

Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Gelombang Air Laut Dengan Tenaga Angin untuk Suplay Listrik di Daerah Pantai

Yusuf Tamtama¹, Sri Wahyuono², Aris Heri Andriawan³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118

Telp. (031) 5931800. Fax. (031) 5927817

Email: yusuftamtama@gmail.com,

wahyu.renamber@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan akan energi listrik di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun yang sebagian besar bersumber dari energi fosil, sehingga untuk mengantisipasi terjadinya penurunan ketersediaan energi fosil, dilakukan penelitian dengan tujuan untuk membuat desain rancang bangun pembangkit listrik tenaga hybrid gelombang air laut dengan tenaga angin untuk supply listrik di daerah pantai. Penelitian ini dilakukan di pantai Lamongan di mana pembangkit listrik dirancang menggunakan pembangkit listrik tenaga angin, pembangkit listrik tenaga gelombang laut, control hybrid dan baterai. Analisis dilakukan secara berkelanjutan setiap dilakukannya uji coba alat berdasarkan gambar skema dari sistem. Hasil dari penelitian adalah bahwa pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan generator 100 watt yang mengalami keadaan beban puncak pada pukul 16.00 dengan menghasilkan tegangan 12.9V, arus 1.6A dan daya 20.64 watt. Sedangkan wind generator yang digunakan sebesar 450W menghasilkan tegangan 17.3 V, arus 0.75A, dan daya 12.975 watt dengan kecepatan angin pada saat pengukuran tertinggi 15.9 m/s. Besaran keluaran yang dihasilkan ke beban maksimal sebesar 450 watt. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah agar menghasilkan sumber tegangan yang maksimal maka perlunya pemerhatian pemilihan generator dan kincir terhadap lokasi atau tempat yang akan digunakan baik dari keadaan gelombang laut maupun kondisi angin, serta lebih baik menggunakan baterai dengan arus yang besar untuk mengantisipasi inputan sistem hybrid yang kurang maksimal.

Kata kunci: Baterai, Control Hybrid, Pembangkit Listrik Tenaga Angin, Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Listrik merupakan salah satu sumber energi yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Namun sumber energi listrik dewasa ini kebanyakan masih menggunakan bahan bakar fosil yang natabene merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui. Dan lama-kelamaan energi fosil tersebut akan habis, Maka perlu adanya sumber energi yang terbarukan untuk mengganti bahan bakar fosil tersebut seperti cahaya matahari, angina, gelombang laut, dan lain-lain.

Energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik, salah satunya adalah gelombang air laut. Gelombang laut merupakan gerakan naik turunnya air laut dengan perpindahan masa air yang disebabkan oleh angin. Di laut, angin dikenal dengan dua istilah yaitu angin darat dan angin laut. Angin darat merupakan angin yang bergerak dari darat menuju laut, biasanya terjadi pada malam hari karena perbedaan tekanan antara di

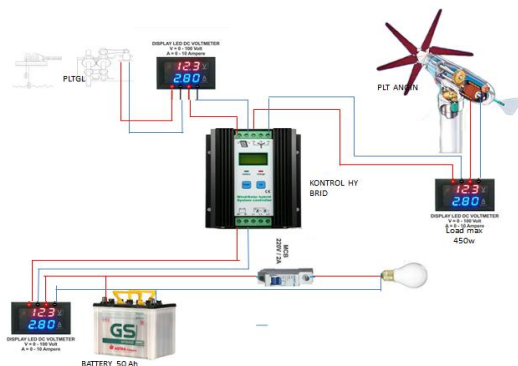
laut dengan di darat, sedangkan angin laut merupakan angin yang bergerak dari laut ke darat yang terjadi pada siang hari karena pada saat siang hari tekanan udara di darat lebih rendah dari pada di laut. Energi terbarukan ini cocok untuk dikembangkan di Indonesia.

energi angin dan energi gelombang laut sangat cocok untuk sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid*. Sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* merupakan sistem yang menggabungkan beberapa sumber energi untuk memasok energi listrik ke beban dengan pemanfaatan energi gelombang air laut dan angin sebagai energi alternatif, sehingga ketergantungan terhadap energi fosil dapat dikurangi dan pemanfaatan terhadap teknologi berbasis *hybrid* ini tentunya bisa meningkatkan produksi energi untuk tercapainya sebuah efisiensi dalam berbagai hal dan tentunya diharapkan tidak akan menimbulkan polusi dampak lingkungan yang berbahaya bagi pengguna maupun masyarakat sekitar lingkungan.

Sistem pembangkit energi *hybrid* yang di buat ini, memadukan antara sumber energi listrik alternatif dari gelombang air laut dan kincir angin, di mana kedua sumber energi listrik ini akan bekerja secara bergantian maupun bersamaan. Dengan keadaan sumber tegangan dari PLT-GL dan PLT-Angin terhubung ke *control hybrid* lalu ke baterai dan selanjutnya ke beban. Dalam sistem kerja dari kedua perangkat, yang sangat penting yaitu ada pada alat control, di mana alat tersebut akan bekerja tergantung input dari masing-masing sumber untuk dapat digunakan pada beban. Pada *control hybrid* yang sudah di desain ini, akan sangat sensitif terhadap masukan maupun keluaran yang akan dipakai terhadap beban, di mana satu sumber ataupun kedua sumber dapat dikerjakan secara bersamaan, sehingga keamanan terhadap peralatan yang ditunjang dari sumber tersebut terjamin.

2.1 DESAIN SISTEM

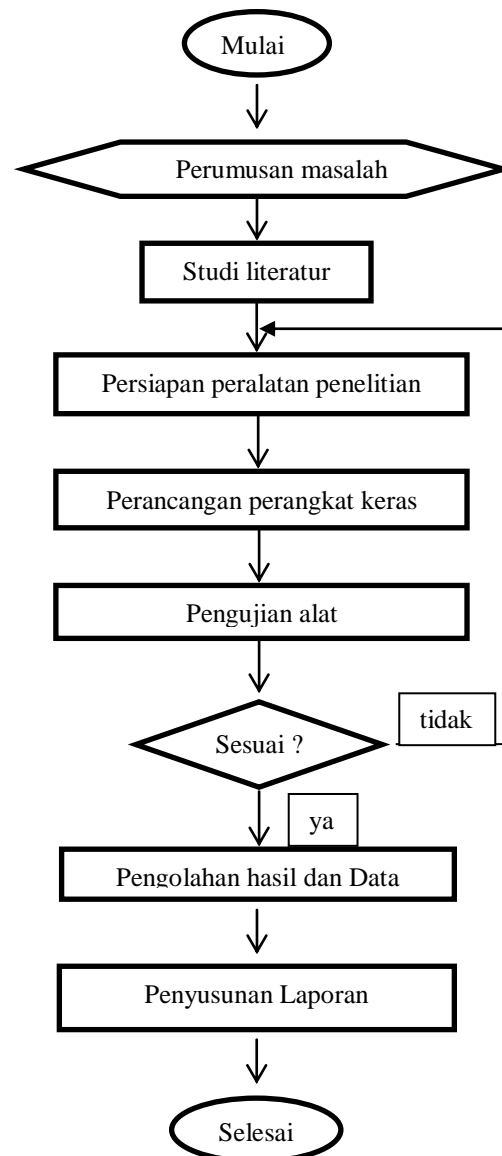
Desain system pembangkit listrik tenaga hybrid gelombang air laut dengan tenaga angin adalah sebagai berikut:



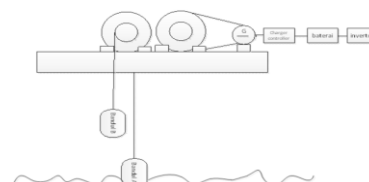
Gambar 3.1 Desain Sistem PLTH

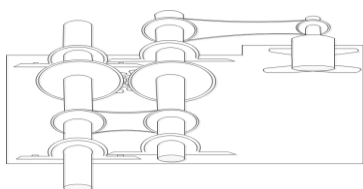
Sistem kerja dari desain hybrid tersebut adalah energi listrik yang dihasilkan dari PLT-GL dan PLT-angin tersebut output yang dihasilkan dimasukkan ke display LCD volt meter untuk diketahui berapa tegangan dan arus yang dihasilkan. ketika salah satu dari pembangkit tersebut menghasilkan tegangan diatas 12 volt maka control hybrid akan mencharger baterai. Dan ketika ke dua pembangkit tersebut sama-sama menghasilkan tegangan diatas 12 volt maka control hybrid akan mengambil rata-rata dari kedua tegangan tersebut untuk mencharger baterai. Kemudian energi listrik yang sudah tersimpan dalam baterai siap digunakan untuk menyalakan lampu dengan tegangan DC.

2.2 Block Diagram



2.1. Desain Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut





Gambar 1. Desain Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Air Laut

Komponen dari PLT-GL sebagai berikut:

1. Bandul/Pelampung
2. 4 Buah Bearing
3. Lembaran Plat Besi
4. 2 Buah Besi AS
5. 2 Buah Gear box/Roda Gigi Lurus
6. 2 Buah Gear Sepeda dan Rantainya
7. 2 Buah Pulley
8. Generator DC
9. V-Belt

System kerja dari PLT-GL tersebut adalah energi kinetik yang dihasilkan dari gelombang laut akan menggerakkan bandul naik turun sesuai dengan tinggi rendahnya gelombang laut tersebut. Kemudian bandul tersebut dihubungkan dengan gear box yang sudah dihubungkan dengan pully sehingga pully bisa berputar. V-Belt digunakan untuk menghubungkan pully gear box dengan pully generator sehingga generator bisa berputar sesuai dengan tinggi rendah serta kecepatan dari gelombang laut tersebut. Daya yang dihasilkan oleh Pembangkit listrik tenaga gelombang laut tersebut dipengaruhi oleh tinggi, cepat rambat gelombang laut serta perbandingan besar kecilnya antara pully gear box dengan pully generator. Semakin tinggi dan cepat gelombang laut serta semakin besar pully gear box dan semakin kecil pully generator maka daya yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga gelombang laut akan semakin besar

Teori yang mendasari terbentuknya GGL induksi pada generator ialah Percobaan Faraday. Percobaan Faraday membuktikan bahwa pada sebuah kumparan akan dibangkitkan GGL Induksi apabila jumlah garis gaya yang diliputi oleh kumparan berubah-ubah.

$$E_a = c.n.\Phi$$

- Dimana :
- c = Jumlah Lilitan
 - Φ = Fluks Magnet
 - E_a = Tegangan Imbas, GGL (Gaya Gerak Listrik)
 - n = kecepatan putar generator

2.2. Desain Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Berikut ini adalah desain dari PLT-Angin



Gambar 2 Wind Generator

Secara sederhana energi potensial yang terdapat pada angin dapat memutar sudu-sudu pada kincir angin yang pada poros sudu tersebut sudah terhubung dengan generator, sehingga ketika sudu berputar karena tiupan angin maka secara otomatis akan memutar enerator dan menghasilkan listrik.

Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Angin :
Blades, Brake, Controller, Gear box, Generator, High-speed shaft, Low-speed shaft, Nacelle, Pitch, Rotor, Tower, Wind direction, Wind vane, Yaw drive, Yaw motor

Daya angin merupakan (watt) yang dibangkitkan oleh angin tiap luasan. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= \text{kerja/waktu} \\ &= \text{energi kinetik/waktu} \\ &= \frac{1}{2} \times m \times v^2/t \\ &= \frac{1}{2} \times (\rho \times A \times d) \times V^2/t \\ &= \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^2 \times (d/t) \\ &= \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3 \end{aligned} \quad d/t = v$$

Keterangan: m = massa (kg)
Daerah sapuan (A) = $\pi \cdot R^2$ (m²)
Kerapatan udara (ρ) = 1,2 kg/m³

2.3. Desain Kontrol Hybrid



Gambar 3 Kontrol hybrid

Control hybrid ini berfungsi untuk mengontrol energy listrik yang dihasilkan dari ke dua pembangkit tersebut yaitu pembangkit listrik tenaga angin dan pembangkit listrik tenaga laut dengan parameter tegangan. System kerja dari *control hybrid* ini yaitu ketika salah satu dari kedua pembangkit tersebut menghasilkan tegangan diatas 12 V maka *control hybrid* akan mengambil tegangan yang diatas 12 V tersebut. Ketika ke dua pembangkit tersebut sama-sama menghasilkan tegangan diatas 12 V maka *control hybrid* akan mengambil rata-rata tegangan dari kedua pembangkit tersebut. karena tegangan maksimal yang bisa di terima oleh *control hybrid* adalah 24 volt maka perlu penambahan *automatic voltage regulator (AVR)* dari *output* kedua pembangkit tersebut untuk mencegah *over voltage* dari *control hybrid*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut

Pengujian PLT-GL bertujuan untuk mengetahui pengaruh gelombang laut terhadap tegangan yang dihasilkan



Gambar 4 Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Air Laut

Tabel 1. Data Uji Coba PLT-GL

Waktu	V (V)	I (A)	Tinggi Gelombang (cm)	Σ Gelombang	Rpm (Mnt)
09.00	10.5	1.2	39	32	166

10.00	12.6	1.3	44	34	199
11.00	14.2	1.1	48	35	224
12.00	13.8	1.4	51	32	217
13.00	15.9	1.2	57	33	250
14.00	18.7	1.4	63	35	294
15.00	19.2	1.3	67	34	303
16.00	21.1	1.6	71	35	331

Berdasarkan data pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa jumlah serta tinggi gelombang sangat berpengaruh terhadap kecepatan putar generator sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh generator

3.2 Pengujian Wind Generator

Pengujian PLT-Angin bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan angin terhadap tegangan yang dihasilkan oleh PLT-Angin



Gambar 5 PLT-Angin

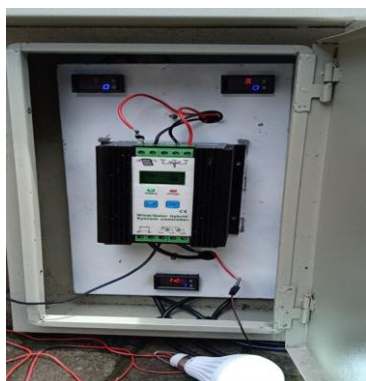
Tabel 2. Data Uji Coba PLT-Angin

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan angin	Rpm (Mnt)
09.00	12.9	1.03	11.2	12.9
10.00	13.7	1.09	12.3	13.7
11.00	14.2	1.14	12.9	14.2
12.00	15.8	1.12	14.4	15.8
13.00	16.4	0.97	15.1	16.4
14.00	15.2	0.84	14.1	15.2
15.00	16.8	0.79	15.3	16.8
16.00	17.3	0.75	15.9	17.3

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa, kondisi kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap kecepatan putar kincir angin, sehingga berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan oleh generator.

3.3 Pengujian Control Hybrid

Pengujian control hybrid bertujuan untuk mengetahui proses kinerja dari control hybrid tersebut



Gambar 6 Control Hybrid

Pengujian *Control Hybrid* bertujuan untuk mengetahui proses pengisian baterai. Baterai yang digunakan dalam penelitian ini adalah baterai jenis MF (*maintenance free*) 12 volt. Pengujian menggunakan tegangan masukkan dari kedua sumber dan kemudian di searahkan menuju ke baterai. Data uji coba *control hybrid* terdapat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Uji Coba Control Hybrid

Waktu	V (V) (Plt - Gl)	I (A) (Plt- Gl)	V (V) (Plt- Angin)	I (A) (Plt- Angin)	V (V) (Hybrid)	I (A) (Hybrid)
09.00	10.5	1.2	12.9	1.03	12.9	1.03
10.00	12.6	1.3	13.7	1.09	13.1	1.09
11.00	14.2	1.1	14.2	1.14	14.2	1.14
12.00	13.8	1.4	15.8	1.12	14.3	1.12
13.00	15.9	1.2	16.4	0.97	16.1	0.97
14.00	18.7	1.4	15.2	0.84	17.3	0.83
15.00	19.2	1.3	16.8	0.79	18.2	0.79
16.00	21.1	1.6	17.3	0.75	19.7	0.75

Dari data pada Tabel 3 diatas dapat disimpulkan bahwa pada jam 09.00-16.00 kontrol hybrid dapat mengisi baterai karena mengasilkan tegangan diatas 12V. Tegangan puncak terjadi pada pukul 16.00 karena air laut sudah mulai pasang dan angin sudah bertiup dengan kencang.

3.4 Pengujian Control Hybrid terhadap Baterai

Pengujian *control hybrid* bertujuan untuk mengetahui berapa lama proses charging baterai

serta tingkat kestabilan tegangan. Data hasil pengujian terdapat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Data Uji Coba Kontrol Hybrid terhadap baterai

WAKT U	V (VOLT) (HYBRID)	I (AMPERE) (HYBRID)	V (VOLT) (BATERAI)
09.00	12.9	1.03	10.4
10.00	13.1	1.09	10.6
11.00	14.2	1.14	10.9
12.00	14.3	1.12	11.3
13.00	16.1	0.97	11.6
14.00	17.3	0.83	11.9
15.00	18.2	0.79	12.4
16.00	19.7	0.75	12.8

Berdasarkan data pada Tabel 4 diketahui bahwa nilai arus pengisian pada baterai akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya nilai tegangan pada baterai. Tegangan baterai dapat dikatakan telah mencapai nilai tegangan maksimal (baterai penuh) dalam waktu 7 jam.

3.5 Pengujian Seluruh Sistem

Pengujian seluruh system bertujuan untuk menguji apakah system yang ada dalam PLTH tersebut sudah berjalan dengan semestinya



Gambar 7 Hasil Rancang Bangun Alat

Pada kontrol sistem *hybrid* ini bekerja berdasarkan 2 inputan dan mengeluarkan tegangan *output* sehingga dapat langsung dipakai terhadap beban. Apabila lebih dari 12V maka baterai juga dapat diberi pengisian tegangan. Berdasarkan perencanaan yang telah dibuat, besaran keluaran yang dihasilkan ke beban maksimal 450 watt.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rancang bangun alat yang kami buat dalam rangka sebagai bahan pembelajaran dan untuk tugas akhir maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu,

- 1) Sistem hybrid terdiri atas pembangkit listrik tenaga gelombang laut dan wind generator.

pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan generator dengan daya 100 watt, tegangan 24 volt dan arus 5 Ampere dan mengalami keadaan beban puncak pada pukul 16.00 dengan menghasilkan tegangan 12.9V, arus 1.6A dan daya. Sedangkan wind generator yang digunakan sebesar 450W menghasilkan tegangan 17.3 V, arus 0.75A, dan kecepatan angin pada saat pengukuran tertinggi 15.9 m/s.

- 2) Penggunaan baterai dengan besar 45Ah/12V dapat menerima inputan ketika tegangan sudah mencapai 12V.
- 3) Pengontrolan hybrid dapat bekerja menerima 2 sumber inputan dengan parameter yang terbaca yaitu tegangan (V), dari kedua sumber serta dapat mencharger baterai secara automatic dengan memilih sumber yang terbesar atau mengambil rata-rata tegangan dari kedua sumber ketika keduanya menghasilkan tegangan diatas 12 volt.

5. SARAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian alat yang sudah kami selesaikan maka dapat diambil beberapa saran, diantaranya:

- 1) Untuk menghasilkan sumber tegangan yang maksimal maka perlunya pemerhatian pemilihan generator dan kincir terhadap lokasi atau tempat yang akan digunakan baik dari keadaan gelombang laut dan kondisi angin.
- 2) Perlu adanya penambahan AVR pada kedua output dari pembangkit listrik tenaga gelombang laut dan pembangkit listrik tenaga angin untuk mengantisipasi tegangan yang *over voltage*.
- 3) Penggunaan baterai dengan arus yang besar sangat disarankan karena mempunyai daya penyimpanan yang lebih besar.

PUSTAKA

- [1] Nanda David Pranata dan Clarica Wirandy Putra, 2014. *Pemberdayaan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Untuk Spot Light Led*, Surabaya: Skripsi. Universitas 17 Agustus 1945surabaya
- [2] Almursyid, Hawanul Aini. Mangkurat, Brandon Bayu 2014. *Rancang bangun pembangkit listrik tenaga gelombang air laut system pelampung kapasitas 100w*, surabaya: skripsi. Universitas 17 Agustus 1945surabaya.
- [3] Wijaya, I. W. A. 2010. *Pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan teknologi oscillating water column di perairan bali*. Teknik elektro
- [4] Desriansyah. 2006. *Analisis Teknis Sudu Kincir Angina Tipe Horizontal Dari Bahan Fiberglass*, Indralaya
- [5] Irasari, pudji. 2008. *Metode Perancangan Generator Magnet Permanen 6tberbasis Pada Dimensi Stator Yang Sudah Ada*.LIPI Bandung
- [6] Budiman, Aris. *Desain Generator Magnet Permanen Untuk Sepeda Listrik*. Surakarta: Jurnal. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [7] Andika, surya.2013. *Makalah Generator DC*. Lampung: Makalah. Universitas Lampung
- [8] Wulandari, Triyas Ika. 2010. *Rancang Bangun Sistem Penggerak Pintu Air DenganMemanfaatkan Energi Alternatif Matahari*. Surabaya: Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh November
- [9] Hasyim asy'ari dkk. 2012. *Desain Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Turbin Hotizontal Dan Generator Magnet Permanen Tipe Axial Kecepatan Rendah*. Prosiding seminar nasional aplikasi sains dan teknologi (SNASTI) periode III ISSN 197-911X, Yogyakarta
- [10] Nanda David Pranata dan Clarica Wirandy Putra, 2014. *Pemberdayaan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Untuk Spot Light Led*, Surabaya: Skripsi. Universitas 17 Agustus 1945surabaya