

EXPERIMENTAL STUDY OF SEA WAVE POWER PLANT WITH MECHANICAL BUOYING SYSTEM (STUDI EKSPERIMENTAL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT DENGAN SISTEM MEKANIS PELAMPUNG)

Juhana^{1*}, Ojak Abdul Rozak¹, Digo Citra Dewa¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

*Corresponding author: dosen01314@unpam.ac.id

ABSTRACT

The need for electrical energy in Indonesia continues to increase, triggering an electrical energy crisis due to the increasing number of consumers of electrical energy which has an impact on the reduction of non-renewable fossil energy sources. Alternative energy sourced from new and renewable energy is needed, the use of electric generators from ocean wave energy in coastal areas needs to be empowered to be used as electrical energy that is useful for the community. This ocean wave power plant consists of: generator, power storage and voltage riser. A fixed magnetic generator connected to the buoy ball, the kinetic energy and potential energy of the ocean waves move the buoy ball so that the generator can rotate and produce electrical energy. This system can be used as a 12 V direct current (DC) battery charger as a backup energy supply and then increased to 220 V alternating current (AC) using an inverter. The average result of generator rotation is 182.34 ratio per minute (RPM). The average voltage generated by the generator is 12.53 V and the average current is 1.06 A and the output voltage of the inverter is 217 V when the load is 100 W.

Keyword: Battery; buoy ball; generator; inverter; ocean wave energy

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat, memicu krisis energi listrik akibat melonjaknya jumlah konsumen energi listrik berdampak terhadap berkurangnya cadangan sumber energi fosil yang tidak dapat diperbaharui. Diperlukan energi alternatif bersumber energi baru terbarukan, pemanfaatan generator listrik yang bersumber energi tenaga gelombang laut di wilayah tepi pantai perlu diberdayakan untuk dijadikan energi listrik yang berguna bagi masyarakat. Pembangkit listrik tenaga gelombang laut ini terdiri dari: pembangkit, penyimpan daya dan penaik tegangan. Generator magnet tetap yang dihubungkan dengan bola pelampung, energi kinetik dan energi potensial gelombang laut tersebut menggerakkan bola pelampung sehingga generator bisa berputar dan menghasilkan energi listrik. Sistem ini dapat difungsikan sebagai charger baterai direct current (DC) 12 V sebagai backup suplai energi kemudian dinaikkan menjadi alternating current (AC) 220 V menggunakan inverter. Hasil rata-rata rotasi generator sebesar 182.34 ratio per minute (RPM). Tegangan yang dihasilkan generator rata-rata 12.53 V dan arus rata-rata 1.06 A dan output tegangan inverter 217 V saat beban 100 W.

Kata Kunci: Baterai; bola pelampung; energi gelombang laut; generator; inverter

PENDAHULUAN

Melonjaknya kebutuhan energi listrik di Indonesia setiap tahun selalu diiringi dengan peningkatan ekonomi secara nasional. Saat penyediaan energi listrik di Indonesia tidak sejalan dengan meingkatnya kebutuhan energi listrik akan menimbulkan dampak besar (C. Mulyabakti & J. D. Mamoto, 2016).

Solusi masalah meningkatnya konsumen energi listrik nasional yaitu dengan pembangunan pembangkit listrik yang bersumber energi baru terbarukan. Pemanfaatan energi baru terbarukan untuk mengurangi tingkat penggunaan sumber energi fosil yang tidak dapat diperbarui terlebih energi baru terbarukan ini sangat ramah lingkungan, tidak bisa habis dan sangat melimpah. Pemanfaatan energi gelombang air laut sebagai salah satu sumber energi listrik menjadi sangat prioritas karena akan berdampak pada pemenuhan kebutuhan energi listrik di Indonesia.

Khusus di wilayah Indonesia, telah banyak dilakukan pemanfaatan dan pengembangan energi alternatif yang bersumber tinggi jatuh air (*head*) sebagai penggerak utama dari turbin pembangkit tenaga listriknya (Herlambang, 2018).

Pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PLTGL) saat ini sudah ada dengan memanfaatkan *oscilating water column* dengan generator listrik sebagai pembangkit listrik utama, namun pada saat terjadi penurunan gelombang laut atau tidak ada gelombang dalam waktu tertentu maka energi listrik yang dihasilkan generator tidak stabil bahkan tidak menghasilkan energi listrik.

Penggunaan sistem *backup* baterai DC 12 V sebagai sumber pembangkit listrik utama yang akan dinaikkan menjadi tegangan AC 220V dengan menggunakan inverter DC to AC, generator listrik hanya berfungsi sebagai *charger* baterai sehingga ketika gelombang laut mengalami penurunan atau tidak ada gelombang pada waktu tertentu maka pembangkit tenaga listrik ini masih tetap stabil menghasilkan energi listrik.

Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik memiliki 3 (tiga) bagian, 1) bagian pembangkitan sebagai pembangkit energi listrik, 2) penyaluran untuk menyalurkan energi listrik yang dihasilkan menuju bagian beban, 3) beban listrik atau instalasi pengguna energi listrik berfungsi sebagai pemasok dari komponen listrik sehingga dapat bekerja dengan baik (Syahputra, 2017).

Potensi Gelombang Laut

PLTGL merupakan suatu sistem pembangkit energi listrik dengan memanfaatkan tenaga kinetik dan potensial dari gelombang laut untuk dikelola menjadi energi listrik.

Menurut data terbitan (ASELI) asosiasi energi laut indonesia secara teoritis, jumlah sumber energi di Indonesia sangat besar, energi jenis panas laut, gelombang laut dan arus laut sampai 727.000 MW.

Namun teknologi pemanfaatan energi gelombang laut secara efektif kemungkinan bisa mencapai 49.000 MW. Potensi praktis gelombang laut dan pasang surut air laut mencapai 6.000 MW cukup baik untuk

dimanfaatkan menjadi pembangkit energi listrik (Wijaya, 2010).

Badan pengkajian dan penerapan teknologi (BPPT) berpedapat bahwa pantai Indonesia mempunyai banyak yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga gelombang laut. Pantai pulau selatan jawa, sebelah barat sumatara, Irian jaya bagian utara yaitu lokasi yang sangat tepat untuk dijadikan pemasok pembangkit energi listrik. Namun wilayah tersebut belum dimanfaatkan sebagai pemasok pembangkit energi listrik. perbatasan beberapa wilayah yang telah menjadikan pembangkit listrik tenaga gelombang laut sebagai pemasok energi listrik (Herlambang, 2018).

Gelombang Laut

Gelombang laut yaitu energi transisi energi yang terbawa oleh sifat aslinya. “Ada sebuah benda yang masa kerapatannya (densitasnya) berbeda bersrempetan satu sama lain, bidang geraknya membentuk lembah dan bukit”. Membentuknya lembah dan bukit adalah gerak turunnya air laut (Waldopo,2008).



Gambar 1. Pergerakan air laut

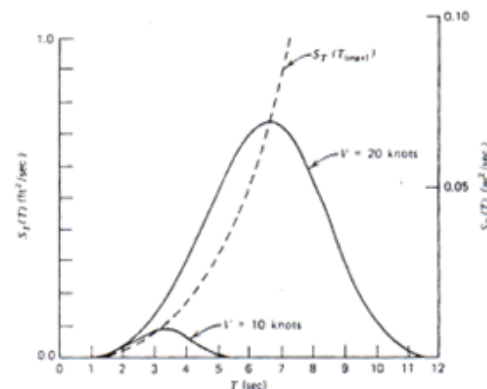
Sketsa gelombang laut berupa wujud suatu energi lautan. Fenomena berikut merupakan gejala gelombang energi laut: 1) gerak benda pada permukaan menyebabkan gelombang dengan periode kecil, 2) gelombang laut disebabkan oleh angin, 3) gejala seismik (gempa bumi, pergeseran

lempengan bumi) dapat menyebabkan gelombang tsunami/pasang laut, 4) gelombang pasang surut laut yang besar, gejala gravitasi bumi dan bulan (Pudjanarsa, 2006).

Angin Laut

Angin adalah sumber penyebab utama gelombang laut. Kecepatan dan arah angin mempengaruhi tingginya gelombang, durasi gelombang, dan arah gelombang. Rendahnya durasi dan tingginya gelombang dipengaruhi tingginya kecepatan angin. Perbedaan tinggi dan arah gelombang yang tidak beraturan disebabkan tingginya angin dan jadi angin gaduh.

Pengamatan gelombang laut dapat dilakukan pada saat kondisi angin normal (tinggi, periode, arah gelombang). Setiap zona lautan sangat dipengaruhi oleh frekuensi angin. Variasi kecepatan angin beragam timbul suatu spektrum periode gelombang.



Gambar 2. Beragam kederasan angin untuk spektrum periode gelombang

Sistem Komponen

1. Bola Sensor Gelombang Laut

Bola sensor laut adalah sebuah bola yang berbahan dasar plastik yang biasa digunakan untuk sensor di laut.

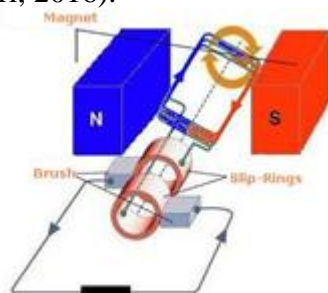


Gambar 3. Sensor gelombang laut

Generator Magnet Permanen

Generator merubah energi mekanik menjadi listrik. Energi mekanik memutar susunan kawat tembaga di dalam medan magnet atau memutar medan magnet diantara susunan kawat tembaga. Tenaga mekanik sebagian besar berasal dari energi panas, energi potensial air, energi potensial udara, diesel.

Generator terdiri dari kawat tembaga yang disusun rapi dan berhadapan dengan magnet. Jika kedua komponen bergerak relatif, maka garis-garis gaya magnet akan memutus susunan tembaga dan (ggl) gaya gerak listrik yang dihasilkan. Generator listrik modern memiliki suatu sistem elektromagnet dan susunan belitan tembaga berisolasi tersusun didalam alur (slot) atau dalam inti besi yang berlaminasi (Dzikri, 2016).



Gambar 4. Generator magnet permanen

Standar Pengukuran

Pengukuran terdiri atas aturan untuk mengenakan nilai-nilai kepada suatu

objek untuk mempresentasikan kuantitas pada objek (Suryabrata, 1984).

Pengukuran merupakan suatu prosedur yang sistematis untuk mengontrol perilaku seseorang dan menggambarkan dengan bantuan sistem pengkatagorian skala numerik (Mehren, 1973).

Menyatakan mutu alat ukur yang digunakan mempengaruhi kualitas dan kuantitas hasil pengukuran (Hamalik, 1989). Pengukuran ialah suatu kegiatan mengalihkan informasi data yang berbentuk angka ataupun uraian yang digunakan untuk dapat mengambil keputusan (Umar, 1991).

Pengukuran merupakan prosedur sistematis untuk daapt memperoleh informasi data kuantitatif dengan data yang dinyatakan dalam bentuk uraian atau angka yang akurat relevan yang dapat dipercaya terhadap atribut yang diukur menggunakan alat ukur standar dan standar operasional prosedur (SOP) pengukuran yang benar dan jelas (Nandasari, 1995).

Energi Listrik

Energi listrik yaitu salah satu bentuk energi yang berasal dari sumber arus, energi listrik dapat dirubah menjadi bentuk lain yaitu (Suprianto, 2015):

1. Energi listrik ke energi kimia, proses penyepuhan (pelapisan logam dengan logam jenis lain), pencargeran baterai laptop.
2. Energi listrik ke energi mekanik, dinamo mesin jahit dan dynamo pompa air.
3. Energi listrik ke energi cahaya, lampu motor, lampu rumah.
4. Energi listrik ke energi panas, solder timah, kompor, open, water heater listrik.

Perpindahan elektron berakibat mengalirnya elektron secara kontinyu pada suatu penampang konduktor dalam satuan arus listrik. Elektron mengalir sebanyak 628×10^{16} atau sama dengan satu coulomb per detik melewati suatu penghantar konduktor adalah satu ampere arus (Dinata & Sunanda, 2015).

$$i = \frac{Q}{t} [A] \quad (1)$$

Q = muatan listrik (coulomb)

i = kuat arus (ampere)

t = waktu (detik)

Tegangan listrik adalah jumlah energi yang diperlukan untuk dapat memindahkan unit muatan listrik dari satu tempat ke tempat lain. Tegangan listrik yang dinyatakan dalam satuan V ini juga sering disebut dengan beda potensial listrik karena pada dasarnya tegangan listrik sebagai ukuran perbedaan potensial antara dua titik dalam rangkaian listrik. Suatu benda dikatakan berlistrik lebih tinggi dari benda lain karena benda tersebut memiliki jumlah muatan positif lebih tinggi jika dibandingkan dengan jumlah muatan positif pada benda lain. Potensial listrik ialah banyaknya muatan yang terdapat dalam suatu benda (Dinata & Sunanda, 2015).

Daya listrik pada arus bolak-balik (AC) dibagi 3 macam yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu (Dinata & Sunanda, 2015):

1. Daya aktif (P), adalah daya yang sesungguhnya dipergunakan oleh pemakai/konsumen. Beban yang bersifat resistansi (R). Tidak berefek induktor pada grafik gelombang tegangan (V) dan arus sefasa dengan dengan satuan (W).

$$P = V \times I \times \cos \varphi [\text{watt}] \quad (2)$$

2. Daya reaktif (Q), daya yang digunakan untuk pembentukan medan magnet atau daya yang bersifat induktif. Dalam proses terbentuknya fluks magnet atau garis-garis magnet dengan satuan VAR (volt A reaktif).

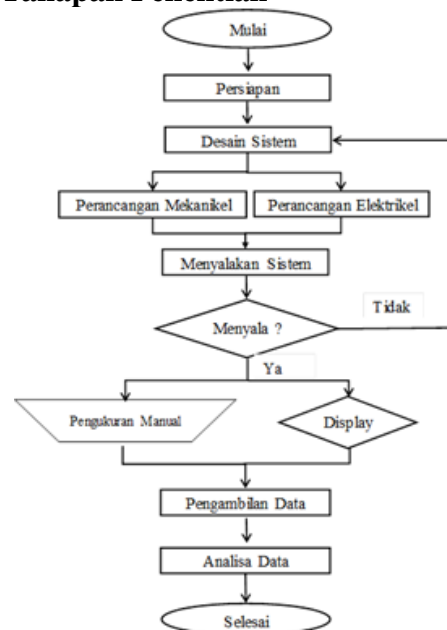
$$Q = V \times I \times \sin \varphi [VAR] \quad (3)$$

3. Daya semu (S), daya yang dihasilkan dari perkalian arus listrik dan tegangan listrik. Daya semu yaitu daya yang diberikan oleh perusahaan listrik negara (PLN) untuk didistribusikan ke konsumen dengan satuan volt ampere (VA).

$$S = V \times I \times [VA] \quad (4)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan Penelitian



Gambar 5. Tahapan penelitian

Peralatan Penelitian

1. Generator Magnet Permanen
Generator magnet mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.

Tabel 1. Gen. magnet permanent.

Type	Magnet Permanent Low RPM
Maximal W	250 W
Continue W	200 W
Low RPM	250 RPM (15 V)
Output	CT

2. Dioda

Dioda jembatan (bridge diodes) ialah sejenis dioda biasa yang disusun layaknya jembatan berfungsi sebagai penyearah arus, arus bolak balik AC menjadi arus searah DC. Dioda mempunyai dua kaki input AC, (+) output DC dan (-) output DC (Eko Purnomo, 2016).

Tabel 2. Spesifikasi dioda *bridge*.

Type	GBPC 3510
Max Output	10 A
Max voltage	1000 V
Board Size	30 x 30 x 10 mm

3. Kondensator (kapasitor)

Kapasitor menyimpan muatan dalam medan listrik dan menyaring tegangan ACV meter, prinsip ketidakseimbangan dalam muatan listrik, dibentuk oleh permukaan piringan tipis yang saling berhubungan dan dipisahkan oleh isolator penyekat.

Tabel 3. Spesifikasi kondensator.

Type	Powerlytic 36DX
Kapasitansi	41.000 uF
Max voltage	50 V
Max Suhu	80 °C

4. Stabilizer DC

Modul Stabilizer DC BB-51 mengubah tegangan masukan dan tegangan keluaran yang dapat diatur pada trimpot sesuai kebutuhan. Modul ini sebagai regulator jika terjadi naik dan turun tegangan masukan, namun tegangan keluaran tetap stabil.

Tabel 4. Spesifikasi stabilizer DC.

Type	DC BB-51
Input Tegangan	10V – 32 V
Output Tegangan	12V – 35 V Adjust
Max Output	10 As

5. Baterai (Akumulator)

Baterai adalah komponen listrik berfungsi menyimpan tegangan listrik DC, dirubah menjadi energi kimia.

Tabel 5. Spesifikasi stabilizer DC.

Type	MS20-12
Kapasitas	20 Ah
Voltage	12 V
Floating use	13.5 – 13.8 V
Cycle use	14.4 – 14.9 V

6. Inverter

QS-100 merupakan komponen listrik berfungsi sebagai perubah tegangan DC 12 V menjadi AC 220 V (SF Gate 2003). Tegangan AC 220 V dikirim ke beban atau konsumen rumah tangga atau industri, karena hampir semua peralatan rumah tangga dan perlengkapan peralatan listrik lainnya hanya bekerja bergantung pada tegangan AC 220 V tersebut.

Tabel 6. Spesifikasi inverter.

Type	QS-100
Input Tegangan	DC 12 V
Output Tegangan	AC 220 V
Max Output	500 W
Frekuensi	50 Hertz

7. DC Meter Digital

Ampere meter ialah komponen listrik berfungsi mengukur arus yang mengalir pada rangkaian listrik DC yang di pasang secara seri dengan beban. Voltmeter ialah alat ukur yang bekerja mengukur besar tegangan listrik pada suatu rangkaian listrik DC dan dipasang secara paralel.

Tabel 7. Spesifikasi DC meter digital.

Display Tipe	Digital
Accuracy	1 %
Measuring Range	DC 0-100 V / 10 A

Operating voltage	DC 4.5 – 30 V
Operating Current	< 20 mA

8. AC Meter Digital

Volt meter AC digital adalah alat ukur berfungsi untuk mengukur besar tegangan listrik yang berada di suatu rangkaian listrik AC dan dipasang secara paralel.

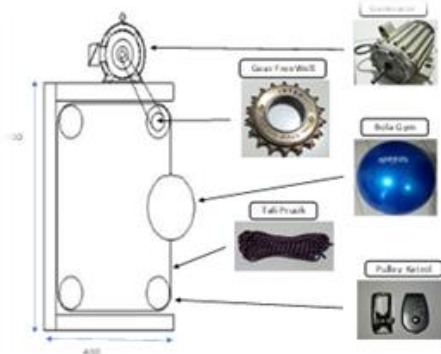
Tabel 8. Spesifikasi AC meter digital.

Display Tipe	Digital
Accuracy	1 %
Measuring Range	AC 100-300 V
Operating voltage	AC 100-300 V

Perancangan PLTGL

1. Perancangan Sistem Mekanik

Desain mekanisme dari PLTGL dengan sistem mekanis pelampung. Komponen utama yaitu: sebuah tali prusik terikat melingkar dengan bola gym dan melewati jalur pulley katrol yang berfungsi untuk menstransfer energi kinetik gelombang laut naik-turun terhadap generator, Sebelum terhubung ke generator terpasang *gear free well* yang berfungsi untuk menyearahkan putaran generator.



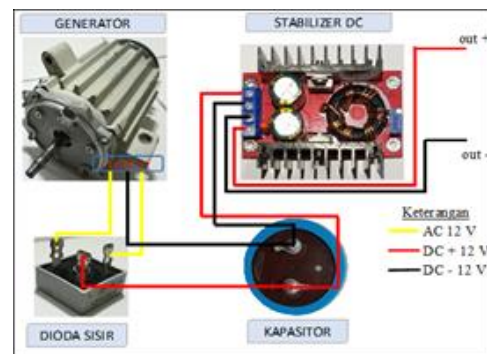
Gambar 6. Sistem mekanika

2. Perancangan Sistem Elektrik

Komponen utama pembangkit adalah generator magnet tetap yang memiliki 2 pin com keluaran dan 1 pin CT. Pin com keluaran adalah pin keluaran generator menghasilkan tegangan.

Kedua pin com generator dihubungkan ke pin AC *diode bridge*.

Pin (+) *diode bridge* terhubung pin (+) kondensator, pin CT generator terhubung pin (-) kondensator, pin (+) kondensator terhubung pin masukan (+) stabilizer DC BB-51, pin (-) kondensator terhubung dengan pin masukan (-) stabilizer DC BB-51, pin keluaran (+) stabilizer DC BB-51 terhubung pin (+) baterai, pin keluaran (-) stabilizer DC BB-51 terhubung pin (-) baterai.



Gambar 7. Sistem pembangkit

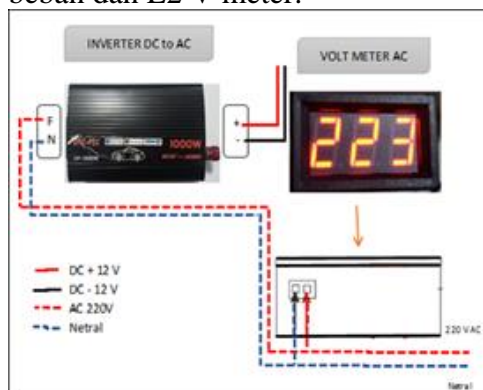
Komponen utama penyimpan daya adalah baterai 12 V 20 Ah, mempunyai 2 pin satu pin (-) dan satu pin (+), pin (+) baterai terhubung pin keluaran (+) stabilizer DC BB-51, pin (-) baterai terhubung pin keluaran (-) stabilizer DC BB-51.

Volt A meter DC mempunyai 5 pin, pin Voc (+) V A meter DC terhubung pin (+) baterai, pin gnd (-) V A meter DC terhubung pin (-) baterai, pin com V A meter DC terhubung pin (+) baterai, pin Vi (-) V A meter DC terhubung pin (+) baterai, pin Vi (+) V A meter DC adalah pin keluaran (+) penyimpan daya.



Gambar 8. Penyimpanan daya

Komponen utama dari penaik tegangan adalah inverter UNIPEC UP-1000W dengan 2 pin input dan 2 pin output, pin (-) inverter terhubung pin (-) baterai, pin (+) inverter terhubung Vi (+) V A meter DC, pin F inverter terhubung beban dan L1 V meter. Pin N inverter terhubung beban dan L2 V meter.



Gambar 9. Penaik tegangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Panel kontrol PLTGL

Terdapat generator magnet tetap, *diode bridge* KBPC3510, kapasitor 50 V 41.000 uF, *stabilizer* DC BB-51, baterai 20 Ah 12 V, DCVA meter, inverter MS-INV300 dan ACV.



Gambar 10. Panel kontrol PLTGL

Pengujian Sistem

Ada dua alat ukur, yaitu: AC Voltmeter dan DC Volt amper meter. Mengacu PUIL 2011, drop/over tegangan keluaran terukur $\pm 10\%$ dari tegangan nominal 220 V (under di 198 V dan over di 242 V). Tegangan keluaran inverter terbaca 223 V maka dinyatakan baik karena masih dalam batas standar. Mengacu pada CNN Indonesia tegangan MS20-12 dalam kondisi normal tegangan (under di 12.6 V dan over di 13.7 V), tegangan baterai terbaca 13.3 V maka alat dinyatakan baik karena masih dalam batas standar. Setiap pengukuran dilakukan 10 kali dengan 6 kali percobaan di waktu berbeda dari jam 09:00-14:00 WIB.

Gelombang Laut



Gambar 11. Tinggi gelombang laut jam 09:00 WIB

Pengambilan data dari tinggi gelombang laut pada Percobaan 1 di jam 09:00 WIB dengan menggunakan

mistar dimasukan ke dalam air laut. Kondisi tertinggi gelombang laut - kondisi terendah gelombang laut. Tertinggi 585 mm – terendah 270 mm sehingga memiliki selisih 315 mm.



Gambar 12. Tinggi gelombang laut jam 14:00 WIB

Pengambilan data dari tinggi gelombang laut pada Percobaan 1 di jam 14:00 WIB dengan menggunakan mistar dimasukan ke dalam air laut. Kondisi bukit gelombang laut dikurangi kondisi lembah gelombang laut. Bukit 630 mm – lembah 260 mm sehingga memiliki tinggi gelombang laut 370 mm.

Tabel 9. Bukit gelombang laut.

Time Measure	Bukit Gel. (mm)				
	1	2	3	4	5
09:00	585	587	582	586	289
10:00	460	461	463	464	467
11:00	470	471	475	473	472
12:00	450	451	456	457	453
13:00	655	657	656	658	651
14:00	630	632	632	631	630
Time Measure	Bukit Gel. (mm)				
	6	7	8	9	10
09:00	582	581	583	581	585
10:00	476	585	462	461	463
11:00	475	478	473	471	470
12:00	452	457	458	451	452
13:00	654	659	657	653	653
14:00	631	631	638	634	632

Tabel 10. Lembah gelombang laut.

Time Measure	Lembah Gel. (mm)				
	1	2	3	4	5
09:00	270	271	273	269	270
10:00	175	174	173	176	177
11:00	145	146	143	147	144
12:00	140	141	145	143	145

13:00	205	207	210	209	207
14:00	260	261	265	267	268
Time Measure	Lembah Gel. (mm)				
	6	7	8	9	10
09:00	272	273	274	271	270
10:00	173	173	178	173	175
11:00	143	148	142	145	146
12:00	147	147	143	140	141
13:00	209	205	207	208	209
14:00	264	260	261	265	261

Tabel 11. Tinggi gelombang laut.

Time Measure	Tinggi Gel. (mm)				
	1	2	3	4	5
09:00	315	317	312	317	319
10:00	285	286	288	288	292
11:00	325	326	330	326	327
12:00	310	311	316	314	313
13:00	450	452	451	449	446
14:00	370	372	372	364	370
Time Measure	Tinggi Gel. (mm)				
	6	7	8	9	10
09:00	312	308	309	310	315
10:00	292	412	284	288	288
11:00	330	330	661	326	324
12:00	312	310	315	311	311
13:00	449	454	450	445	444
14:00	371	371	377	369	371

Hasil pengukuran dari tinggi gelombang laut didapat tinggi bukit 449 mm pada jam 13:00 WIB dan tinggi lembah 300 mm pada jam 10:00 WIB, didapat *average* 346 mm.

Rotasi Generator

Pengambilan data dari rotasi generator pada percobaan 1 dengan menempelkan stik sensor tachometer ke as generator, rotasi generator jam 09:00 WIB terbaca 180.6 Rpm, rotasi generator jam 14:00 WIB terbaca 220.6 Rpm.



Gambar 13. Rotasi generator

Tabel 12. Rotasi generator.

Time Measure	Rotasi Generator (Rpm)				
	1	2	3	4	5
09:00	181	183	184	182	185
10:00	105	106	108	107	108
11:00	180	182	189	182	183
12:00	132	134	135	136	132
13:00	256	254	254	259	260
14:00	221	226	226	228	225

Time Measure	Rotasi Generator (Rpm)				
	6	7	8	9	10
09:00	487	184	185	181	183
10:00	109	111	110	104	106
11:00	183	184	184	185	181
12:00	143	132	138	139	137
13:00	263	261	261	257	259
14:00	229	224	224	221	227

Hasil pengukuran dari rotasi generator tertinggi 258 Rpm pada jam 13:00 WIB dan terendah 107 Rpm pada jam 10:00 WIB, didapat *average* 182 Rpm.

Tegangan Generator

Pengambilan data dari tegangan generator pada percobaan 1 jam 09:00 WIB dengan Avometer terbaca 10.49 V, tegangan generator jam 14:00 WIB terbaca 13.62 V.



Gambar 14. Tegangan generator

Tabel 13. Tegangan generator.

Time Measure	Tegangan Generator (V)				
	1	2	3	4	5
09:00	11.8	11.7	11.5	11.9	11.7
10:00	10.5	10.5	10.6	10.8	10.5
11:00	13.6	13.4	13.7	13.6	13.8
12:00	10.5	10.5	10.8	10.5	10.7
13:00	14.5	14.5	14.4	14.5	14.5
14:00	14.3	14.4	14.5	14.3	14.3

Time Measure	Tegangan Generator (V)				
	6	7	8	9	10
09:00	11.5	11.8	11.9	11.8	11.7
10:00	10.5	10.5	10.4	10.4	10.8
11:00	13.6	13.4	13.6	13.4	13.7
12:00	10.3	10.6	10.7	10.5	10.8
13:00	14.5	14.5	14.8	13.9	13.8
14:00	14.5	14.5	14.3	14.4	14.1

Hasil pengukuran dari tegangan generator tertinggi 14.37 V pada jam 13:00 WIB dan terendah 10.55 V pada jam 10:00 WIB, didapat *average* 12.53 V.

Arus Generator

Pengambilan data arus generator pada percobaan 1 jam 09:00 WIB dengan menggunakan Avometer terbaca 0.952 A, pada jam 14:00 WIB terbaca 0.952A.



Gambar 15. Arus generator

Tabel 14. Arus generator.

Time Measure	Arus Generator (A)				
	1	2	3	4	5
09:00	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
10:00	0.8	0.9	0.8	0.9	0.9
11:00	1.0	1.0	1.1	1.0	1.1
12:00	0.9	1.1	0.9	0.8	0.9
13:00	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3
14:00	1.2	1.3	1.2	1.1	1.4

Time Measure	Arus Generator (A)				
	6	7	8	9	10
09:00	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
10:00	0.8	0.9	0.8	0.9	0.9
11:00	1.0	1.0	1.1	1.0	1.1
12:00	0.9	1.1	0.9	0.8	0.9
13:00	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3
14:00	1.2	1.3	1.2	1.1	1.4

09:00	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0
10:00	0.8	0.7	0.8	0.9	0.9
11:00	1.0	1.1	1.0	1.1	1.1
12:00	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9
13:00	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4
14:00	1.2	1.2	1.3	1.2	1.1

Hasil pengukuran arus listrik generator tertinggi 1.37 A pada jam 13:00 WIB dan terendah 0.83 A pada jam 10:00 WIB, *average* 1.06 A.

Tegangan Masukan Inverter

Pengambilan data tegangan dan arus inverter dengan kondisi tidak berbeban dan pada beban 100 W dengan dua metode display dan Avometer.



Gambar 16. Tegangan masukan inverter



Gambar 17. Perbandingan tegangan masukan inverter

Tegangan input inverter terbaca pada display 12.7 V dan Avometer 12.78 V pada beban 10 W, terbaca di display 12.4 V dan Avometer 12.50 V pada beban 50 W, terbaca di display 12.1 V dan Avometer 12.29 V pada beban 100 W. Pada kondisi nol beban sampai pada beban 100 W, selisih tegangan 0.1 V antara display 12.4 V dengan Avometer 12.5 V.

Tabel 15. Tegangan keluaran inverter.

Load (watt)	Tegangan Display (V)			
	1	2	3	AVG
0	12.8	12.8	12.8	12.8
10	12.7	12.7	12.7	12.7
20	12.6	12.6	12.6	12.6
30	12.5	12.5	12.5	12.5
40	12.5	12.5	12.5	12.5
50	12.4	12.4	12.4	12.4
60	12.3	12.3	12.3	12.3
70	12.2	12.2	12.2	12.2
80	12.2	12.2	12.2	12.2
90	12.1	12.1	12.1	12.1
100	12.1	12.1	12.1	12.1
Average Tegangan Display (V)				12.40
Load (watt)	Tegangan Avometer (V)			
	1	2	3	AVG
0	12.90	12.90	12.90	12.90
10	12.78	12.78	12.70	12.75
20	12.69	12.66	12.70	12.68
30	12.62	12.63	12.19	12.58
40	12.56	12.60	12.51	12.54
50	12.50	12.49	12.41	12.47
60	12.46	12.44	12.39	12.43
70	12.41	12.39	12.29	12.36
80	12.36	12.32	12.29	12.32
90	12.32	12.25	12.27	12.28
100	12.29	12.27	12.11	12.22
Average Tegangan Avometer (V)				12.50

Arus Masukan Inverter

Arus input inverter terbaca di display 1.65 A dan Avometer 1.73 A pada beban 10 W, terbaca di display 5.28 A dan Avometer 5.46 A pada beban 50 W, terbaca di display 10.40 A dan Avometer 12.57 A pada beban 100 W. Arus input inverter dengan kondisi nol beban sampai pada beban 100 W, selisih arus display 5.55 A dan Avometer 5.79 A adalah 0.25 A.



Gambar 18. Perbandingan arus masukan inverter

Tabel 16. Arus keluaran inverter.

Load (watt)	Arus Display (A)			
	1	2	3	AVG
0	0.85	0.85	0.85	0.85
10	1.65	1.63	1.66	1.65
20	2.66	2.66	2.65	2.66
30	3.60	3.55	3.57	3.57
40	4.58	4.60	4.61	4.60
50	5.28	5.30	5.29	5.29
60	6.58	6.52	6.55	6.55
70	7.30	7.38	7.34	7.34
80	8.48	8.52	8.47	8.48
90	9.62	9.70	9.65	9.64
100	10.4	10.4	10.4	10.4
Average Arus Display (V)				5.55
Load (watt)	Arus Avometer (A)			
	1	2	3	AVG
0	0.89	0.89	0.89	0.89
10	1.73	1.74	1.76	1.74
20	2.64	2.64	2.65	2.64
30	3.55	3.56	3.70	3.61
40	4.50	4.51	4.51	4.51
50	5.46	5.47	5.41	5.45
60	6.50	6.58	6.53	6.54
70	7.58	7.61	7.71	7.63
80	8.73	8.76	8.80	8.76
90	10.19	10.21	10.21	10.30
100	11.57	11.78	11.65	11.67
Average Arus Avometer (V)				5.79

Tegangan Keluaran Inverter



Gambar 19. Perbandingan tegangan keluaran inverter

Tegangan output inverter terbaca di display 226 V dan Avometer 223.1 V pada beban 10 W, terbaca di display 223 V dan Avometer 220.8 V pada beban 50 W, terbaca di display 217 V dan Avometer 207.1 V dengan total beban 100 W. Pengukuran tegangan output inverter dengan kondisi nol beban sampai pada beban 100 W, terdapat selisih tegangan antara

display 222.3 V dengan Avometer 220.8 V adalah -1.5 V.

Tabel 17. Tegangan keluaran inverter.

Load (watt)	Tegangan Display (V)			
	1	2	3	AVG
0	227	227	227	227.0
10	226	226	226	226.0
20	225	225	225	225.0
30	224	224	223	223.7
40	224	223	223	223.3
50	223	223	222	222.7
60	222	221	221	221.3
70	221	220	220	220.3
80	220	220	221	220.0
90	219	218	218	218.3
100	217	218	217	217.3
Average Tegangan Display (V)				222.3
Load (watt)	Tegangan Avometer (V)			
	1	2	3	AVG
0	225.0	225.0	225.0	225.0
10	223.1	223.9	223.9	223.6
20	222.9	223.1	222.6	222.9
30	222.2	222.7	222.1	222.3
40	221.5	221.9	221.2	221.5
50	220.8	220.1	220.7	220.5
60	220.0	220.6	220.1	220.3
70	219.3	219.8	219.1	219.4
80	218.5	217.8	218.3	218.5
90	217.8	217.8	217.1	217.6
100	217.1	217.3	217.8	217.4
Average Tegangan Avometer (V)				220.8

Arus Output Inverter



Gambar 20. Perbandingan arus keluaran inverter

Arus listrik output inverter terbaca di Avometer 0.048 A pada beban 10 W, terbaca 0.240 A pada beban 50 W, terbaca 0.481 A pada beban 100 W, average 0.24 A

Tabel 17. Arus keluaran inverter.

Load (watt)	Arus Display (A)			
	1	2	3	AVG
0	0	0	0	0
10	0.048	0.048	0.047	0.05

20	0.097	0.096	0.098	0.10
30	0.146	0.146	0.146	0.15
40	0.193	0.192	0.194	0.19
50	0.240	0.242	0.239	0.24
60	0.289	0.286	0.287	0.29
70	0.337	0.338	0.335	0.34
80	0.384	0.387	0.389	0.38
90	0.432	0.433	0.432	0.43
100	0.481	0.485	0.485	0.48
Average Arus Display (V)				0.24

KESIMPULAN

Mengacu pada CNN Indonesia: tegangan baterai terbaca 13.3 V pada MS20-12 kondisi tersebut masih dinyatakan normal tegangan karena berada diantara batas (12.6 V s/d 13.7 V). Setiap pengukuran dilakukan 10 kali dengan 6 kali percobaan di waktu berbeda dari jam 09:00-14:00 WIB. Rata-rata hasil dari 10 kali pengukuran dari jam 09:00-14:00 WIB yang berbeda didapat: 1) tinggi gelombang laut 346 mm, 2) rotasi generator 182 Rpm, 3) tegangan generator 12.53 V, 4) arus generator 1.06 A. Rata-rata selisih hasil antara display dengan Avometer dari kondisi beban 0-100 W didapat: 1) tegangan input inverter 0.1 V, 2) arus input inverter 0.25 A, 3) tegangan output inverter -1.5 V, 4) arus output inverter 0.24 A.

REFERENSI

- Adafish, S.R., Pratiwi, A.F. & Rahmat, S. (2020). Rancangan Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Sistem Oscillating Water Column. *Jurnal Program Studi Teknik Listrik*.
- Arifuddin, K. (2016). Rancang Bangun Inverter Untuk Fitting Lampu AC Dengan Menggunakan Sumber Baterai DC 12 V. *Jurnal Teknik Elektro*. Universitas Lampung. Bandar Lampung..
- Gufron, M., Istiroyah, Perwita, C.A. & Permata, K.B. (2017). Analisa Efisiensi Energi Flow Baterai Lead Acid Keadaan Statis dan Dinamis. *Jurnal Teknik Elektro*.
- Herlambang, H.Y. (2018). Perancangan Pembangkit Listrik Alternatif Menggunakan Overtopping Taperd Channel di Pantai Utara Kabupaten Sika NTT Sebagai Upaya Pemenuhan Rasio Elektrifikasi di Indonesia Timur. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*.
- Irasari, P., & Idayanti, N. (2009). Aplikasi Magnet Permanen BaFe12O19. *Indonesian Journal of Materials Science, 11(1), 38-41*.
- Mulyabakti, C. & Mamoto, J. D. (2016). Analisa Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Timur Kabupaten Minahasa Utara, *Jurnal Nasional*.
- Mundus, R. & Khwee, KH. (2018). Rancangan Bangun Inverter Dengan Menggunakan Sumber Baterai DC 12 V. *Jurnal Teknik Elektro*.
- Saragih, M.B.R. (2017). Analisa Potensi Gelombang Laut Sebagai Sumber Energi Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Sistem Oscillating Water Colum (OWC), *Jurnal Nasional Teknik Elektro*.
- Tsuda, T., Fukami, T., Kanamaru, Y. & Miyamoto, T. (2007). Effects of the Built-in Permanent Magnet Rotor on the Equivalent Circuit Parameters of a Permanent Magnet Induction Generator. *IEEE Transactions on*

Energy Conversion, 22(3), 798–799.
Jurnal Teknik Elektro.

Wijaya, I.W.N (2010). Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Sistem Teknologi Oscilating Water Column, Jurnal Nasional Teknik Elektro.

Zikir, N.M. (2016). Perancangan Pembangkit Listrik Dengan Mengkonversi Motor Induksi Sebagai Generator Induksi Magnet Permanent. Jurnal Teknik Elektro.