

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dan Surya Sebagai Solusi Mengatasi Kelangkaan Energi Listrik Di Daerah Pesisir

Faqih Utsman¹, Bagus Catur Wibowo², Putri Meka Mutya Fhadilla³, Albert Ishac Einstein Simanjuntak⁴

^{1,2} Departemen Teknik Elektro, ³ Departemen Arsitektur, ⁴ Departemen Teknik Mesin

Universitas Diponegoro Semarang

¹faqih.utsman2@gmail.com, ²bagus.centur35@gmail.com, ³pmeka078@gmail.com, ⁴albertishacs@gmail.com

Abstract- Hybrid Power Plants are prototypes of ocean wave and solar power plants based on vertical rotors and solar panels. Hybrid Power Plants are motivated by petroleum production, the lack of equitable distribution of electrical energy on the most underdeveloped area in Indonesia, and the government's latest energy mix targets regarding solar and ocean wave energy. Based on the geographical location, Indonesia has the potential for ocean waves and solar energy. Hybrid Power Plants based on vertical rotors and solar panels aim to overcome the scarcity of electrical energy in coastal areas. The vertical rotors and solar panels in this prototype are influenced by the characteristics of the ocean wave height and the intensity of sunlight. In this program using the methods of literature study, design, manufacture of prototypes, and testing. The prototype has a working principle of converting solar energy into DC voltage, the DC voltage flows into Solar Charge Controller to be maximize battery charging. In addition, the vertical rotor converts the motion of ocean wave into AC voltage, the AC voltage flows into rectifier and filter to be a DC voltage that can be charged into battery. Both of which can then be used by fishermen for their daily electricity needs. The results of the solar panel test at 1 PM get the output with a voltage of 14.21V and a current of 2.46A. Meanwhile, from the vertical rotor simulation results, the output voltage data is 17.19V with a period of 0.03s. With the results of these tests, it is hoped that this prototype can be a solution

to overcome the scarcity of electrical energy in the coastal area and in the future it can be done to increase the prototype so that the output can be increased and can be used for many fishermen needs.

Keywords : Hybrid Power Plants, solar panels, vertical rotors, testing, rarity.

1. Pendahuluan

Indonesia darurat energi, tentunya masih banyak yang berpikir bahwa Indonesia adalah negara yang kaya akan sumber daya alamnya. Kita semua masih menganggap bahwa Indonesia sebagai penghasil minyak, gas, dan batu bara yang besar di dunia. Indonesia memang pernah mengalami boom minyak pada dekade 1980-an. Namun, hal itu sudah berakhir. Indonesia kini adalah net importir BBM. Diperkirakan, Indonesia pada tahun 2021 akan mengalami krisis minyak bumi. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2020, produksi minyak mentah dan kondensat Indonesia pada tahun 1996, yaitu 548.648.300 barel, sedangkan pada tahun 2019 hanya sebesar 273.494.800 barel. Tentunya hal ini sangat bertolak belakang dengan peningkatan konsumsi minyak bumi Indonesia.

Sebagai salah satu negara maritim yang ada di dunia, Indonesia memiliki luas lautan secara keseluruhan sekitar 5,9 juta km², terdiri dari 3,2 juta km² perairan teritorial dan 2,7 juta km² perairan ZEE (Zona Ekonomi Eksklusif). Keadaan wilayah seperti ini yang membuat Indonesia memiliki potensi kelautan yang

cukup besar. Hal ini seharusnya dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan kehidupan masyarakat yang bermukim di daerah pesisir. Pemerintah memiliki rencana pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan berdaya 35.000 Mega Watt dengan tujuan seluruh daerah di Indonesia dapat bebas dari krisis energi listrik, terkhusus untuk wilayah perbatasan atau pulau terluar dan pesisir yang menjadi garda terdepan Indonesia. Tetapi, hal ini tentunya tidak mudah untuk dicapai apalagi dengan kondisi pandemi COVID-19 yang saat ini sedang melanda Indonesia dan juga dunia. Masih banyak daerah pesisir yang belum dapat mencicipi energi listrik yang disediakan oleh pemerintah sehingga masyarakat pesisir harus memproduksi energi listrik secara swadaya dari mesin genset berbahan bakar energi fosil yang sangat tidak ramah lingkungan.

Berkurangnya produksi energi fosil terutama minyak bumi serta komitmen global dalam pengurangan emisi gas rumah kaca, mendorong pemerintah untuk meningkatkan peran energi baru dan terbarukan secara terus-menerus sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi yang dibuktikan dengan PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target bauran energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050. Berdasarkan data dari Direktorat Jendral EBTKE (Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi) didapat bahwa potensi terbesar energi terbarukan Indonesia pada energi surya dengan total 207,8 Giga Watt Peak dan laut Indonesia berpotensi menghasilkan daya dari energi gelombang laut sekitar 10 - 20 Kilo Watt/meter gelombang bahkan bisa mencapai 70 kilo Watt/meter gelombang di wilayah tertentu. Keadaan ini membuktikan bahwa perlunya suatu inovasi teknologi energi ramah lingkungan dan terbarukan yang berguna sebagai alternatif pengganti energi fosil untuk menghasilkan listrik.

Kedua energi ini apabila dikembangkan dan disatukan akan menjadi sebuah inovasi yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik untuk pemenuhan kebutuhan listrik di pemukiman daerah pesisir pada situasi pandemi COVID-19 terutama pada daerah tertinggal, terdepan, dan terluar (3T). Karena untuk

menjangkau daerah pesisir yang cukup jauh dari pusat kota serta akses menuju daerah tersebut yang buruk membuat pihak PLN sulit untuk melakukan distribusi listrik ke daerah pesisir tersebut. Dari permasalahan tersebut, ditawarkan sebuah inovasi yang berjudul “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dan Surya Sebagai Solusi Mengatasi Kelangkaan Energi Listrik Di Daerah Pesisir”. Konsep produk tersebut berfokus pada pembangkit listrik energi terbarukan dan ramah lingkungan untuk pemerataan energi listrik di daerah pesisir.

2. Landasan Teori

A. Vertical Rotor

Di dalam generator sinkron, diterapkan magnet permanen atau lilitan rotor yang dialiri arus untuk menghasilkan medan magnet pada rotor. Rotor generator umumnya diputar oleh prime mover di dalam stator dan menghasilkan medan magnet yang berputar pada mesin. Medan magnet putar inilah yang menginduksi tegangan tiga fasa dalam kumparan stator generator. Dalam Vertical Rotor, pergerakan rotor terjadi naik dan turun sehingga flux magnet memotong kumparan stator secara horizontal. Perubahan jumlah flux magnet yang memotong akan menghasilkan tegangan bolak-balik (AC) pada kumparan stator. Bentuk dari Vertikal Rotor dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Vertikal Rotor

B. Sel Surya

Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltaic, oleh karenanya dinamakan juga sel fotovoltaic (Photovoltaic cell – disingkat PV). Untuk mendapatkan tegangan listrik yang besar sesuai keinginan diperlukan beberapa sel surya yang

tersusun secara seri. Gabungan dari beberapa sel surya disebut Panel Surya atau modul surya. Susunan sekitar 10 - 20 atau lebih Panel Surya akan dapat menghasilkan arus dan tegangan tinggi yang cukup untuk kebutuhan sehari hari. Bentuk dari sel surya dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Sel Surya

C. Solar Charge Controller (SCC)

Peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke battery dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena batere sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya / solar cell. Bentuk umum dari SCC dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3 Solar Charge Controller (SCC)

D. Rectifier Filter

Rangkaian elektronika yang terdiri dari dioda penyearah. Rectifier digunakan untuk menahan gelombang negatif dari sumber AC dan melewati gelombang positifnya. Sehingga gelombang AC yang semula berbentuk sinusoidal akan menjadi setengah gelombang.

Rangkaian filter terdiri dari kombinasi antara L-C (induktor dan kapasitor). Kapasitor disini akan mengumpulkan muatan listrik kemudian akan dilepaskan ketika gelombang tegangan dari rectifier akan turun. Hal ini menyebabkan gelombang DC yang dihasilkan menjadi lebih stabil karena tidak mengalami drop tegangan yang tinggi. Akibat adanya kapasitor disini membuat gelombang arus

mendahului gelombang tegangan. Sehingga diperlukan induktor yang memiliki karakteristik arus yang tertinggal dari tegangan, untuk membuat arus pada sistem mengalir bersamaan dengan tegangannya. Komponen Rectifier Filter dirancang dalam satu rangkaian seperti pada Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 Rectifier dan Filter

E. Inverter

Perangkat elektronika daya yang dipergunakan untuk mengkonversi daya arus searah (DC, direct current) menjadi daya arus bolak balik (AC, alternating current) disebut inverter. Proses konversi tersebut dilakukan melalui penyaklaran terhadap saklar-saklar semikonduktor yang memungkinkan untuk mengatur magnitudo dan frekuensi penyaklaran dari inverter itu sendiri. Bentuk dari Inverter dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Inverter

3. Metode Penelitian Dan Perancangan Sistem

A. Tahap Perencanaan Sistem

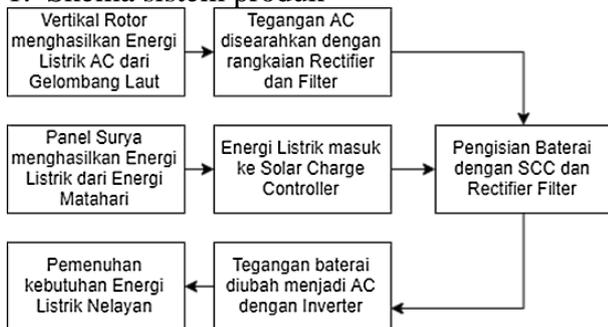
Pada tahap perencanaan ini yang dilakukan penulis yaitu :

1. Identifikasi Masalah, melakukan identifikasi masalah atau pendekatan yang berkaitan mengenai permasalahan kelangkaan energi listrik yang diakibatkan oleh bahan bakar minyak dari fosil yang lama kelamaan akan habis di masa mendatang. Selain itu mengusulkan inovasi produk karsa cipta pembangkit listrik *hybrid* sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan yang ada.

2. Studi Literatur, mencari dan mempelajari jurnal atau referensi lain yang terkait dengan penurunan produksi minyak bumi, potensi energi terbarukan, spesifikasi dan komponen produk, serta penelitian terdahulu. Selain itu mempelajari software Solidworks, PVSyst, dan FEM.
3. Perancangan Produk, perancangan produk menghasilkan desain 3D produk dari rancangan konsep yang telah dibuat menggunakan software Solidworks.
4. Pembuatan Produk, pembuatan produk dari rancangan konsep dan desain yang telah dibuat. Pembuatan produk terbagi menjadi tiga bagian, bagian atas mencakup panel surya, bagian tengah mencakup pelampung dan vertical rotor, dan bagian bawah mencakup kerangka dan pemberat.
5. Pengujian Produk, dilakukan dengan pengujian parsial dan integrasi. Pengujian parsial dilakukan dengan menguji masing-masing vertical rotor, panel surya, dan inverter. Setelah pengujian parsial, dilakukan pengujian integrasi dengan menyimulasikan vertical rotor dan panel surya.

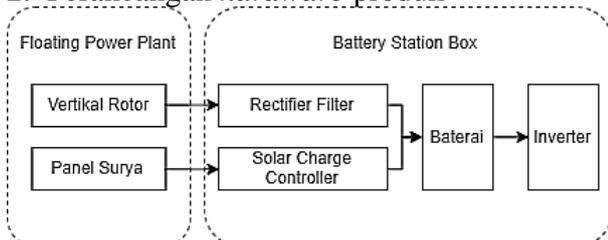
B. Perancangan Produk

1. Skema sistem produk



Gambar 3.1 Diagram Sistem Kerja Produk

2. Perancangan hardware produk



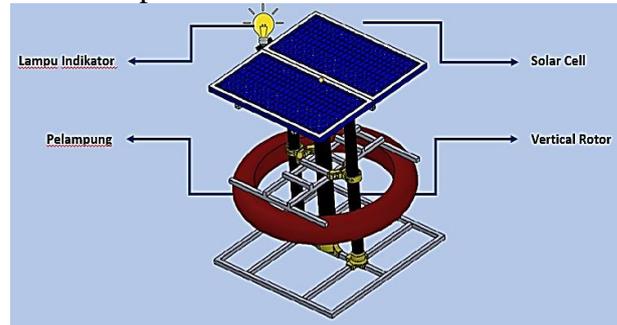
Gambar 3.2 Diagram Perancangan Produk

C. Tahap Desain Sistem

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap desain ini sebagai berikut :

1. Pemodelan Desain Mekanik

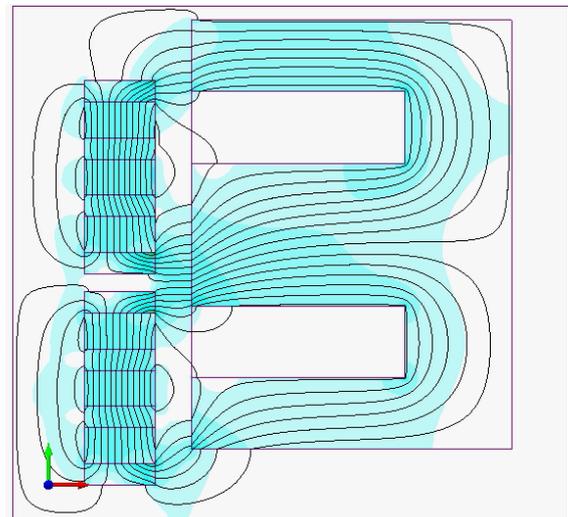
Pemodelan desain secara mekanik dilakukan dengan menggunakan software Solidworks, desain yang dirancang dalam skala laboratorium. Desain mekanik dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut:



Gambar 3.3 Desain Mekanik Produk

2. Pemodelan Desain Elektrik

Pemodelan desain vertical rotor dilakukan dengan menggunakan software berbasis Finite Element Method, membagi desain dalam bagian parsial untuk dikomputasikan secara menyeluruh. Desain vertical rotor digambarkan pada Gambar 3.4 sebagai berikut:



Gambar 3.4 Desain Elektrik Vertikal Rotor

3. Permodelan Panel Kontrol

Desain panel kontrol ditempatkan terpisah dari alat sehingga mudah dilakukan pengecekan pengisian baterai. Desain panel kontrol dapat dilihat pada Gambar 3.5 sebagai berikut:



Gambar 3.5 Desain Panel Kontrol

D. Tahap Implementasi

Pada tahap ini penulis merancang *hardware* dari desain yang telah dipersiapkan. Dengan membangun purwarupa sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut dan Tenaga Surya mampu mengetahui luaran yang dihasilkan dari produk. Alat yang dibutuhkan dalam merancang *hardware* antara lain sebagai berikut:

- 1) Panel Surya
- 2) Vertikal Rotor
- 3) Buoy / Pelampung
- 4) Kerangka Besi
- 5) Lampu Indikator
- 6) Panel Kontrol

4. Hasil Dan Pembahasan

A. Implementasi Produk

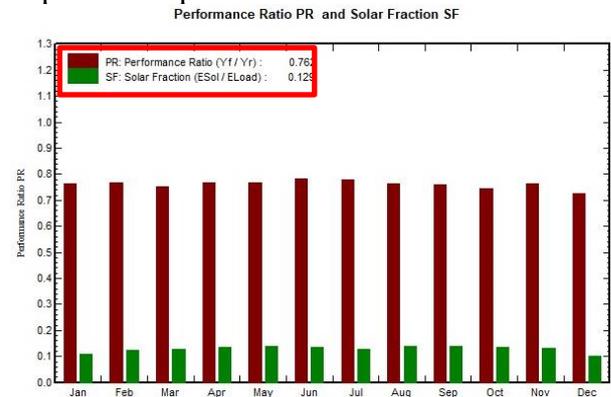
Perancangan produk dilakukan sesuai dengan desain mekanik dan elektrik. Perancangan dilakukan beberapa penyesuaian pada desain dengan mengoptimalkan pada fungsi dan efektivitasnya. Hasil perancangan produk dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4.1 Purwarupa Produk

B. Simulasi Panel Surya

Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software PVsyst* dengan mengkondisikan panel surya pada di kondisi yang sesuai dengan wilayah pesisir yang ada di Indonesia. Wilayah yang dipilih pada simulasi adalah Nusa Tenggara Timur. Hasil simulasi panel surya dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut:

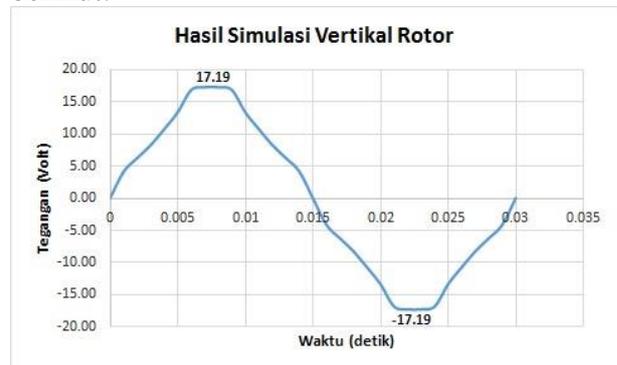


Gambar 4.2 Hasil Simulasi Panel Surya

Gambar 4.2 menunjukkan nilai *Performance Ratio* 0,762 atau sama dengan 76,2%. Nilai tersebut mencapai nilai standar International Energy Agency (IEA) yaitu 75%.

C. Simulasi Vertikal Rotor

Dengan menggunakan *software FEM* dilakukan simulasi dengan mengkondisikan vertikal rotor pada kondisi ideal, dimana aliran medan magnet mengalir tanpa gangguan dari luar. Hasil yang didapatkan dari simulasi vertikal rotor dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut:



Gambar 4.3 Hasil Simulasi Vertikal Rotor

Nilai tegangan yang didapatkan berupa gelombang tegangan AC dengan tegangan maksimal sebesar 17.19V dan periode 0.03dtk sehingga frekuensi yang didapat adalah 33.3Hz.

D. Hasil Pengujian Produk

Implementasi produk yang telah dirancang dapat dilakukan pengujian tegangan sebagai bentuk keluaran produk yang akan

dimanfaatkan, hasil pengujian produk dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut:



Gambar 4.4 Hasil Pengujian Produk

Tegangan tertinggi didapatkan pada pukul 12:15 dengan nilai 211 V, nilai tegangan yang dihasilkan masih memenuhi standart rentang besar tegangan listrik di Indonesia yaitu 209 – 242 Volt.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Produk ini merupakan alat yang mengubah energi surya dan gelombang laut dengan tujuan untuk membantu masyarakat pesisir menangani kelangkaan energi listrik
2. Energi mekanik dari gelombang laut diubah menjadi energi listrik oleh vertikal rotor
3. Energi matahari diubah menjadi energi listrik oleh panel surya
4. Hasil pengujian mencapai nilai yang melebihi standar sehingga alat layak dioperasikan

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2020. Produksi Minyak Bumi dan Gas Alam 1996-2019. <https://www.bps.go.id/statictable/2009/06/15/1092/produksi-minyak-bumi-dan-gas-alam-1996-2019.html>. Diakses tanggal 06 Februari 2021.
- Choy, W. 2014. *Organic Solar Cells : Materials and Device Physics*. Edisi 2013. Springer. England
- Ditjen EBTKE. 2019. Peluang Besar Kejar Target EBT Melalui Energi Surya. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2019/09/26/2348/peluang.besar.kejar.target.ebt.melalui.energi.surya>. Diakses tanggal 07 Februari 2021.
- Menteri ESDM. 2006. *Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2006 – 2025*.

<http://www.esdm.go.id>. Diakses tanggal 09 Februari 2021.

- Pemerintah Provinsi Jawa Barat. 2017. *Indonesia Negara Maritim dengan Kepulauan Terbesar di Dunia*. <https://jabarprov.go.id/index.php/news/25632/2017/11/03/Indonesia-Negara-Maritim-dengan-Kepulauan-Terbesar-di-Dunia>. Diakses tanggal 17 Februari 2021.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 Kebijakan Energi Nasional. 17 Oktober 2014. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 300. Jakarta.
- Purwoto, B.H., Jatmiko., Fadilah, M.A., & Huda, I.F. 2018. Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*. 18 (1):10-14.
- Saputra, I.P.I dkk. 2019. Perancangan PLTS untuk Perahu Nelayan Tradisional Sebagai Pengganti Genset. *Jurnal Spektrum*. 6 (4):102-109