

# PEMODELAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* *DIESEL* GENERATOR DAN *PHOTOVOLTAIC* ARRAY MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK HOMER (Studi Kasus di Pulau Semujur Kabupaten Bangka Tengah)

Dedisukma<sup>1</sup>, Wahri Sunanda<sup>2</sup>, Rika Favoria Gusa<sup>3</sup>  
<sup>1, 2, 3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung  
ubb.dedisukma@yahoo.com, wahrisunanda@ubb.ac.id, rika\_favoria@yahoo.com

## ABSTRACT

*Hybrid system is one way in saving the use of petroleum fuels with solar power generating systems apply settlement in Semujur island where it is currently available diesel generator in operation for 3 hours/day with an average power in each house of 178.8 Watt by using a hybrid system modeling software HOMER 3.2.3 the calculation of the cost for the operation the hybrid system. Results of the simulation HOMER that potential energy produced by the photovoltaic array system with lowest solar insolation values on Semujur island amounted to 3.99 kWh/m<sup>2</sup>/day with renewable fraction in the photovoltaic array system configuration by 34% generating electrical energy by 15515.01 kWh/year with diesel fuel savings of 64.3% of total oil consumption currently operates its own diesel generator spend net present value cost (NPC) Rp 1.143.972.000 and cost of energy (COE) 3,380 Rp/kWh and has advantages sufficient electrical energy for the growth of a population 7 houses in the future.*

**Keywords :** Diesel Generators, HOMER, Hybrid Power Plants, Photovoltaic Array

## INTISARI

Sistem PLT *Hybrid* merupakan salah satu cara dalam penghematan penggunaan bahan bakar minyak bumi dengan mengaplikasikan sistem pembangkit PLTS di pemukiman RT pulau Semujur dimana saat ini *diesel* generator yang tersedia beroperasi selama 3 jam/hari dengan rata-rata daya listrik pada setiap rumah sebesar 178,8 Watt dengan melakukan pemodelan sistem *hybrid* menggunakan *software* HOMER 3.2.3 sebagai perangkat lunak dalam perhitungan biaya selama pengoperasian sistem *hybrid*. Hasil dari simulasi HOMER bahwa potensi energi yang dihasilkan oleh sistem *photovoltaic array* dengan nilai insolasi matahari terendah di pulau Semujur sebesar 3,99 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan *renewable fraction* pada konfigurasi sistem *photovoltaic array* sebesar 34% menghasilkan energi listrik sebesar 15.515,01 kWh/tahun dengan penghematan bahan bakar minyak solar sebesar 64,3% dari jumlah pemakaian minyak saat *diesel* generator beroperasi sendiri yang menghabiskan nilai *net present cost* (NPC) sebesar Rp 1.143.972.000, *cost of energy* (COE) sebesar Rp 3.380/kWh dan memiliki kelebihan energi listrik yang cukup untuk pertumbuhan penduduk sebanyak 7 rumah di masa mendatang.

Kata kunci : Pembangkit Listrik *Hybrid*, Diesel Generator, Photovoltaic Array, HOMER.

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat akan energi listrik sudah mencapai taraf *addictive*(ketergantungan), sehingga bisa dikatakan listrik juga termasuk kebutuhan primer manusia selain sandang, pangan dan papan terutama pada masyarakat di pulau Semujur yang sulit untuk menikmati listrik dari PT. PLN Wilayah Bangka Belitung karena kondisi letak pulau yang dijembatani oleh laut. Pulau Semujur merupakan pulau yang memiliki luas 40,00 yang memiliki sekitar 90

kepala keluarga yang mayoritas penduduknya adalah nelayan dan sekitar 73 rumah yang sudah teraliri listrik. Status kepemilikan adalah milik pemerintah sedangkan secara administrasi pulau Semujur terletak di desa Kebintik, kecamatan Pangkalan Baru, kabupaten Bangka Tengah. Pulau Semujur dapat ditempuh dengan transportasi kapal laut dengan jarak + 8,4 mil dari pelabuhan Pangkalbalam dengan waktu tempuh sekitar 1-1,5 jam. Kebutuhan listrik selama ini diperoleh dari generator diesel berukuran 14kW yang dioperasikan hanya 3

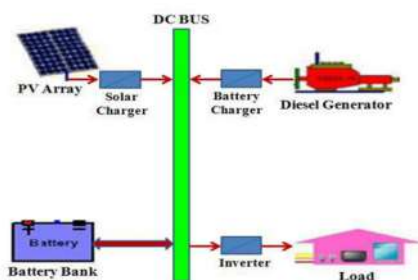
jam /hari dikarenakan biaya operasional yang tinggi pada bahan bakar solar dan ekonomi masyarakat yang terbatas. Peralatan listrik yang digunakan sebagian besar hanya lampu dan TV, dengan daya rata-rata 178,8 Watt/kepala keluarga. Pemanfaatan sumber energi terbarukan khususnya energi surya sebagai pembangkit listrik memiliki potensi yang sangat besar, karena letak Indonesia yang berada di daerah tropis, dimana matahari bersinar sepanjang waktu. Sumber energi terbarukan menawarkan alternatif persediaan energi listrik di daerah-daerah terpencil dan ramah lingkungan.

## II. LANDASAN TEORI

Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) didefinisikan sebagai suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang menggabungkan dua atau lebih pembangkit dengan sumber energi yang berbeda, umumnya digunakan untuk *isolated grid*, sehingga diperoleh sinergi yang memberikan keuntungan ekonomis maupun teknis. konfigurasi dasar dari sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu :

### A. Sistem Hybrid Seri

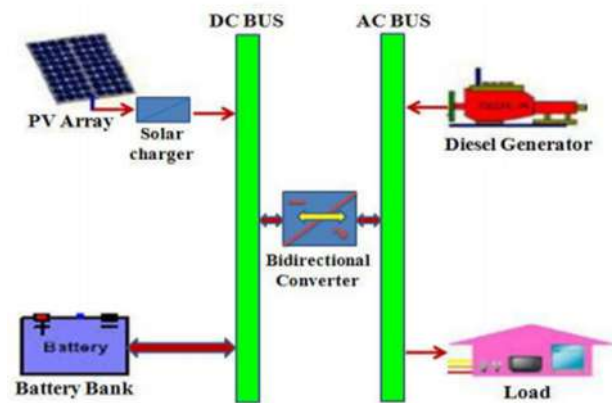
Untuk sistem seri semua pembangkit daya mensuplai daya DC kedalam baterai, setiap komponen harus dilengkapi dengan *charge controller* sendiri. Pada sistem ini, generator dan inverter harus didesain agar dapat melayani beban puncak. Pada sistem ini sejumlah besar energi yang dibangkitkan dilewatkan melalui baterai, siklus baterai *bank* menjadi naik dan mengurangi efisiensi sistem, daya listrik dari genset di searahkan dan diubah kembali menjadi AC sebelum disuplai ke beban sehingga tidak terjadi rugi – rugi yang signifikan.



Gambar 1 . Skema PLTH Seri

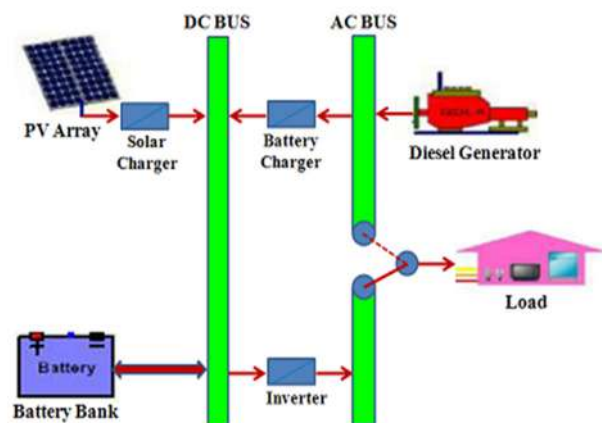
### B. Sistem Hybrid Paralel

Pada PLTS dan PLN yang menggunakan sistem paralel, beban disuplai baik dari generator diesel maupun *inverter* secara paralel. *Bi-directional converter* digunakan untuk menjembatani antara baterai dan sumber AC.



Gambar 2. Skema PLTH Paralel

### C. Sistem Hybrid Switched



Gambar 3. Skema PLTH Switched

### D. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

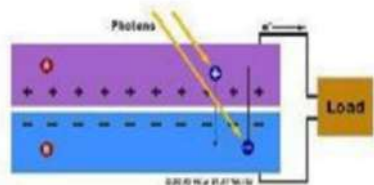
Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ialah Pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula (*prime mover*). *Prime mover* merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. Mesin *diesel* sebagai penggerak mula PLTD berfungsi menghasilkan tenaga mekanis yang dipergunakan untuk memutar rotor generator.



Gambar 4. Diesel Generator

E. Panel Photovoltaic

Panel *photovoltaic* (PV panel) adalah sumber listrik pada sistem pembangkit listrik tenaga surya, material semikonduktor yang mengubah secara langsung energi sinar matahari menjadi energi listrik. Daya listrik yang dihasilkan PV berupa daya DC. *Photocell* yang memiliki *p-n junction*, memiliki 2 buah bahan semikonduktor, tipe-p dan tipe-n. Tipe-tipe ini dianggap sebagai bahan campuran (*impurities*); bergantung dari jenis *dopant* yang diberikan kepada *crystallin*. Untuk kasus *photocell*, menggunakan hidrogen dan fosfor sebagai tipe-n yang ditambahkan pada *crystallin* dan boron digunakan sebagai tipe-p. Kedua tipe ini kemudian ditempatkan bersama sebagai *p-n junction*.



Gambar 5 Prinsip p-n Junction pada PV Panel

Untuk penentuan besar kapasitas terpasang yang dibangkitkan oleh *photovoltaic array* maka digunakan persamaan-persamaan berikut ini:

- Luas area *photovoltaic array*:
 
$$\text{area array} = \frac{E_L}{G_{av} \cdot \eta_{PV} \cdot TCF \cdot \eta_{output}}$$
- Daya yang dibangkitkan *photovoltaic array*:
 
$$P \text{ Watt peak} = \text{Area array} \cdot PSI \cdot \eta_{PV}$$
- Jumlah modul surya yang dibutuhkan:
 
$$\text{Jumlah modul surya} = \frac{P_{Watt Peak}}{P_{MPP}}$$

Keterangan :

- EL = pemakaian energi (kWh/hari)
- Gav = insolasi harian rata-rata matahari (kWh/m<sup>2</sup>/hari)
- ηPV = efisiensi modul surya (%)
- TCF = *temperature correction factor*
- η output = efisiensi output dari modul surya (%)

- PSI = *peak solar insolation* adalah 1000 W/m<sup>2</sup>
- P<sub>Watt Peak</sub> = daya yang dibangkitkan (Wp)
- P<sub>MPP</sub> = daya maksimum dari 1 modul surya (WP)

Untuk menghitung besar daya panel PV yang berkurang pada saat temperatur naik 1<sup>0</sup>C sebagai berikut :

$$P_{saat \text{ naik } t^{\circ}C} = 0,5\%/^{\circ}C \times P_{Mpp} \times \text{kenaikan temperatur } (^{\circ}C)$$

Daya keluaran maksimum panel PV pada saat temperatur naik jadi t<sup>0</sup>C dari angka 25<sup>0</sup>C maka dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$P_{Mpp \text{ saat naik } t^{\circ}C} = P_{Mpp} - P_{saat \text{ naik } t^{\circ}C}$$

Faktor koreksi temperatur (*Temperatur Correction Factor*, TCF) dapat dihitung sebagai berikut :

$$TCF = \frac{P_{Mpp \text{ saat naik } t^{\circ}C}}{P_{Mpp}}$$

F. Software HOMER

HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*) merupakan perangkat lunak simulasi yang mengoptimalkan sistem pembangkit tenaga listrik maupun *off-grid* (*stand-alone*) maupun *grid-connected* yang dapat terdiri atas kombinasi *photovoltaic*, mikro hidro, *battery* dan kombinasi sumber energi baru dan terbarukan lainnya serta untuk melayani beban listrik maupun beban *thermal*. HOMER akan mengurutkan data hasil keluaran simulasi dan optimasi berdasar nilai NPC terendah. Total NPC dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut ini :

$$C_{NPC} = \frac{C_{ann,tot}}{CRF(i, R_{proj})}$$

Dengan :

- $C_{ann,tot}$  = total biaya tahunan (\$/tahun)
- CRF = faktor penutupan modal
- $i$  = suku bunga (%)
- $R_{proj}$  = lama waktu suatu proyek
- $N$  = jumlah tahun

Pada *software* HOMER untuk menghitung COE, biaya produksi energi listrik tahunan dibagi dengan total energi listrik terpakai yang diproduksi, dengan persamaan sebagai berikut :

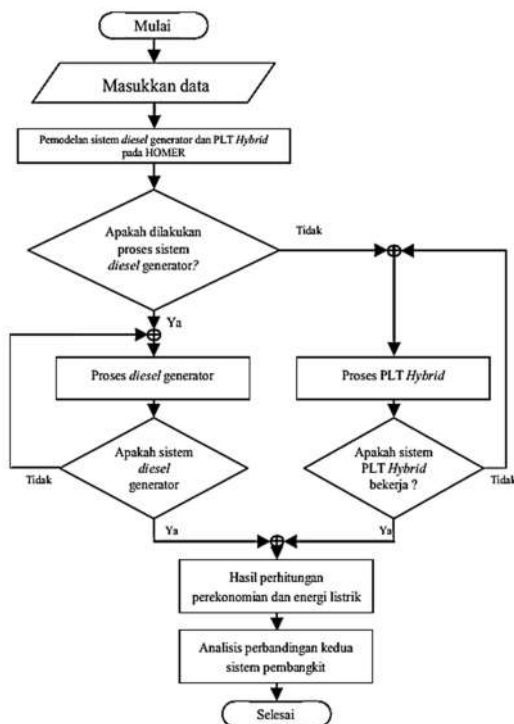
$$COE = \frac{C_{ann,tot}}{E_{grid,sales} + E_{prim,AC} + E_{def}}$$

Dengan :

- $C_{ann,tot}$  = biaya total sistem tahunan (\$/tahun)
- $E_{prim,AC}$  = beban AC utama yang terpenuhi (kWh/tahun)
- $E_{def}$  = beban *deferrable* yang terpenuhi (kWh/tahun)
- $E_{grid,sales}$  = total penjualan *grid* (kWh/tahun)

### III. METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian sebagai berikut:



Gambar 6. Flowchart Penelitian

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

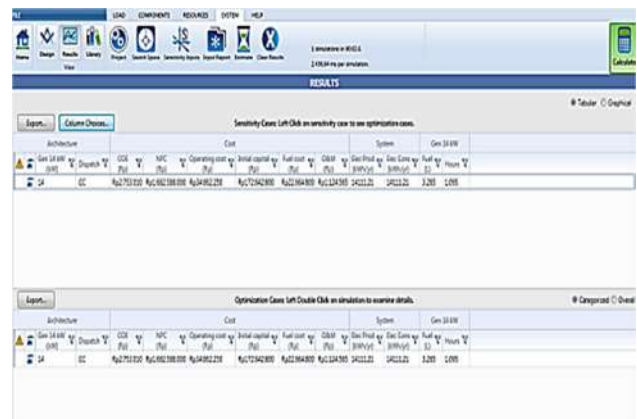
Sistem kelistrikan yang terdapat di RT pulau Semujur terdiri dari sistem Pembangkit dan pendistribusian langsung pada pemukiman warga beberapa parameter-parameter yang pada RT pulau Semujur:

Tabel 1. Parameter yang Ada

Jumlah penduduk teraliri listrik	: 73 rumah
Rata-rata daya listrik terpasang	: 178,8 Watt
lama pengoperasian <i>diesel generator</i>	: 3 jam/hari
Penggunaan bahan bakar <i>fuel solar</i>	: 9 liter/hari
Penggantian Oli mesin <i>diesel generator</i>	: 1 kali dalam 2 bulan
Biaya listrik perbulan	: Rp 30.000,00/KK
Kapasitas Daya <i>Diesel Generator</i>	: 14 kW

#### A. Analisis Kinerja Diesel Generator RT Pulau Semujur.

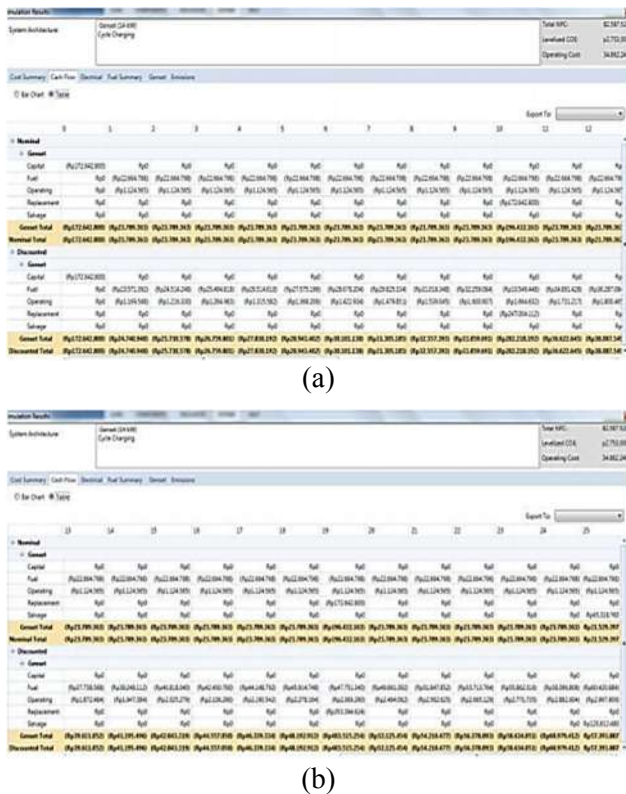
Setelah data *input* beban listrik dan parameter *diesel generator* dimasukkan, selanjutnya *software* HOMER akan menghitung besar biaya yang akan dikeluarkan dalam pemodelan sistem pembangkit listrik tenaga *diesel generator* di RT pulau Semujur.



Gambar 7. Hasil perhitungan pembangkit *diesel generator*

Dari Gambar 7 bahwa jumlah jam kerja *diesel generator* selama kurun waktu 1 tahun selama 1.095 jam menghasilkan energi listrik untuk pemukiman RT pulau Semujur sebesar 14.111,21 kWh/tahun. Dalam pengoperasian mesin *diesel generator* 14 kW menghabiskan bahan bakar minyak solar sebanyak 3.285 liter. Telah diketahui harga minyak solar Rp 6.900 maka biaya bahan bakar *fuel diesel generator* 14

kW sebesar Rp 22.664.800,00/tahun. Biaya *Net Present Cost* (NPC) yang harus dikeluarkan dalam pemodelan pembangunan untuk sistem pembangkit listrik tenaga *diesel* generator 14 kW dalam periode pembangunan selama 25 tahun yaitu sebesar Rp 1.682.588.900,00 dengan biaya produksi listrik (COE) yang dihasilkan oleh mesin *diesel* 14 kW sebesar Rp 2.753/kWh.



(a)

(b)

Gambar 8. (a) *cash flow* tahun ke-1 sampai 12, (b) *cash flow* tahun ke-13 sampai tahun ke-25

Dari Gambar 8(a) dan 8(b) menunjukkan bahwa terdapat 2 parameter biaya yaitu biaya nominal atau rincian semua biaya dari tahun ketahun menurut harga sekarang dan biaya *discounted* yaitu rincian biaya dari tahun ke 1 sampai tahun ke 25 yang dibawa pada saat sekarang dengan peningkatan setiap tahun inflasi sebesar 4%. Pada gambar (a) dan (b) dimana terjadi pergantian mesin *diesel* generator pada tahun ke 10 sebesar Rp 247.004.112,00 dan tahun ke 19 sebesar Rp 353.394.624,00 sehingga biaya NPC yang harus dikeluarkan dalam masa pengoperasian PLT *Diesel* generator 14 kW selama 25 tahun.



Gambar 9. Rincian biaya dalam pengoperasian *diesel* generator 14 kW

Dari Gambar 9 bahwa biaya pengeluaran terbesar terdapat pada *fuel cost* mesin *diesel* sebesar Rp 981.652.416,00 beroperasi selama 25 tahun kemudian biaya terendah terdapat pada pengeluaran selama perawatan mesin sebesar Rp48.706.892,00. HOMER juga menghitung biaya keuntungan (*salvage*) yang terjadi pada mesin *diesel* yang masih layak pakai diakhir umur proyek yang dilihat dari masa umur pakai mesin terhadap lamanya pengoperasian mesin *diesel*. Maka sisa biaya mesin *diesel* yang dapat dimasukkan pada kas keuntungan sebesar Rp120.812.480,00 sehingga biaya NPC yang harus dikeluarkan selama 25 tahun sebesar Rp 1.682.588.288,00.

B. Pemodelan PLT Hybrid Diesel Generator dan Photovoltaic Array

Parameter dan harga komponen yang mendukung dalam pemodelan sistem *hybrid* pada *software* HOMER. Untuk menentukan jumlah PV yang dibutuhkan maka jenis PV panel yang akan direncanakan dalam pemodelan sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid diesel* generator dan *photovoltaic array* memiliki rincian spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi PV panel TN 200N

Rated Power ( $P_{max}$ )	200 Watt
Efisiensi <i>Cell</i>	18,69 %
Tegangan pada $P_{max}$ ( $V_{mp}$ )	37,5 Volt
Arus pada $P_{max}$ ( $I_{mp}$ )	5,33
Tegangan Voc	46,5
Arus Short Circuit ( $I_{sc}$ )	5,62
Max System Voltage	1000
Standard test condition	25°C
size	1580 * 808* 35 mm

Nilai TCF atau nilai faktor perubahan temperatur dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{\text{saat naik } t^{\circ}\text{C}} = 0,5\%/^{\circ}\text{C} \times P_{Mpp} \times \text{kenaikan temperatur } (^{\circ}\text{C})$$

$$P_{Mpp \text{ saat } 28,2^{\circ}\text{C}} = 0,5\%/^{\circ}\text{C} \times 200\text{W} \times (28,2 - 25)^{\circ}\text{C}$$

$$= 3,2 \text{ Watt}$$

Untuk daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperatur naik menjadi 28,2 °C adalah sebagai berikut:

$$P_{Mpp \text{ saat naik } t^{\circ}\text{C}} = P_{Mpp} - P_{\text{saat naik } t^{\circ}\text{C}}$$

$$P_{Mpp \text{ saat } 28,2^{\circ}\text{C}} = 200\text{W} - 3,2\text{W}$$

$$= 196,8 \text{ Watt}$$

Dari perhitungan di atas maka luas PV dapat diperoleh sebagai berikut :

$$PV \text{ area} = \frac{38,661 \text{ kWh}}{\frac{4,28\text{kWh}}{\text{m}^2} \times 18,69\% \times 0,984 \times 0,76}$$

$$PV \text{ area} = \frac{38,661 \text{ kWh}}{0,59}$$

$$PV \text{ area} = 65,5\text{m}^2$$

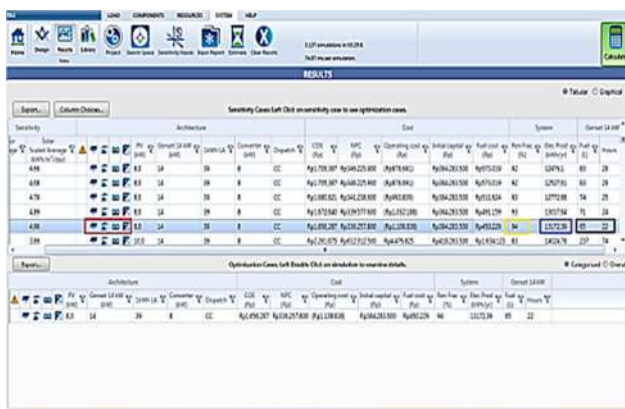
Dengan nilai area array sebesar 65,5 m<sup>2</sup>, PSI (*Peak Sun Insolation*) adalah 1000 W/m<sup>2</sup> dengan efisiensi panel surya sebesar 18,69 % maka :

$$P \text{ watt peak} = 65,5 \text{ m}^2 \times \frac{1000\text{W}}{\text{m}^2} \times 18,69\%$$

$$P \text{ watt peak} = 12.241 \text{ Watt}$$

C. Analisis Kinerja PLT Hybrid dengan Software HOMER

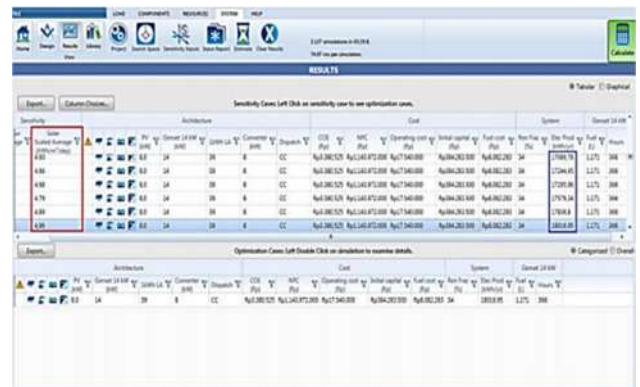
Hasil analisis perhitungan yang disimulasikan oleh software HOMER dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 10. Komposisi Photovoltaic Maksimum

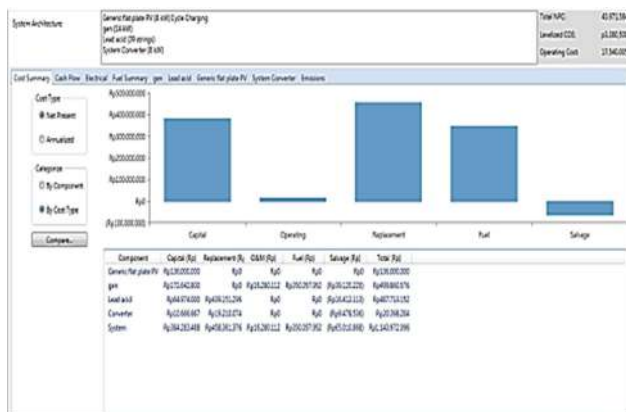
Sistem Hybrid diesel generator dan photovoltaic array beroperasi dilihat dari indikasi ke 4 komponen yang muncul pada kotak bergaris merah dimana hasil perhitungan berdasarkan software HOMER komposisi daya yang disuplai oleh sistem photovoltaic array

sebesar 94 % pada kotak berwarna kuning dan jumlah jam kerja pada diesel generator selama 22 jam mengabiskan bahan bakar minyak sebesar 62 liter pada kotak berwarna hitam, namun sistem dengan kombinasi hybrid pada komposisi ini menghasilkan energi listrik pertahun sebesar 13.172 kWh sehingga komposisi sistem ini tidak dapat memenuhi kebutuhan energi listrik yang ada di pemukiman RT pulau Semujur sebesar 14.111,21 kWh/tahun.



Gambar 11. Penentuan Kondisi Optimum Sistem PLT Hybrid Diesel Generator dan Photovoltaic Array Renewable Fraction 34%

Berdasarkan keenam angka tersebut kondisi tertinggi yang menghasilkan energi listrik paling besar terdapat pada insolasi matahari sebesar angka 4,96 (kWh/m<sup>2</sup>/hari) dimana jika kondisi insolasi matahari tersebut adalah nilai rata-rata pertahun, maka energi yang dihasilkan pada sistem hybrid sebesar 18.016,95 kWh/tahun. Dalam konfigurasi sistem PLT hybrid pada pulau Semujur dipilih insolasi matahari terendah sebesar 3,99 kWh/m<sup>2</sup>/hari yaitu pada bulan desember diasumsikan untuk mencukupi kebutuhan listrik pertahun sebesar 14.111,21 kWh/tahun dengan energi listrik yang dihasilkan sebesar 15.515,01 kWh/tahun maka pemodelan sistem PLT hybrid pada pulau Semujur memiliki kelebihan energi listrik sebesar 1.404,8 kWh/tahun atau sekitar 9,9% cukup memenuhi sebanyak 7 kepala keluarga untuk mengatasi pertumbuhan penduduk dimasa mendatang dan dapat menekan biaya bahan bakar sebesar Rp14.582.517/tahun atau sekitar 64,3% dari kebutuhan bahan bakar minyak yang ada pada pemukiman RT pulau Semujur.



Gambar 12. Rincian Biaya PLT Hybrid

Untuk pengoperasian sistem PLT hybrid biaya *replacement cost* pada mesin *diesel* generator 14 kW sebesar Rp0,00. Hasil perhitungan oleh *software* HOMER menunjukkan NPC yang dikeluarkan pada pengoperasian mesin *diesel* generator sendiri sebesar Rp 1.682.588.288,00 lebih besar jika dibandingkan saat setelah sistem *hybrid diesel* generator dan *photovoltaic array* dilakukan dengan biaya yang dikeluarkan selama pengoperasian mesin *diesel* sebesar Rp 499.860.576,00 biaya *net present cost* (NPC) pada sistem PLT hybrid sebesar Rp 1.143.972.000,00.

### V. KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisis hasil simulasi pemodelan oleh *software* HOMER berupa ; pengamatan dan perhitungan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pemodelan sistem pembangkit listrik tenaga hybrid di pulau Semujur dapat mengurangi biaya bahan bakar minyak sebesar 64,3% dari konsumsi mesin *diesel* generator saja.
2. Biaya NPC pada sistem hybrid lebih rendah jika dibandingkan *diesel* generator beroperasi sendiri dan dari segi energi listrik sistem PLT Hybrid memiliki kelebihan energi sebesar 9,9% atau sekitar 7 KK untuk menunjang pertumbuhan penduduk.

### REFERENSI

- [1]. Evi, D. P., 2015, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Meteorologi Pangkalpinang “data suhu rata-rata dan penyinaran matahari periode 2012-2014”, 2015.
- [2]. KESDM, 2015, Siaran Pers, “Penetapan harga BBM 1 juni 2015”, diakses pada 03 Juni 2015, <http://www.esdm.go.id>.
- [3]. Kunaifi., 2010, Penggunaan Program HOMER Untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Hibrida di Propinsi Riau. Jurnal Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, diakses pada 28 Februari 2015, <http://repository.upnyk.ac>.
- [4]. NASA Surface Metereology and Solar Energy Data. (2013, 11 Agustus ), *Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface*,. diakses pada 18 Februari 2015, <http://www.data.nasa.gov/surfacemeteorology-and-solar-energy>.
- [5]. Prabowo, I.E., 26 November 2011, Seminar Pelatihan Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Pangkalpinang.
- [6]. Sari, D.P., 2015, Optimalisasi Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Diesel Generator – Photovoltaic Array Menggunakan HOMER. Jurnal Nasional Teknik Elektro, vol. 4, Padang diakses pada 27 Februari 2015, <http://www.jnte.ft.unand.ac.id/index>.
- [7]. Suherman., (2012, 2 Agustus), “PLTS Rusak, Pulau Semujur Tak Benderang Lagi”, Bangka Pos, diakses pada 09 Maret 2015, <http://bangka.tribunnews.com/2012/08/02>.
- [8]. Sumanto. 2005. Pengetahuan Bahan Untuk Mesin & Listrik, Andi Publishing, Jakarta.
- [9]. Susilo, G.H., 2014, Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik Hidbrida, Diesel dan Energi Terbarukan di Pulau Enggano, Bengkulu Utara Menggunakan Perangkat Lunak HOMER. Jurnal Universitas Diponegoro Semarang, diakses pada 26

Februari 2015, <http://www.elektro.undip.ac.id>.

- [10]. The HOMER Pro 3 Software. HOMER 3 Version 3.2.3. diakses pada 15 Februari 2015, <http://www.homerenergy.com>.
- [11]. Zuhaili. 1991. Dasar Tenaga Listrik. ITB Bandung, Bandung.