASILKAN PERHARI (Wh)						0,5165972

Hasil pengujian selama 7 hari berturut-turut dilihat pada tabel 3, pengujian dilaksanakan dari jam 09.00 WIB sampai jam 15.00 WIB yang didapatkan nilai parameter jumlah gelombang, tinggi permukaan air laut, tegangan, arus, daya, dan energi yaitu 20 - 44 untuk jumlah gelombang, 40 – 56 untuk tinggi permukaan air laut, 4,3 – 8,3 V untuk tegangan, 0,20 – 120,20 untuk arus, 0,85 – 997,60 untuk daya, sedangkan untuk energi perhari didapati rata-rata sebesar 0,5165972 Wh dengan energi terbesar dihasilkan pada hari Minggu yaitu sebesar 581,68 mWh, dan total energi yang dihasilkan selama pengujian yaitu 3,61618 Wh.



Gambar 8. Perbandingan jumlah gelombang, tinggi permukaan air dan tegangan

Pada gambar 8 yaitu perbandingan jumlah gelombang, tinggi permukaan air dan tegangan, tinggi gelombang air laut berbanding lurus dengan tegangan *output* dimana ketika ketinggian permukaan air laut mengalami pasang maka akan berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan oleh generator linear, ini terjadi karena magnet pada rotor linear dapat naik dan turun secara penuh (sempurna) sehingga tegangan pun dapat diperoleh secara maksimal di 8,3V.



Gambar 9. Perbandingan jumlah gelombang, tinggi permukaan air dan arus

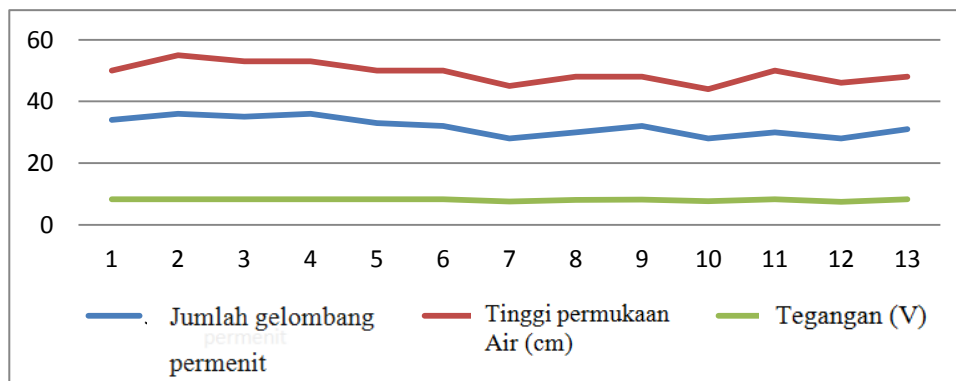
Pada gambar 9 dapat dilihat bahwa perbandingan antara jumlah gelombang, tinggi permukaan air laut, dan arus. Dimana semakin banyak jumlah gelombang laut maka arus yang dihasilkan akan semakin besar pula, itu dikarenakan jumlah ombak akan mempengaruhi kecepatan naik turunnya rotor linear sehingga medan magnet yang dibangkitkan oleh rotor terhadap kumparan semakin besar dan akan membuat kumparan mengeluarkan arus yang besar juga.

3.4.2 Pengujian 24 Jam

Tabel 5. Pengujian 24 jam

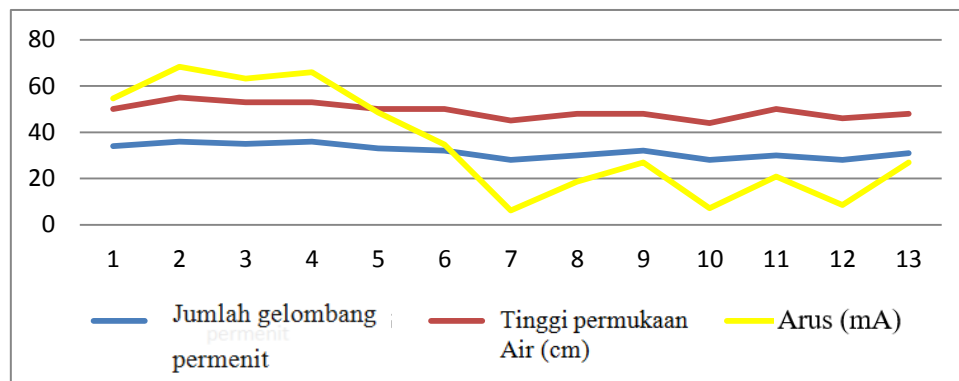
RABU 21 JUNI 2023						
Waktu	Jumlah Gelombang / menit	Tinggi Permukaan Air (cm)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)	Energi (mWh)
08.00	34	50	8,3	54,60	453,18	0
10.00	36	55	8,3	68,30	566,89	174,68
12.00	35	53	8,3	63,20	524,56	352,38
14.00	36	53	8,3	65,90	546,97	524,38
16.00	33	50	8,3	48,50	402,55	693,94
18.00	32	50	8,3	34,70	288,70	856,54
20.00	28	45	7,5	6,20	46,5	927,146
22.00	30	48	8,1	18,70	151,47	1055,496
24.00	32	48	8,2	26,90	220,58	1193,536
02.00	28	44	7,6	7,10	53,96	1326,236
04.00	30	50	8,3	20,90	173,47	1469,836
06.00	28	46	7,4	8,60	63,64	1595,736
08.00	31	48	8,3	26,90	223,27	1735,136
TOTAL ENERGI YAN DIHASILKAN (mWh)						1735,136
TOTAL ENERGI YAN DIHASILKAN (Wh)						1,735136

Pengujian selama 24 jam ini dilaksanakan mulai jam 08.00 WIB hingga jam 08.00 WIB di hari berikutnya, pengambilan data dilaksanakan setiap 2 jam sekali dimana untuk jumlah gelombang terkecil di 28 dan terbesar 36, permukaan air terendah 44 dan tertinggi 55 cm, tegangan 7,4 – 8,3 V, arus tertinggi di 68,30 mA, daya tertinggi 566,89 mW dan total energi yang di hasilkan selama 24 jam yaitu 1,735136 Wh.



Gambar 10. Perbandingan jumlah gelombang, tinggi permukaan air dan tegangan

Pada gambar 10 pengujian selama 24 jam tinggi permukaan air laut mengalami naik turun yang tidak terlalu signifikan yakni diantara 44 – 56 cm, tinggi permukaan tersebut akan mempengaruhi tegangan *output* yang dihasilkan oleh generator linear namun ketika perubahan ketinggian gelombang tidak terlalu signifikan maka tegangan *output* pun cenderung stabil, hanya di waktu tertentu tegangan *output* kurang dari 8,3 Volt.



Gambar 11. Perbandingan Jumlah gelombang, tinggi permukaan air dan arus

Berdasarkan data yang diperoleh dapat dilihat pada grafik dimana arus pada generator linear berubah ubah seiring dengan perubahan jumlah gelombang laut, dan setelah jam 18.00 WIB arus berangsur – angsur turun namun sesekali naik tapi tidak terlalu signifikan. Gelombang laut juga dipengaruhi oleh pasang surut gelombang air laut sehingga itu berpengaruh pada jumlah dan tinggi permukaan air laut.

4. PENUTUP

Berdasarkan data analisa kinerja *prototype* yang sudah dilakukan uji coba secara riil dilaut dapat disimpulkan diantaranya:

1. Generator adalah sebuah komponen elektronika yang fungsinya mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Sedangkan generator linear adalah sebuah komponen elektronika yang mengubah gerak linear menjadi energi listrik.
2. Generator linear terdiri dari stator dan juga rotor linear dimana stator terdiri dari kumparan kawat email sedangkan rotor terdiri dari susunan magnet yang digunakan sebagai pembangkit medan magnet.
3. *Prototype* ini bekerja ketika pelampung mendapat gerak naik turun dari gelombang air

laut yang akan dihubungkan pada rotor linear sehingga magnet dapat membangkitkan medan magnet disekitar kumparan yang selanjutnya kumparan akan menghasilkan tegangan.

4. Rangkaian *rectifier with regulator* digunakan untuk membatasi keluaran generator linear sehingga komponen elektronika tidak akan rusak karena *output* diatur oleh regulator hanya 8,3V.
5. Pegujian yang dilakukan selama 8 hari berturut – turut yaitu 7 hari selama 6 jam yang dimulai pada jam 09.00 WIB - 15.00 WIB dan 1 hari selama 24 jam. didapati tegangan dan arus keluaran generator linear berkisar 4,3 – 8,3 V dan 0,20 – 120,20 mA

PERSANTUNAN

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kepada Allah SWT, atasrahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan sangat baik dan percaya diri. Tugas akhir ini dibuat sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta. Taklupa penulis ucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang berjasa membantu, memberikan dukungan, motivasi dan Do'a yang telah dipanjatkan dalam mengerjakan naskah publikasi ini yang tidak semua dapat penulis cantumkan pada naskah ini namun diantaranya sebagai berikut:

1. Allah SWT yang selalu memberikan penulis ketabahan dan kekuatan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini sehingga tugas akhir ini dapat selesai dengan baik.
2. Orang tua penulis yang tak henti-hentinya memanjatkan doa demi keselamatan penulis serta memberikan dukungan, motivasi dan nasihat yang membangun semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Dosen pembimbing penulis Bapak Hasyim Asy'ari, S.T., M.T yang telah meluangkan waktunya disela - sela kesibukan beliau untuk bisa berkonsultasi terkait penyelesaian tugas akhir ini.
4. Muhasabah *Family* yang terus memberi masukan, semangat, motivasi dan dukungan dalam proses pembuatan hingga tahap akhir penyelesaian tugas akhir ini maupun dalam perkuliahan.
5. Teman-teman penulis yang sudah memberikan dorongan dan semangat sehingga tugas akhir yang penulis kerjakan ini dapat selesai tepat pada waktunya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arof, H., Wijono, & Nor, K. M. (2003). Linear generator: Design and simulation. *National Power Engineering Conference, PECon 2003 - Proceedings*. Hal 306–311.
- 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). Hal 887–902.
- Ishaq, M. (2002). Gelombang : Traveling Wave, Standing Wave, Superposisi Gelombang. *Fisika Dasar 2*. Hal 1-20.
- Lengan, D. A. N. P. (2015). *Studi Karakteristik Energi Listrik Yang Dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (Pltgl) Metode Pelampung Dengan Variasi Dimensi Pelampung Study Characteristics of Electrical Energy Generated Sea Wave Power Plant (Pltgl) Float Method With Float Dimension Variation And Arm Leng.*. Hal 15-38.
- Sunarlik, W. (2017). Prinsip Kerja Generator. *Prinsip Kerja Generator Sinkron*. Hal 1-6.