

# ANALISIS INTEGRASI PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID DI WILAYAH DAERAH PANTAI TASIKMALAYA SELATAN MENGGUNAKAN APLIKASI HOMER

Mohammad Ghiyast Fathurrachman<sup>1</sup> Nundang Busaeri<sup>2</sup> Nurul Hiron<sup>3</sup>  
 Program Studi Teknik Elektro, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia<sup>1,2,3</sup>  
 email: 177002049@student.unsil.ac.id

## Abstract

Cipatujah is located in the southern part of Tasikmalaya Regency facing the Indian Ocean. The results obtained by simulation using HOMER, the on-grid hybrid power plant system planning in the Coastal Coast of Cipatujah District has potential energy that can be used as a source of electrical energy originating from solar panels and seawater wave turbines connected to the PLN network with a total production of 15-18 MW. /year the largest supplier is in the ocean wave power plant of the OWC system of 11,316,329-13,809,704 kWh / year.

**Keywords:** Hybrid Power Station, Homer Energy.

## Abstrak

Cipatujah terletak dibagian selatan Kabupaten Tasikmalaya yang berhadapan dengan Samudera Hindia. Hasil yang diperoleh dengan simulasi menggunakan HOMER, perencanaan sistem pembangkit listrik hybrid on grid di Pesisir Pantai Kecamatan Cipatujah memiliki potensi energi yang dapat digunakan sebagai sumber energi listrik yang berasal dari panel surya dan turbin gelombang air laut terhubung jaringan PLN dengan total produksi 15-18 MW /tahun pemasok terbesarnya ada di pembangkit listrik tenaga gelombang laut sistem OWC sebesar 11.316.329-13.809.704 kWh/Tahun.

**Kata Kunci:** Pembangkit Listrik Hybrid, Homer Energy

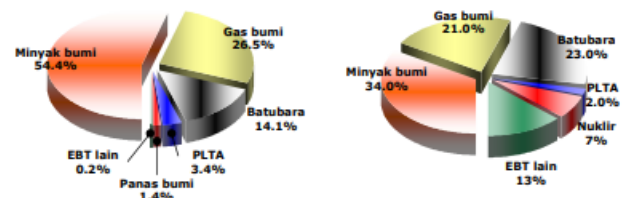
## I. PENDAHULUAN

Tuntutan pasokan energi pada masa sekarang yang dimana tidak bisa lepas dari hal yang namanya elektrifikasi menjadikan pasokan energi hal yang sangat vital dalam perputaran roda kehidupan, meningkatnya penduduk dan pertumbuhan ekonomi berbanding lurus dengan konsumsi energi masyarakat. Akan tetapi sebagian besar konsumsi energi itu tidak dipasok dari pembangkit listrik yang ramah lingkungan, karena masih banyak pembangkit yang menggunakan energi fosil. Karena itu dipandang sangat perlu untuk beralih ke energi baru terbarukan. Dengan target dari kementerian ESDM Pembangkit EBT sebesar 23% pada 2025 (ESDM, 2019). Cipatujah terletak dibagian selatan Kabupaten Tasikmalaya yang berhadapan dengan Samudera Hindia dan terletak diantara 7°43'42S dan 107°57'04E, dalam penyaluran hasil dari pembangkitan energi dari pembangkit EBT maksimal adalah 20% menurut PERMEN ESDM no.19 tahun 2016 pasal 15, maka untuk Cipatujah dari total beban 20,6917 MW hanya bisa dipenuhi sebesar 4,13834 MW saja

HOMER Energy adalah perusahaan perangkat lunak pemodelan microgrid terkemuka di dunia. Perangkat lunak microgrid HOMER (*Hybrid Optimization Model for Electric Renewables*). Salah satu tool populer untuk desain sistem PLH menggunakan energi terbarukan. HOMER mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik stand-alone (*off grid*) maupun *grid-connected* yang dapat terdiri dari kombinasi pembangkit listrik konvensional turbin angin, *photovoltaic*, *mikrohidro*, *biomassa*, *generator* (diesel/bensin), *microturbine*, *fuel-cell*,

baterai, dan penyimpanan hidrogen, melayani beban listrik maupun termal. (LLC, 2018).

Kemampuan untuk melakukan usaha adalah definisi energi, yang merupakan konsep abstrak yang sulit untuk dibuktikan tetapi dapat dirasakan. Karena pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pola penggunaan energi yang terus meningkat, kebutuhan energi di Indonesia maupun di seluruh dunia terus meningkat. Sedangkan seperti yang ditunjukkan pada GBR 1, ketersediaan energi fosil sangat terbatas dan terus menipis (*depletion:kehabisan*, makin berkurang), dan proses alam akan membutuhkan waktu yang sangat lama untuk dapat menyediakan energi fosil ini kembali 2007 (Daryanto).



Gbr 1. Energi Mix di Indonesia dan Dunia tahun 2005-2025 (Daryanto, 2007)

Posisi daratan Indonesia berada di garis khatulistiwa, menerima sinar matahari rata-rata 8 jam setiap hari dan intensitas radiasi matahari rata-rata 4,80 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Sumber energi matahari ini dapat diubah menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Surya, yang merupakan salah satu solusi pembangkit listrik alternatif. Sumber energi terbarukan, seperti sinar matahari (*solar energy*), melimpah dan hampir merata di seluruh Indonesia. Sel surya adalah

perangkat yang mampu secara langsung mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Sel surya juga dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atau sel PV. Energi surya merupakan sumber energi masa depan yang menguntungkan dan menjanjikan bagi lingkungan karena tidak ada polusi yang dihasilkan selama proses konversi energi serta sebagai sumber energi, Energinya banyak ditemukan di alam (Widianto et al., 2019).

Sumber energi surya/matahari di Indonesia dapat dikelompokkan berdasarkan dengan kawasan barat dan timur Indonesia. Kawasan barat Indonesia (4,5 kWh/m<sup>2</sup>.hari) dengan variasi bulanan sekitar 10% dan kawasan timur Indonesia 5,1 kWh/m<sup>2</sup>.hari dengan validasi bulanan 9% serta rata-rata Indonesia 4,8 kWh/m<sup>2</sup>.hari dengan validasi bulanan 9%. Potensi energi di Indonesia sekitar 4,8 kWh/m<sup>2</sup>.hari atau setara dengan 112000 GWp.

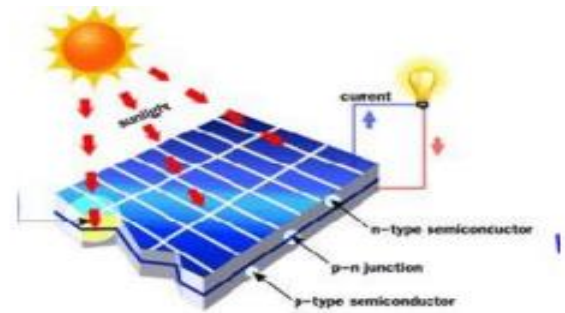
HOMER menghitung bahwa daya pada PV dapat dihitung dengan pendekatan matematika. Aplikasi HOMER sebagai pengolah data dan kalkulasi menghitung keluaran daya PV menggunakan persamaan berikut:

$$W_p = V \cdot I \quad (1)$$

Silikon kristal adalah bahan sel surya yang paling banyak digunakan saat ini, silikon kristal merupakan bahan yang umum digunakan dalam produksi sel surya. HOMER mensimulasikan array PV sebagai output dari sel surya menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{pv} = f_{pv} \cdot Y_{pv} \frac{IT}{I_s} \quad (2)$$

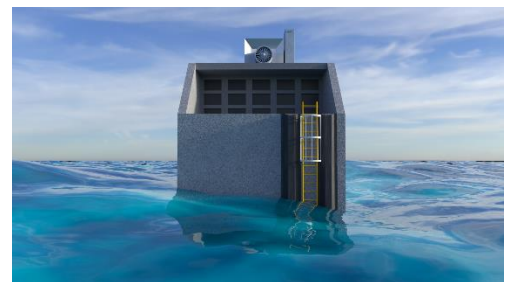
Perpindahan elektron bebas dalam atom adalah metode di mana energi cahaya diubah. Sebagai sumber elektron bebas, bahan semikonduktor banyak digunakan pada sel surya. Bahan semikonduktor adalah padatan seperti logam dengan elektron valensi yang menentukan konduktivitas listriknya. Ketika foton dari sumber cahaya menghasilkan elektron valensi dalam atom semikonduktor, konduktivitas material meningkat secara signifikan, menyebabkan elektron yang cukup besar melepaskan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang dibebaskan bermuatan negatif, memungkinkan elektron mengalir bebas di bidang kristal dan masuk ke wilayah peta konduksi bahan semikonduktor. Hilangnya elektron menyebabkan kekosongan bermuatan positif dalam struktur kristal yang dikenal sebagai "hole" Donor elektron adalah daerah semikonduktor elektron bebas dan negatif. Tipe negatif adalah nama yang diberikan untuk lokasi ini (tipe-n). Daerah semikonduktor semikonduktor dengan lubang positif berfungsi sebagai penerima elektron, sedangkan daerah semikonduktor dengan lubang negatif berfungsi sebagai donor elektron. Tipe positif adalah nama yang diberikan untuk area ini (tipe-p). Energi listrik internal dihasilkan oleh ikatan pada sisi positif dan negatif, menyebabkan elektron dan lubang bebas bergerak ke arah yang berlawanan. Lubang akan bergerak menjauh dari sisi positif, sedangkan elektron akan menjauh dari sisi negatif. Arus listrik terbentuk ketika sambungan p-n dikopel dengan beban.



Gbr 2. Prinsip Kerja Sel Surya (Julisman et al., 2017)

Energi gelombang laut merupakan energi kinetik yang dimanfaatkan oleh kecepatan arus laut, dan salah satu bentuk energi yang dapat diubah menjadi energi listrik melalui parameter arus laut yaitu kecepatan gelombang dan periode waktu. Potensi energi arus laut praktis di Indonesia sangat besar karena beberapa wilayah terdiri dari laut mencapai 17,9 GW. Sementara potensi termal lautan di Indonesia rata-rata sekitar  $2,5 \times 1.023$  Joule, dan efisiensi konversi energi panas laut sebesar 3% dapat menghasilkan daya sekitar 240.000 MW, kekuatan gelombang bervariasi menurut lokasi, wilayah laut Indonesia di sepanjang pantai selatan Pulau Jawa hingga Nusa Tenggara memiliki potensi energi gelombang yang cukup besar berkisar 10/20 kW/meter gelombang. Pesisir selatan Pulau Jawa bagian barat memiliki potensi energi gelombang laut sekitar 40 kW/m (Haryadi et al., 2019).

Homer tidak menawarkan model yang memproduksi pembangkit listrik tenaga gelombang laut, maka akan diasumsikan untuk melakukan simulasi ini dengan beberapa model yang tersedia. Pilihan yang paling tepat untuk karakteristik dari model yang diadopsi adalah model turbin angin seperti pada Gambar 3.



Gbr 3 Model OWC

Model ini dikembangkan untuk penyisipan pembangkit listrik gelombang arus laut dalam sistem, terletak tidak jauh dari pantai. Kapasitas daya yang dihasilkan dapat dihitung dengan pendekatan matematis yang memformulasikan daya yang melewati suatu permukaan atau luasan, maka dapat dihitung menggunakan rumus yang disarankan Kim Nielsen 1986:

$$T = 3,55\sqrt{H} \quad (3)$$

Setelah mengetahui prakiraan periode gelombang datang, maka langkah selanjutnya adalah menghitung besar panjang dan kecepatan gelombang laut

$$\lambda = 5,12T^2 \quad (4)$$

Persamaan untuk menghitung energi gelombang dengan rumus energi potensial, gerakan naik dan turun atau energi maju mundur tidak menghasilkan energi.

$$E_w = \frac{1}{4} \cdot w \cdot \rho \cdot g \cdot a^2 \cdot \lambda \quad (5)$$

Daya yang dapat dibangkitkan dari energi gelombang laut di wilayah Indonesia selanjutnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_w = \frac{E_w}{T} = \frac{(\frac{1}{4}w \cdot \rho \cdot g \cdot a^2 \cdot \lambda)}{T} \quad (6)$$

Design luas kolomnya adalah  $A_1=21\text{m}^2$ ,  $A_2=1,8\text{m}^2$ , kemiringan kolom adalah  $60^\circ$  dan untuk jumlah turbin dalam satu bangunan OWC sepanjang  $21\text{m}^2$ , Untuk mengetahui kecepatan udara di dalam kolom OWC menggunakan persamaan sebagai berikut sebagai contoh menggunakan data bulan Januari:

$$v_1 = -\frac{\omega}{2} H \sin(\omega t) \quad (7)$$

Dimana

$$\omega = 2\pi f \quad (8)$$

Dimana

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5,02} = 0,20 \quad (9)$$

Karena

$$\omega = 2\pi(0,20) = 1,251 \text{ rad/s} \quad (10)$$

Sehingga didapat nilai elevasi permukaan air chamber A1

$$v_1 = -\frac{\omega}{2} H \sin(\omega t) \quad (11)$$

$$v_1 = -\frac{1,251}{2} \sin(1,251 \cdot 6) = -2,86$$

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 \quad (12)$$

ROI adalah singkatan dari Return on Investment atau bisa diterjemahkan sebagai laba atas investasi. Dalam penghitungan ROI, nilai yang dicari adalah persentase keuntungan dari investasi berdasarkan laba keseluruhan dan biaya yang dikeluarkan. Dengan begitu, bisa diketahui dengan jelas tingkat profitabilitas dari suatu investasi.

$$ROI = \frac{(\text{Pendapatan Investasi} - \text{Biaya Investasi})}{\text{Biaya Investasi}} \times 100\% \quad (7)$$

IRR berasal dari bahasa Inggris *Internal Rate of Return* disingkat IRR yang merupakan indikator tingkat efisiensi dari suatu investasi. Suatu proyek/investasi dapat dilakukan apabila laju pengembaliannya (*rate of return*) lebih besar daripada laju pengembalian apabila melakukan investasi di tempat lain (bunga deposito bank, reksadana, tempat dan lain-lain)

$$IRR = NPV = \sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1+r)^t} - C_0 \quad (8)$$

Analisa sensitivitas akan menunjukkan bagaimana hasil konfigurasi sistem yang optimal apabila nilai parameter masukan berbeda-beda. Pengguna dapat menunjukkan sensitivitas dengan memasukan beberapa nilai variabel sensitivitas. Pada tahapan ini, pengguna Homer dapat

memasukan rentang nilai variabel tunggal maupun variabel ganda yang dinamakan variabel sensitivitas. Contohnya harga listrik pada jaringan transmisi, harga bahan bakar, suku bunga pertahun, dll.

Semua biaya yang digunakan dalam proyek pengembangan komponen, baik instalasi maupun operasi, disebut sebagai *net present cost* (NPC) Persamaan di bawah ini dapat digunakan untuk menghitung biaya bersih saat ini

$$NPC = \text{Capital Cost} + \text{Replacement Cost} + \text{O\&M Cost} - \text{Salvag} \quad (9)$$

*Cost of energy (COE)* adalah biaya produksi 1 kWh energi listrik. COE dihitung dengan membagi biaya tahunan dengan produksi energi tahunan pabrik hibrida. Persamaan di bawah ini dapat digunakan untuk menghitung nilai COE

$$COE = \frac{TAC}{\text{Eetotsarved}} \quad (10)$$

## II. KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahap, diantaranya Observasi Lapangan, Validasi Data, Data Konsumsi Energi, Simulasi Homer, Pengujian, Pemodelan, Uji Model, Hasil Simulasi Homer Energi, Analisa dan Kesimpulan.

### 2.1 Observasi Lapangan

Pada tahapan ini, pengumpulan data lapangan meliputi data beban penyulang pada gardu induk Karangnunggal dimana data tersebut memiliki rentang waktu satu tahun, metode pengumpulan data lapangan menggunakan metode observasi, tahapan pengumpulan data lapangan data yang diambil adalah data konsumsi energi di wilayah yang listriknya disuplai dari gardu induk Karangnunggal, data diperoleh dari GI Karangnunggal

### 2.2 Validasi Data

Validasi data dilakukan pada data beban energi gardu induk Karangnunggal selama satu tahun dan tercantum kapan beban puncaknya, data beban energi yang dipilih adalah data pada bulan yang paling tinggi konsumsi energinya dalam satu tahun, setelah dipilih maka data diolah menjadi sesuai kebutuhan pada penelitian ini, validasi juga dilakukan dalam penentuan koordinat lokasi perancangan topologi sistem pembangkit, data potensi energi sesuai koordinat yang telah ditentukan seperti data untuk potensi radiasi matahari, angin dan gelombang laut, dan validasi juga dilakukan dalam faktor ekonomi seperti nilai inflasi, harga jual listrik oleh PLN yang nanti akan menjadi data masukan di Homer.

### 2.3 Data Konsumsi Energi

Tahapan ini adalah untuk mengetahui karakter penggunaan konsumsi energi listrik yang disalurkan oleh gardu induk Karangnunggal dalam rentang januari 2020 sampai juli 2021, untuk pengambilan data konsumsi listrik diambil yang paling tinggi konsumsinya selama rentan waktu tersebut, hasil dari pengolahan data dari observasi lapangan yang telah divalidasi berupa data jumlah total konsumsi energi wilayah Kecamatan Cipatujah yang sesuai dengan ketentuan untuk menjalankan aplikasi Homer energi yaitu konsumsi energi dalam 1 x 24 jam di wilayah tersebut.

#### 2.4 Simulasi Homer

Tahapan simulasi terdapat tahap yang pertama adalah input data. Input Data, memasukan data yang diperlukan yang meliputi konsumsi energi di kawasan Cipatujah, data potensi yang ada di kawasan seperti intensitas radiasi matahari, suhu, dan gelombang laut yang telah disediakan oleh homer dengan data dari NASA. Selanjutnya, simulasi Homer, melakukan simulasi topologi sistem integrasi pembangkit listrik hybrid d yang meliputi beberapa pembangkit seperti pembangkit listrik tenaga surya, angin dan gelombang laut dengan komponen pendukung lainnya seperti baterai dan hybrid inverter sistem. Lalu, perbandingan Hasil Model, melakukan perbandingan antara beberapa model sistem integrasi pembangkit listrik dengan berbagai tipe alat pengubah potensi energi menjadi listrik, seperti penggunaan beberapa model turbin angin yang berbeda dari setiap pemodelannya untuk melihat mana yang paling efisien untuk digunakan dikawasan tersebut. Kemudian, alidasi Hasil, konfigurasi sistem yang dipilih adalah konfigurasi sistem yang sesuai dengan harapan penelitian ini yaitu dalam hal investasi dan dalam pemenuhan pasokan listrik kawasan, dalam investasi melalui penghitungan ROI dapat membantu untuk mempertimbangkan kembali rencana investasi suatu aset. Jika nilainya positif, maka itu merupakan pertanda baik. Artinya, investasi yang direncanakan bisa memberikan laba atau setidaknya mengembalikan biaya investasi yang telah dikeluarkan semakin tinggi nilai hasil perhitungan ROI.

#### 2.5 Pengujian

Pengujian data potensi energi, yaitu memasukan data data potensi angin ke kolom masukan potensi angin di homer, selanjutnya sampai semua data yang diperlukan seperti data gelombang laut dan potensi radiasi matahari sudah dimasukan ke kolom masukan potensinya masing masing, dan untuk nilai nilai ekonomi seperti nilai inflasi dan harga jual listrik oleh PLN, setelah itu dilakukan pengecekan kembali data yang telah di input apakah sudah benar atau ada kesalahan dalam penulisannya.

#### 2.6 Pemodelan

Pemodelan pembangkit listrik sistem hybrid dapat dilakukan setelah semua data yang diperlukan telah lengkap seperti potensi energi di kawasan, lokasi pemodelan, kondisi suhu dan konsumsi energi kawasan selama 1 x 24 jam. Dalam membuat pemodelan ini diperlukan berbagai merk spesifikasi perangkat atau instrumen pendukung yang dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan, dalam homer telah disediakan berbagai merk dari perangkat tersebut dalam katalognya seperti tipe dari panel surya, tinggi dari perangkat turbin angin, jenis baterai, jenis converter dan beragam instrument lainnya yang sesuai dengan kebutuhan objek penelitian, sehingga dapat ditentukan optimalisasi model.

Operasional menentukan tipe dan merk dari instrumen pembangkit seperti menentukan tipe panel surya yang akan digunakan, untuk PLTGL menentukan Spesifikasi generator pengubah energi gelombang menjadi listrik di *OWC*, Design luas *OWC* kolomnya adalah  $A_1=21m^2$ ,  $A_2=1,8m^2$ , kemiringan kolom adalah  $60^\circ$  dan untuk jumlah turbin dalam satu bangunan *OWC* sepanjang 21 m<sup>2</sup> sebagai GBRan mengenai *OWC* seperti pada GBR 3.4 dan spesifikasi lainnya yang terlibat pada sistem pembangkit hybrid.

#### 2.7 Uji Model

Model diuji dengan tahapan menguji topologi dan menguji dengan metode superposisi. Menguji topologi dari tiap model, dalam pengujian tiap model ini seperti perubahan susunan atau penempatan yang seharusnya keluaran listriknya DC diuji menjadi AC begitupun sebaliknya. Menguji dengan metode superposisi, dalam metode ini yang dilakukan adalah pengujian dari tiap pembangkit secara tunggal seperti penggunaan listrik dari PLN saja, lalu PLTS dan PLTGL secara tunggal, setelah diuji secara tunggal lalu diuji dalam satu sistem pembangkit listrik hybrid

#### 2.8 Hasil Simulasi Homer

Hasil dari simulasi homer berupa biaya keseluruhan dari pemodelan yang telah dilakukan, biaya untuk pembangkitan energi, laju pengembalian investasi, perbandingan antara penggunaan sistem pembangkit hybrid dengan jaringan PLN saja dalam 20 tahun ke depan, dan juga biaya pemeliharaan ataupun pergantian perangkat dalam beberapa tahun sesuai dengan masa pakai perangkat. Hasil simulasi ini menjadi bahan untuk menganalisa sistem integrasi pembangkit listrik hybrid

#### 2.9 Analisa dan Kesimpulan

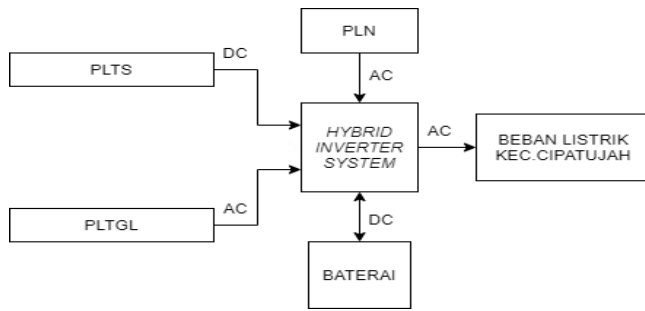
Menganalisa hasil dari simulasi topologi sistem integrasi pembangkit listrik hybrid dengan parameter analisa nya yaitu biaya pembangunan, biaya pembangkitan energi, laju pengembalian investasi, dan optimasi potensi energi yang ada oleh sistem pembangkit serta perbandingan penggunaan pembangkit hybrid dengan jaringan PLN.

Kesimpulan penelitian ini mengacu pada tujuan penelitian sebagaimana pada Sub Bab 1 meliputi identifikasi potensi energi baru terbarukan di wilayah pesisir Tasikmalaya tepatnya di Kecamatan Cipatujah, Implementasi aplikasi homer energy sebagai perangkat lunak untuk analisis sistem integrasi pembangkit listrik EBT. Analisis topologi integrasi dari sistem pembangkit listrik hybrid yang sesuai dengan beban dan kesediaan energi. Mendapatkan konfigurasi sistem pada pembangkit listrik sistem hybrid di Homer

#### 2.10 Perencanaan Sistem Tenaga Listrik Kecamatan Cipatujah

Sumber energi utama bekerja bersama-sama dengan unit energi tambahan tambahan dalam sistem tenaga *hybrid*. Hasil konfigurasi sistem yang paling optimal di Kecamatan Cipatujah ditentukan menggunakan software Homer. Sistem ini dikonfigurasi untuk memperhitungkan beban listrik serta campuran pembangkit listrik tenaga surya dan gelombang laut. Dalam implementasi penggunaan homer didapatkan block sistem seperti GBR 4 mempunyai beberapa konfigurasi sistem yang sebelumnya telah diuji lalu didapatkan konfigurasi terbaik untuk pemanfaatan potensi energi yang tersedia di wilayah pesisir selatan Tasikmalaya dalam pemodelan yang meliputi PLTS dan PLTGL (*OWC*). Dengan instrumen pendukung lainnya seperti baterai dan jaringan dari PLN.

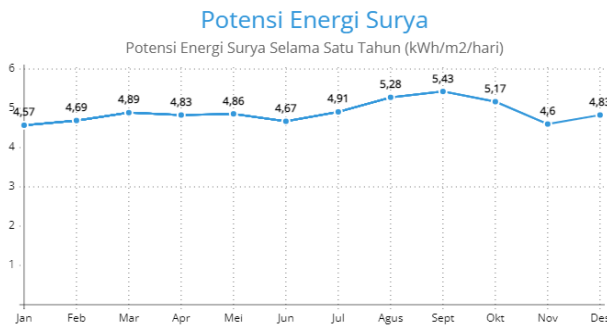




Gbr 4. Block Sistem Tenaga Hybrid On Grid

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi energi surya di pesisir selatan Tasikmalaya puncaknya pada bulan September yaitu sebesar 5,43 Kwh/m<sup>2</sup>/hari, berikut adalah potensi lengkap selama 1 tahun di wilayah selatan Tasikmalaya yang diambil dari aplikasi Homer Energy melalui "Get Data Via Internet" dimana secara otomatis Homer akan mengambil data dari situs resmi NASA Surface Meteorology. Berdasarkan GBR 5 rata-rata radiasi matahari di wilayah Cipatujah selama satu tahun adalah 4,89 Kwh/m<sup>2</sup>/hari.



Gbr 5. Potensi Energi Surya Cipatujah Selama Satu Tahun

Potensi energi gelombang laut di pesisir selatan pulau Jawa, khususnya rentang dari pangandaran sampai Tasikmalaya yang diambil dari BMKG yang dicantumkan dalam Tabel 1, menghasilkan rata-rata kecepatan gelombang dalam satu tahun sebesar 30,5 m/s, dan untuk kecepatan tertinggi terdapat pada bulan agustus yaitu mencapai 40,6 m/s.

Tbl 1. Rata-rata Kecepatan Gelombang Laut Perbulan Selama 1 Tahun (BMKG, 2018)

Bulan/ 2018	[H]Tinggi Gelombang (m)	[T]Periode Gelombang (s)	[λ]Besarnya Panjang Gelombang (m)	[v]Kecepatan Gelombang (m/s)
Januari	2	5,02	129,02	25,7
Februari	3	6,14	193,02	31,4
Maret	2	5,02	129,02	25,7
April	2,5	5,61	161,13	28,7
Mei	3	6,14	193,02	31,4
Juni	2,5	5,61	161,13	28,7
Juli	4	7,1	258,09	36,3
Agustus	5	7,93	321,97	40,6
September	3	6,14	193,02	31,4
Oktober	2,5	5,61	161,13	28,7
November	2	5,02	129,02	25,7
Desember	3	6,14	193,02	31,4
<b>Rata-rata</b>	<b>2,87</b>	<b>6</b>	<b>185,21</b>	<b>30,5</b>

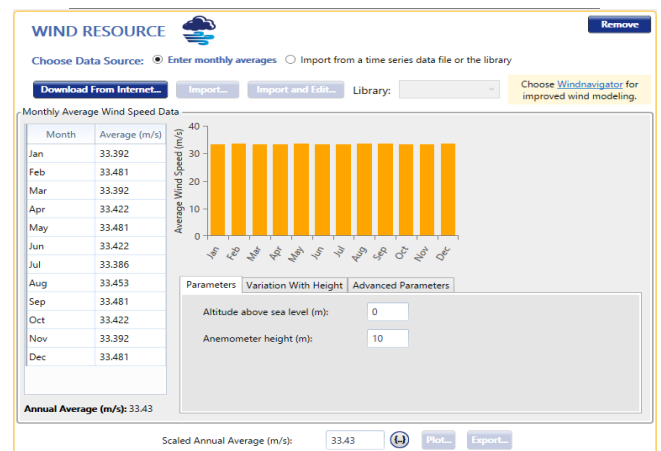
Untuk tinggi gelombang, periode gelombang dan kecepatan gelombang berada pada bulan agustus yaitu untuk tinggi gelombang 5 meter, periode gelombang 7,93 m/s dan untuk kecepatannya adalah 40,6 m/s. Panjang gelombang tertinggi ada pada bulan Agustus yaitu sebesar 321,79 meter dan untuk yang terendah adalah sebesar 129,02 pada bulan Januari, Maret dan November.

3.1 Konversi Energi Gelombang Laut menjadi Angin Pada OWC

Pada pengujian ini untuk pemanfaatan energi gelombang laut adalah menggunakan sistem OWC (Oscillating Water Column), dikarenakan untuk mempermudah dan paling mendekati dengan aslinya yaitu memanfaatkan kecepatan angin yang dihasilkan dari gelombang laut melalui sistem ini maka diasumsikan untuk pembangkit listrik tenaga angin konvensional menjadi OWC. Dengan menggunakan persamaan 7 sampai 12 yang berlaku untuk semua bulan maka didapatkan hasil seperti Tabel 2 untuk semua bulan. Sehingga, asukan dari konversi energi gelombang laut menjadi energi angin dalam OWC pada Homer dengan rata rata kecepatan per tahun adalah 33,43 m/s Seperti pada GBR 6.

Tbl 2. Kecepatan Udara V1 dan V2

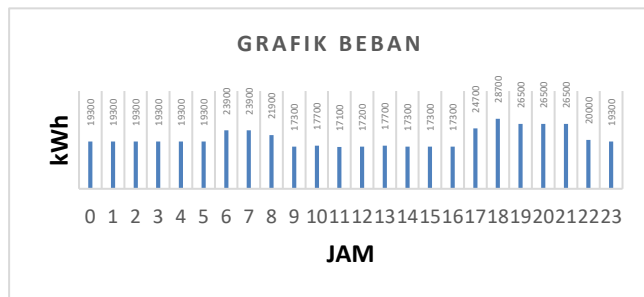
Bulan	F(dt)	Periode Gelombang (s)	H(m)	V1=A1 (m/s)	V2=A2 (m/s)
Jan	0,20	5,02	2	-2,86	-33,392
Feb	0,16	6,14	3	-2,87	-33,481
Mar	0,20	5,02	2	-2,86	-33,392
Apr	0,18	5,61	2,5	-2,86	-33,422
Mei	0,16	6,14	3	-2,87	-33,481
Jun	0,18	5,61	2,5	-2,86	-33,422
Jul	0,14	7,1	4	-2,86	-33,386
Agus	0,13	7,93	5	-2,87	-33,453
Sep	0,16	6,14	3	-2,87	-33,481
Okt	0,18	5,61	2,5	-2,86	-33,422
Nov	0,20	5,02	2	-2,86	-33,392
Des	0,16	6,14	3	-2,87	-33,481



Gbr 6. Grafik Kecepatan Angin pada Chamber A2 dan A2

### 3.1 Konsumsi Energi di Cipatujah

Konsumsi atau profil beban listrik di Kecamatan Cipatujah dari Gardu induk Karangnunggal Tasikmalaya mencapai 20,6917 MW per hari atau 20691,67 Kwh, menghasilkan pola beban konsumsi seperti pada GBR 9. GBR 9 menunjukkan profil beban listrik per jam selama satu hari dan grafik trend penggunaan listrik. Karena masyarakat di Cipatujah yang dominan bekerja di sektor pertanian, peternakan, perkebunan dan perikanan maka pada jam jam 06:00 sampai 08:00 relatif meningkat dimana pada jam tersebut masyarakat umumnya mulai melakukan aktivitas persiapan bekerja seperti menyalakan penanak nasi, pompa air dll. Maka dari itu setelah jam 08:00 yaitu pada jam 09:00-16:00 relatif lebih turun penggunaannya dibanding dengan jam sebelumnya, sedangkan pada jam 17:00-21:00 penggunaan listrik kembali meningkat dikarenakan masyarakat pada umumnya berada dirumah apalagi pada jam 19:00 dimana masyarakat menikmati *prime time*, selanjutnya pada jam 22:00-23:00 kembali menurun dimana aktivitas masyarakat mulai berkurang.



Gbr 3. Beban Listrik Per jam Selama 1 Hari di Cipatujah

### 3.2 Bauran Energi Baru Terbarukan

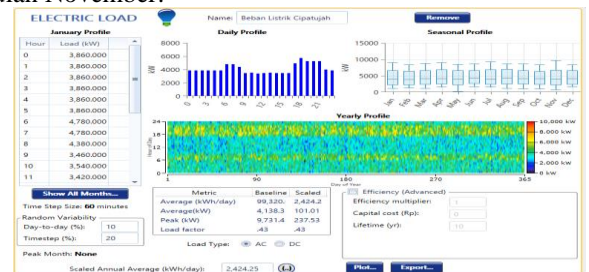
Pemenuhan energi baru terbarukan dari pembangkit EBT ini adalah berkisar 4138,34 kWh atau 4 MW per harinya sesuai dengan aturan ESDM yaitu sebesar 20% apabila konsumsi kebutuhan diatas 20 MW data inilah yang dipakai untuk optimasi Homer Energi, maka untuk bauran energi di wilayah Cipatujah terdapat pada Tabel 3 berikut.

Tbl 3. Konsumsi Energi Cipatujah Selama 1 x 24 Jam Sesuai dengan Aturan ESDM

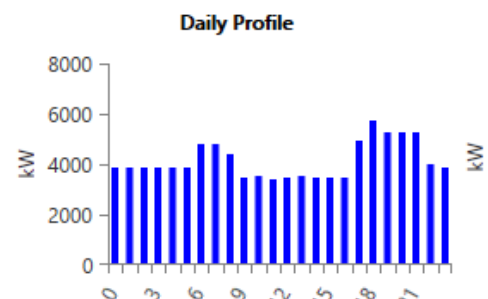
Jam	Beban kWh	Jam	Beban kWh
0	3860	12	3440
1	3860	13	3540
2	3860	14	3460
3	3860	15	3460
4	3860	16	3460
5	3860	17	4940
6	4780	18	5740
7	4780	19	5300
8	4380	20	5300
9	3460	21	5300
10	3540	22	4000
11	3420	23	3860

*Baseline* adalah kebutuhan *basic* atau paling mendasar dari konsumsi kawasan Cipatujah, dalam kebutuhan listrik *baseline* Kecamatan Cipatujah adalah

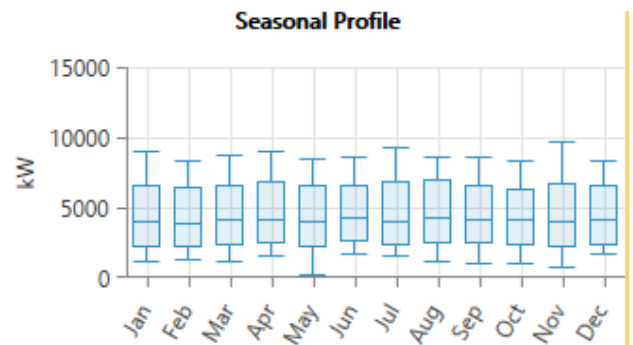
sebesar 99.320 kWh/Hari dan untuk rata rata per harinya adalah 4.138,3 kW dan *peak* nya adalah 9.731,4 kW. Untuk kebutuhan energi yang diskalakan atau diperkirakan oleh homer adalah sebesar 2.424,2 kWh/hari dan rata rata 101.01 kW dan *peak* 237,53 kW. Dalam melakukan optimasi terhadap beban listrik yang telah dimasukan kedalam homer selama 1x24 jam, Homer melakukan optimasi dengan mengubah data beban agar lebih realistis, input variabel perubahan ini adalah *day-to-day* dan *time step*. Homer mengubah profil beban setiap hari dengan jumlah acak, sehingga beban mempertahankan bentuk yang sama untuk setiap hari, tetapi ditingkatkan atau diturunkan dengan variabel antara 15%-20%, maka hasil dari optimasi tersebut adalah dengan masukan beban dalam 1x24jam homer akan menghasilkan profil beban listrik dalam rentan waktu hari, bulan dan tahun seperti pada Gambar 7. Profil konsumsi energi harian kawasan dalam aplikasi homer energi, yang paling tinggi berada pada jam 19:00 waktu utama berkisar sebesar 6.000 kW. Selanjutnya, profil konsumsi energi tiap bulan selama satu tahun kawasan, tertinggi adalah pada bulan November.



Gbr 7. Parameter Masukan Beban Harian Kawasan Selama 1 x 24 jam



Gbr 84. Profil Beban Harian



Gbr 95. Profil Beban Bulanan

### 3.3 Implementasi Homer Energi

Implementasi Homer energi pada penelitian ini adalah sebagai aplikasi untuk membuat rancangan pembangkit listrik hybrid yang terintegrasi dengan jaringan dari PLN,

pembangkit listrik energi baru terbarukan pada rancangan ini adalah pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga gelombang laut sistem *OWC* dengan modifikasi penyesuaian menggunakan perangkat yang tersedia di homer yaitu kincir angin. Penelitian ini mencari dari dua model pembangkit hybrid yang paling optimal dari sisi energi yaitu pembangkit yang paling efisien merubah potensi yang ada menjadi listrik dan dari sisi ekonomi seperti nilai investasi yang positif atau menguntungkan. Sebelum melangkah ke tahap input berikutnya, Homer membutuhkan banyak input kunci atau dasar dari model yang akan dikembangkan di Homer, seperti pertama, faktor ekonomi, artinya tingkat bunga nominal dikurangi tingkat inflasi (suku bunga per tahun) tingkat inflasi Indonesia sudah mencapai 3,5 persen. Masa pakai proyek dapat dihitung dan diubah untuk memberikan garansi terbaik. Umur proyek di sistem pembangkit listrik kecamatan Cipatujah diperkirakan 25 tahun. Homer menghitung biaya penggantian tahunan dan biaya setiap komponen berdasarkan umur proyek. Faktor kontrol sistem, juga dikenal sebagai input kontrol sistem, menentukan bagaimana Homer memodelkan operasi baterai. Ada dua cara untuk mengisi baterai dalam strategi dispatitic: *load following* dan *cycle charging*. Di Kecamatan Cipatujah, perencanaan pembangkit didasarkan pada *load following*, artinya pengisian baterai dilakukan dengan tenaga *hybrid*. Faktor ketiga adalah faktor emisi, yaitu untuk membatasi jumlah emisi yang dihasilkan jika melebihi batas tertentu. Berdasarkan data Energi Informasi Administrasi (EIA), dilakukan pinalti emisi CO<sub>2</sub> sebesar Rp 1.500.000,00/ton, NO<sub>2</sub> sebesar sebesar Rp 75.000.000,00/ton dan SO<sub>2</sub> sebesar Rp 30.000.000/ton. Kemudian faktor *Constraint*, merupakan kondisi di mana sangat mungkin untuk merancang dan membangun konfigurasi sistem Hasil optimasi dan analisis sensitivitas tidak akan ditampilkan jika konfigurasi sistem tidak memungkinkan.. Dengan parameter *Maximum annual capacity shortage* diasumsikan nilainya 15%, asumsi nilai *Minimum renewable fraction* sebesar 85%, *Hourly load* sebesar 10%, besaran nilai *Solar power output* 80%, dan presentasi nilai *Wind power output* sebesar 50%.

Grid adalah jaringan listrik yang sudah ada sebelumnya yang disediakan oleh PLN. Sistem ini dikonfigurasi untuk memungkinkan pembelian dan penjualan listrik. Tarif dasar listrik per kWh diatur oleh parameter input jaringan yang ditunjukkan pada GBR 4.9. Menurut kebijakan Menteri ESDM, harga listrik yang digunakan saat ini Rp. 1.400,00/kWh dan Rp. 1.000,00/kWh untuk penjualan (Detik, 2019). Pemodelan pembangkit listrik hybrid akan dilakukan dalam dua model, dalam dua model ini akan ada perbedaan antara model satu dan model dua perbedaan tersebut antara lain adalah spesifikasi dan merk yang berbeda dari pembangkit listrik tenaga surya dan *OWC*.

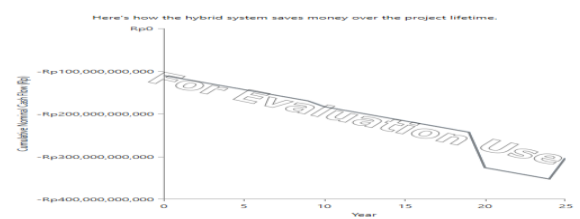
### 3.4 Pembangkit Listrik Hybrid Model I

Komponen utama dari sistem perancangan pembangkit listrik hybrid untuk memenuhi kebutuhan energi di Kecamatan Cipatujah untuk sekarang dan 25 tahun kedepan, komponennya terdiri dari *Wave Turbine (OWC)* dan *Photovoltaic*. sedangkan komponen pendukungnya yaitu konverter, baterai bank dan AC DC Bus. Homer menampilkan desain dari pengaturan dan masukan-masukan variabel per komponen. Dengan kebutuhan dasar listrik sebesar 2424,25 kWh/hari dan beban puncaknya adalah 237,53 kW kWh hasil dari optimasi homer yang mengubah

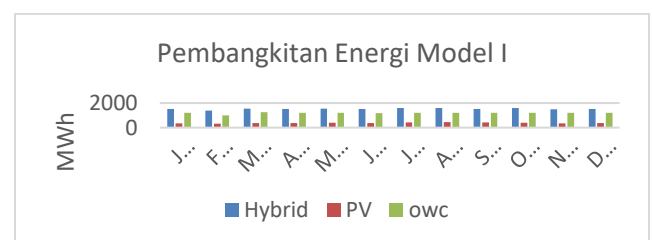
profil beban menjadi lebih realistis untuk masa yang akan datang

Panel sel surya yang digunakan adalah merk Trina Tallmax M plus, satu panel berkapasitas 0,345 kW dengan tipe *flat panel* keluaran listrik DC, harga pembelian dan penggantian panel sebesar Rp 3.700.000 dan biaya perawatan Rp. 740.000, untuk masa pakai panel ini adalah selama 25 tahun. Pembangkit energi gelombang dengan sistem *OWC* untuk turbin angin menggunakan merk turbin angin Windflow 33 dengan kapasitas 500 kW *output* listrik AC, biaya pembelian dan penggantian sebesar Rp 6.960.134.403,65 biaya operasional dan perbaikan sebesar Rp 1.392.000.000. Dengan masa pakai 20 tahun. Jenis konverter yang digunakan merk Schneider Conext SW4048 kapasitas 3kW. Komponen pendukung *konverter* ini terdiri dari inverter dan *rectifier*. Masing masing memiliki efisiensi sebesar 92 % . Biaya untuk pembelian dan penggantian konverter sebesar Rp. 22.250.000 serta biaya perawatan sebesar Rp. 4.450.000 per tahun, dengan masa pakai 10 tahun. Baterai bank yang digunakan dalam simulasi ini adalah merk Enersys PowerSafe SBS 100F. Biaya pembelian dan penggantian baterai sebesar Rp 1.750.000 persatu set serta biaya perawatan sebesar Rp 350.000. Dengan keluaran daya 100 A, tegangan 12 V. dengan arus cas 459 A.

Hasil optimasi model I ini didapatkan nilai NPC Rp. 407.885.700.000, Initial Capital atau total biaya terpasang suatu komponen pada awal proyek Rp. 110.000.000.000 operasi dan perawatan Rp. 7.388.000.000 per tahun dan untuk *Cost of energy (COE)* Rp. 595,22/kWh. Hasil pada pengukuran segi ekonomi model I untuk nilai ROI 36%, IRR 34% dan untuk *Simple Payback* 2,7 Tahun, seperti pada GBR 10. Dengan perbandingan model sistem dasar dan model terbaik yang telah ditentukan oleh Homer, dengan *simple payback* selama 2,7 tahun maka artinya sistem model I ini membutuhkan waktu 2,7 tahun untuk membuat *cash flow* dari negatif menjadi positif.



Gbr 60. Ringkasan Cashflow Hasil Optimasi Model I



Gbr 11. Perbandingan Pembangkitan Energi

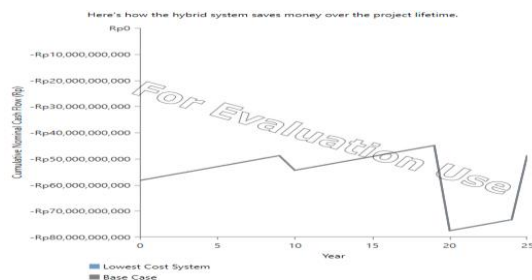
### 3.5 Pembangkit Listrik Hybrid Model II

Komponen penting dari sistem perancangan pembangkit listrik hybrid untuk memenuhi kebutuhan energi di Kecamatan Cipatujah untuk sekarang dan 25 tahun yang akan datang, komponennya terdiri dari *Wave Turbine (OWC)* dan *Photovoltaic*. sedangkan komponen pendukung lainnya

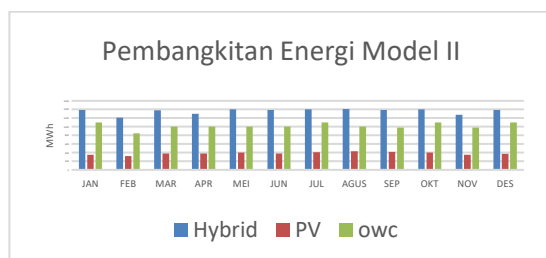
adalah konverter, baterai bank dan AC DC Bus. Homer menampilkan desain dari pengaturan dan masukan-masukan variabel per komponen. Dengan kebutuhan dasar listrik sebesar 2424,25 kWh/hari dan beban puncaknya adalah 237,53 kWh dari optimasi homer yang mengubah profil beban menjadi lebih realistis untuk masa yang akan datang.

Panel sel surya yang digunakan yaitu merk Canadian solar MaxPower SC6U-340M satu panel berkapasitas 0,34 kW dengan tipe *Flat plate* keluaran listrik DC, harga pembelian dan penggantian komponen Rp 2.750.000 dan biaya perawatan Rp 550.000 Dan masa pakai selama 25 tahun. Pembangkit energi gelombang dengan sistem *OWC* untuk turbin anginnya menggunakan merk Vergenet GEV MP-R kapasitas 275 kW *output* listrik AC dengan pembelian dan penggantian sebesar Rp 1.350.000.000,00 biaya operasional dan perbaikan sebesar Rp 100.000.000,00. Dengan masa pakai selama 20 tahun. Jenis konverter yang digunakan merk Schneider Conext SW4048 kapasitas 3kW. Komponen pendukung *konverter* ini terdiri dari inverter dan *rectifier*. Masing masing memiliki efisiensi sebesar 92 % . Biaya untuk pembelian dan penggantian konverter sebesar Rp. 22.250.000 serta biaya perawatan sebesar Rp. 500.000 per tahunnya, dengan masa pakai 10 tahun. Baterai bank yang digunakan dalam simulasi ini adalah merk Enersys PowerSafe SBS 100F. Biaya pembelian dan penggantian baterai sebesar Rp 1.750.000 persatu set serta biaya perawatan sebesar Rp 350.000. Dengan keluaran daya 100 A, tegangan 12 V. dengan arus cas 459 A.

Hasil optimasi model II ini didapatkan nilai NPC Rp. 36.499.980.000 Initial Capital Rp. 58.300.000.000 operasi dan perawatan Rp. 540.925.100 per tahun dan untuk *Cost of energy (COE)* 62,57 Rp/kWh. Hasil pada pengukuran segi ekonomi model II untuk nilai ROI 35%, IRR 31% dan untuk *Simple Payback* 2,7 Tahun, seperti pada GBR 12.



Gbr 127. Ringkasan Hasil Optimasi Model II



Gbr 8. Perbandingan Pembangkitan Energi

#### IV. KESIMPULAN

Dari keseluruhan pembahasan dan hasil sistem pembangkit listrik hybrid di kawasan pesisir menggunakan sumber energi baru terbarukan dan perangkat HOMER. Dengan rata-rata penyinaran matahari di kawasan Cipatujah

selama satu tahun, maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu, pesisir pantai di Kecamatan Cipatujah memiliki potensi sumber daya matahari dan gelombang laut yang cukup besar. Radiasi matahari sebesar 4,89 kWh/m<sup>2</sup>/hari dan kecepatan gelombang air laut adalah 30,49 meter per detik. Hasil simulasi HOMER menunjukkan radiasi matahari terendah sebesar 4.570 kWh/m<sup>2</sup>/hari pada bulan Januari, radiasi matahari tertinggi sebesar 5.430 kWh/m<sup>2</sup>/hari pada bulan September, dan kecepatan gelombang laut terendah sebesar 25,7 m/s pada bulan Januari, Maret. , dan November, dengan kecepatan gelombang tertinggi 40,60 m/s pada bulan Agustus.

Dengan pertimbangan nilai variabel *NPC*, *ROI*, *IRR*, *O&M*, *COE*, *Renewable Fraction* dan *Simple Payback*. Maka model yang paling efisien dari sisi pemanfaatan potensi energi maupun investasi adalah menggunakan Model II. Dikarenakan untuk nilai IRR atau ROI dari kedua model tidak jauh berbeda akan tetapi dalam nilai total biaya pembangunan untuk model II hanya memakan biaya 36,5 Miliar saja berbeda dengan Model I yang menyentuh 407 Miliar, biaya energi dari Model II sendiri adalah 62,57 Rp/kWh sedangkan untuk Model II sebesar 595,22 Rp/kWh dan untuk energi yang dibangkitkan dari Model II adalah 15.823.349 kWh/Tahun sedangkan Model I sebesar 18.464.878 kWh/tahun, selisihnya adalah 2.641.529 kWh atau 2.641 Megawatt.

Berdasarkan hasil simulasi yang diperoleh dengan menggunakan HOMER, perencanaan sistem pembangkit listrik hybrid on-grid di Pesisir Pantai Kecamatan Cipatujah memiliki energi potensial yang dapat digunakan sebagai sumber energi listrik yang berasal dari panel surya dan turbin gelombang air laut yang terhubung dengan Jaringan PLN dengan total produksi 15-18 MW/tahun. pemasok terbesarnya ada di pembangkit listrik tenaga gelombang laut sistem *OWC* sebesar 11.316.329-13.809.704 kWh/Tahun, dengan penjualan energi ke jaringan PLN sebesar 13.526.610-16.033.084 kWh/tahun serta dampak lingkungan yang lebih rendah. Maka perencanaan sistem pembangkit listrik *hybrid on grid* di Pesisir Pantai layak untuk dipertimbangkan.

#### REFERENSI

- <https://www.esdm.go.id/>  
<https://www.tasikmalayakab.go.id/index.php/en/home/letak-geografis>  
<https://ebtke.esdm.go.id/post/2019/12/06/2419/kejar.target.bauran.energi.2025.dibutuhkan.investasi.ebt.hingga.usd3695.miliar.Gardu.Induk.Karangnunggal>.  
 BMKG (Badan Meteorologi, K. dan G. (2018) 'Potensi Gelombang Laut Indonesia'. Available at: <https://www.bmkg.go.id/>.  
 Detik. (2019). *Harga Jual Listrik Atap Rumah ke PLN*. Detik.Com.  
 Azizie, M. R., & Wicaksono, D. A. (2020). *Analisis Energi Gelombang Air Laut Menggunakan Teknologi Oscillating Water Column*. 1814, 1–10. <https://doi.org/10.32528/elkom.v2i1.3148>  
 Daryanto, Y. (2007). *Kajian Potensi angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. *Blueprint*, April.  
 Haryadi, D., Notosudjono, D., & Soebagia, H. (2019). *Studi Potensi Dan Teknologi Energi Laut Di Indonesia*.



- Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1), 1–14.  
<http://catatanmechanical.blogspot.com/tidal>
- Julisman, A., Sara, I. D., & Siregar, R. H. (2017). Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Stadion Bola. *Kitektro*, 2(1), 35–42.
- LLC, H. E. (2018). *HOMER ENERGY*.
- Pradana, H. hardianto, & Mubarak, H. (2018). Simulasi Sistem Pembangkit Listrik Hibrid Tenaga Surya Dan Angin Di Fakultas Teknologi Industri. *Kurvatek*, 3(2), 101–109.  
<https://doi.org/10.33579/krvtk.v3i2.1103>
- Purba, N. (2014). Variabilitas Angin Dan Gelombang Laut Sebagai Energi Terbarukan Di Pantai Selatan Jawa Barat. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 5 (1), 244329.
- Purba, N. P., Kelvin, J., Sandro, R., Gibran, S., Permata, R. A. I., Maulida, F., & Martasuganda, M. K. (2015). Suitable Locations of Ocean Renewable Energy (ORE) in Indonesia Region-GIS Approached. *Energy Procedia*, 65, 230–238.  
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.01.035>
- Riyanto, S. (2017). Kajian Pemanfaatan Potensi Suhu Air Laut Sebagai Sumber Energi Terbarukan Menghasilkan Energi Listrik. *Jurnal Inovtek Polbeng*, 07(1), 20–28.
- Septiadi, D., Nanlohy, P., Souissa, M., & Rumlawang, F. Y. (2009). Proyeksi Potensi Energi Surya sebagai Energi Terbarukan (Studi Wilayah Ambon dan Sekitarnya). *Proyeksi Potensi Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan (Studi Wilayah Ambon Dan Sekitarnya)*, 10, 22–28.
- SYAHRIAL, S., WALUYO, W., & FAKHRULLAH, A. F. (2018). Studi Kapasitas Daya Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Angin dan Surya Berkapasitas 6 kW berdasarkan Skenario Cuaca. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 6(1), 61.  
<https://doi.org/10.26760/elkomika.v6i1.61>
- Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional. (2019). Indonesia Energy Out Look 2019. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Widianto, E., Santoso, D. B., Kardiman, K., & Fauji, N. (2019). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Photovoltaic-Wind Turbines Di Pantai Sedari Karawang. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, 3(1), 41. <https://doi.org/10.30595/jrst.v3i1.3653>