

Model Perancangan Pembangkit Hibrid Tenaga Surya-Diesel dengan Aplikasi Homer Pro V3.9.1

Matius Sau dan Hestikah Eirene Patoding
Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 13 Daya Makassar, 90243
e-mail: sau_tpsdp@yahoo.com

Abstrak—Kelangkaan bahan bakar minyak (BBM) saat ini menimbulkan kenaikan harga sehingga industry maupun masyarakat menjerit. Hal ini terjadi karena sumber BBM yang semakin menipis sedangkan kebutuhan semakin meningkat, karena itu dibutuhkan sumber energy alternative. Penelitian ini bertujuan untuk membuat pengembangan model dan prototipe Pembangkit hybrid Tenaga Surya dan Tenaga Diesel sehingga suplai energi listrik kepada masyarakat dapat terpenuhi secara kontinu. Hasil Penelitian diperoleh bahwa pengembangan kapasitas daya listrik yang dihasilkan secara simulasi sistem hibrid sebesar 169 W. Penelitian sebelumnya, rancangan prototipe pembangkit hibrid menghasilkan daya sebesar 37,15 W, dapat menyalakan lampu dengan daya 55 W selama $\pm 5,404$ jam dengan pengisian accumulator selama 8 jam dari pukul 08.00 -16.00. Daya sebesar 169 diharapkan mampu menerangi kelompok masyarakat secara kontinu.

Kata kunci: *sistem hybrid, surya, diesel/genset*

Abstract— The scarcity of fuel oil currently increases of prices so that the industry and society scream. This happens because the source of fuel is increasingly depleted while the need is increasing, because it takes alternative energy sources. This research aims to make the development of model and prototype of Hybrid Solar and Diesel Power Plant so that the supply of electric energy to the community can be fulfilled continuously. The result of research shows that the development of electric power capacity generated with simulation by hybrid system is 169 W. Previous research, the hybrid generator prototype design generates 37.15 W of power, can turn on 55 W lamp for $\pm 5,404$ hours by charging accumulator for 8 hours from 08.00 -16.00. The power of 169 W is expected to turn on the light in the community continuously.

Keywords: *hybrid system, solar cell, diesel/genset*

Copyright © 2017 SNETE. All right reserved

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi yang semakin meningkat seiring dengan kebutuhan masyarakat, seperti penggunaan peralatan yang dominan menggunakan tenaga listrik. Kondisi ini berdampak pada penyediaan energy listrik yang semakin bertambah namun sumber energy listrik khususnya yang menggunakan energy fosil semakin menipis, sehingga dibutuhkan sumber energy alternative seperti tenaga surya, tenaga angin, tenaga panas bumi dan lain sebagainya.

Wilayah Indonesia yang terdiri dari kepulauan, masih banyak daerah yang tidak terjangkau oleh Listrik PLN sehingga daerah tersebut menggunakan Genset atau pembangkit listrik tenaga diesel. Hal ini terkendala pada biaya bahan bakar yang cukup mahal dan biaya distribusi yang tinggi.

Peningkatan pertumbuhan ekonomi masyarakat pedesaan membutuhkan banyak hal salah satunya adalah ketersediaan energy listrik. Untuk mencapai hal ini maka tulisan ini mengembangkan hasil penelitian sebelumnya mengenai desain sistem hibrid pembangkit listrik tenaga

surya dengan pembangkit listrik tenaga diesel sebagai alternatif hemat energi [1], dengan mengembangkan model dan membuat prototipe sistem hibrid tenaga surya dengan diesel sebagai upaya mengantisipasi krisis listrik di pedesaan dan juga sebagai solusi hemat energi dengan pemanfaatan energi surya.

II. STUDI PUSTAKA

A. Modul Surya / PV

Modul surya merupakan gabungan beberapa sel surya yang terhubung secara seri. Satu sel surya menghasilkan tegangan 0.45 Volt [2]. Tegangan ini sangat rendah untuk dapat dimanfaatkan secara praktis, sehingga diperlukan sejumlah sel surya yang dihubungkan secara seri. Modul surya yang standar dengan 36 atau 40 buah sel surya semi kristal silikon yang masing-masing berukuran 10 x 10 cm, menghasilkan daya sebesar 38 hingga 50 watt pada tegangan 12 volt pada saat disinari cahaya matahari dengan intensitas penuh.

Penentuan jumlah modul surya dapat dihitung

menggunakan Persamaan (1) berikut [3],

$$n = \frac{P}{P_n} \tag{1}$$

dimana:

P = Daya yang direncanakan (kWp)

P_n = Kapasitas daya listrik setiap modul surya (Wp).

1. Bidirectional Inverter

Bi Directional Inverter atau sering disebut Inverter berfungsi untuk mengubah tegangan arus searah (DC) menjadi tegangan arus bolak balik (AC).

Pada PLTS, inverter ini berfungsi untuk mengubah tegangan arus searah dari Modul surya menjadi tegangan arus bolak balik yang dapat terhubung ke beban. Selain itu, inverter juga dapat mengubah tegangan arus searah pada Accumulator menjadi tegangan arus bolak balik.

Kapasitas dari Inverter tergantung pada kapasitas modul surya yang akan digunakan.

2. Solar Charge Controller /MPPT

Solar charge controller /MPPT merupakan seperangkat komponen elektronika yang berfungsi untuk:

- a. Mengatur transfer energi dari modul surya (PV) ke Accumulator / Baterai dan ke beban secara efisien dan semaksimal mungkin
- b. Melindungi baterai dari pengisian berlebih (*overcharge*) dengan cara memutuskan proses pengisian baterai pada tegangan batas atas
- c. Melindungi pengosongan berlebih (*overdischarge*) dengan memutuskan prose pengosongan baterai



(a) (b)

Gambar 1. (a) Panel Polycrystalline, (b) dan Panel Monocrystalline



Gambar 2. Inverter pure sine wave 12-24 Volt

- d. Memperpanjang umur baterai

3. Accumulator / Battery

Accumulator adalah media penyimpan muatan listrik. Secara garis besar accumulator dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksi.

Berdasarkan aplikasi maka accumulator dibedakan menjadi 2 yaitu

- 1. Engine starter (otomotif). Accumulator otomotif umumnya dibuat dengan pelat timbal yang tipis namun banyak sehingga luas permukaannya lebih besar. Dengan demikian Accumulator ini bisa menyuplai arus listrik yang besar pada saat awal untuk menghidupkan mesin.
- 2. Deep cycle. Accumulator deep cycle biasanya digunakan untuk sistem fotovoltaik (*solar cell*) dan *back up power*, dimana Accumulator mampu mengalami *discharge* hingga muatan listriknya tinggal sedikit.

Keawetan accumulator berkaitan dengan banyaknya *discharging* pada kedua jenis accumulator tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Secara konstruksi accumulator dibedakan menjadi tipe basah (konvensional, *flooded lead acid*), *sealed lead acid* (SLA), *valve regulated lead acid* (VRLA), gel, dan AGM (*absorbed glass mat*), semuanya merupakan accumulator yang berbasis asam timbal (*lead acid*). Tabel 2 menunjukkan voltase yang diperlukan untuk proses *absorption charging* (dengan arus maksimum) dan *float charging* (untuk mencegah *self discharge*) pada jenis-jenis Accumulator tersebut.

Tabel 1. Siklus pengisian pada jenis accumulator otomotif dan deep cycle

Depth of Discharge	Starter Battery	Deep-cycle Battery
100%	12-15 cycles	150-200 cycles
50%	100-120 cycles	400-500 cycles
30%	130-150 cycles	1,000 and more cycles



Gambar 3. Solar charge controller MPPT 12/24 volt (auto), 30 A

Tabel 2. Voltage charging untuk berbagai jenis Accumulator

Lead Acid Battery Type Summary						
Type	SLI	DC	SP	Typical Absorption Voltage Range:	Typical Float Voltage Range:	
Flooded	X	X	x	14.2V to 14.5V	13.2V to 13.5V	
Sealed	X	X	x	14.2V to 14.5V	13.2V to 13.5V	
WRLA	x	x	X	14.2V to 14.5V	13.2V to 13.5V	
AGMS	x	X	X	14.4V to 15.0V	13.2V to 13.8V	
GEL	x	x	X	14.8V to 14.2V	13.2V to 13.4V	

SLI = Starting, Lighting, Ignition; DC = Deep Cycle; SP = Standby Power
 Capital X = much use, Small Case x = some use.
 Besides those listed, all battery types can be used in all applications. More AGM batteries are now being used in SLI applications, particularly in motorcycles and sports watercraft, while flooded and sealed lead acid batteries are still most commonly used, particularly for automotive SLI.
 Notice the wide range of absorption and float voltages for the AGM battery.

Untuk keberlangsungan suatu sistem agar dapat beroperasi dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan beban, maka perlu mempertimbangkan keadaan cuaca tanpa sinar matahari (*autonomi days*) yang umumnya dihitung selama 5 hari.

Untuk menghitung kapasitas baterai digunakan Persamaan (2),

$$C_b = \frac{E_b \times d}{V \times K_b} \tag{2}$$

dengan:

- E_b = Energi yang dibutuhkan beban per hari (kW-jam)
- V = Tegangan kerja baterai = 12 Volt atau 24 Volt
- d = Jumlah hari tanpa radiasi/tahun = 5 hari/tahun
- K_b = Efisiensi charging/discharging baterai (DOD) = 0,8.

4. Kapasitas fotovoltaik yang dibutuhkan

Kapasitas daya fotovoltaik yang dibutuhkan tergantung dari energi beban yang dibutuhkan dan radiasi matahari harian yang tersedia di lokasi. Menurut SNI 04-6394-2000, didefinisikan bahwa energi yang harus dikeluarkan oleh modul fotovoltaik :

$$E_{out} = P_{rate} \times H, \tag{3}$$

Dengan

- E_{out} = Energi yang dikeluarkan harian rata-rata (Juoule)
- P_{rate} = daya rata-rata (Watt)
- H = Rata-rata radiasi harian.

Untuk memenuhi energi yang dibutuhkan oleh beban maka energi luaran harian rangkaian rata-rata harus ditambahkan energi yang hilang dalam sistem sebesar 25 % dari energi luaran harian rata-rata.

$$E_{loss} = 25\% \times E_{out}, \tag{4}$$

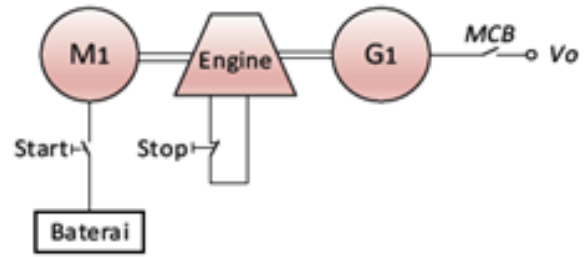
$$E_{suplai} = E_{beban} + E_{Loss}, \tag{5}$$

dengan:

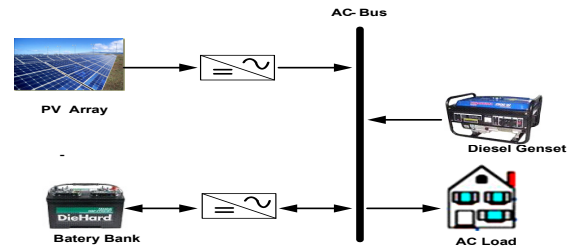
- E_{loss} = Energi yang hilang
- E_{suplai} = Energi yang dibangkitkan untuk mencatu beban
- E_{beban} = Energi yang dibutuhkan.

5. Kinerja sel surya

Keterbatasan penyinaran matahari yang tidak selalu bersinar terang setiap hari dapat diatasi dengan menggunakan baterai. Sehingga nantinya energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya dapat disimpan dalam baterai dan digunakan untuk kebutuhan di malam hari. Dari hasil



Gambar 4. Single line Genset [7]



Gambar 5. Sistem pembangkit hibrid kopling AC terpusat (*Centralized AC-coupled Hybrid Power Systems*) [8]

penelitian yang dilakukan mendapatkan data bahwa sel surya menghasilkan arus listrik paling kuat untuk suplai pada jam 12 – 13 siang dengan sudut kemiringan optimum sebesar 15°.

B. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel /Genset

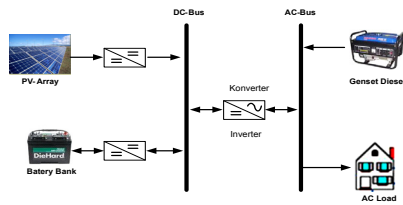
Pembangkit Listrik Tenaga Diesel dalam penelitian ini dinyatakan sebagai sebuah *Genset (generator set)* yang bekerja menggunakan BBM. Genset merupakan sebuah perangkat yang menghasilkan daya listrik, yang diperoleh dari hasil konversi energy mekanik menjadi energi listrik. *Genset* terdiri dari dua perangkat utama yaitu *engine* dan generator (G_1) serta didukung oleh motor starter (M_1), baterai dan perangkat kontrol lainnya seperti ditunjukkan pada Gambar 4 [4].

Bila tombol *start* di tekan, motor *starter* M_1 bekerja dan memutar (*starting*) *engine*, bila *engine* sudah berkerja maka tombol *start* di lepas, selanjutnya sekitar 10 detik generator (G_1) bekerja lalu MCB dapat di *on* untuk mensuplai daya kebeban. Bila tombol *stop* ditekan, maka *engine* akan berhenti (*Off*).

C. Hybrid PLTS – Genset (PLTD)

Istilah Hybrid diartikan dengan penggunaan 2 atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda, umumnya digunakan untuk captive genset, sehingga diperoleh sinergi yang memberikan keuntungan ekonomis maupun teknis yang berarti keandalan system suplai. Pemodelan system hybrid dapat dinyatakan dalam dua bentuk hubungan AC terpusat yang ditunjukkan Gambar 5 dan AC dan DC terpusat seperti pada Gambar 6.

Gambar 6 Sistem pembangkit hibrid kopling AC dan DC terpusat (*Centralized AC and DC-coupled Hybrid Power Systems*).



Gambar 6. Sistem pembangkit hibrid kopling AC dan DC terpusat (Centralized AC and DC-coupled Hybrid Power Systems) [9]

1. Perancangan Kapasitas Pembangkit

Dalam perancangan pengembangan model pembangkit dibutuhkan data total beban (P) dan waktu (t) yang akan dilayani, berikutnya menghitung kapasitas masing-masing komponen.

a. Perencanaan untuk Genser/Diesel.

Daya listrik yang dapat dihasilkan oleh *Genset/Diesel* dapat dihitung dengan:

$$P_{ac} = V \times I \times \cos \Phi, \quad (6)$$

Dengan

V = tegangan AC (volt)

I = Arus listrik (Ampere)

$\cos \phi$ = factor kerja

b. Perencanaan untuk PLTS

Energi yang dibutuhkan adalah:

$$E_{ac} = P_{ac} \times t, \quad (7)$$

dengan

E_{ac} = energy total yang dibutuhkan (Ah)

P_{ac} = total beban yang dilayani (W)

t = total waktu yang dibutuhkan untuk melayani beban (jam)

c. Kapasitas Battery

Kapasitas Battery dalam Ampere-Hour (Ah) dapat dihitung berdasarkan total beban yang dilayani dan waktu beban tersebut beroperasi adalah:

$$P_{ac} = V_{RMS} \times I_{RMS} \times PF, \quad (8)$$

$$E_{ac} = P_{ac} \times t$$

$$E_{ac} = V_{RMS} \times I_{RMS} \times PF \times t \quad (9)$$

dengan:

P_{ac} = Total daya konsumen (Watt)

E_{ac} = Total Energi Konsumen (Wh)

V_{RMS} = Tegangan system (12 V DC)

I_{RMS} = Arus listrik yang disuplai (A)

PF = Asumsi factor konversi energy Battery (Power factor = 0,9)

t = Waktu (jam),

sehingga,

$$I_{RMS} \times t = \frac{E_{ac}}{V_{RMS} \times PF}, \quad (10)$$

dengan,

$I_{RMS} \times t$ = kapasitas *battery* (Ah)

Nilai efisiensi kerja dari Inverter sebesar 90%, maka sisanya 10% terbuang menjadi panas maka ditambahkan

kembali nilai kapasitas battery sebesar 10% dari nilai Ampere hour (Ah) sebelumnya. Dengan demikian jumlah Battery yang dibutuhkan adalah

$$n_b = \frac{I_{RMS} \times t}{E_b}, \quad (11)$$

dengan

n_b = jumlah battery

E_b = kapasitas battery (Ah).

d. Panel Surya

Dalam menghitung kapasitas panel surya dibutuhkan total daya konsumen ditambahkan dengan kebutuhan untuk mengisi battery, maka yang pertama diketahui adalah besarnya arus yang digunakan untuk mengisi battery selama 10 jam adalah:

$$I_{ch} = \frac{I_{RMS} \times t_d}{t_s}, \quad (12)$$

dengan:

I_{ch} = Arus pengisian battery (A)

$I_{RMS} \times t_d$ = Kapasitas Battery dengan DOD (Ah)

t_s = lama penyinaran matahari (jam).

Dengan solar panel yang mampu menghasilkan Output sebesar 50 Wh, maka jumlah panel surya yang dibutuhkan adalah:

$$n_p = \frac{E_{ac}}{E_p}, \quad (13)$$

dengan

n_p = jumlah panel

E_{ac} = total dari energy battery dan energy konsumen (beban)

E_p = kapasitas panel (Wh).

e. Charge Controller

Jumlah charge controller yang dibutuhkan tergantung pada beban maksimum yang diperbolehkan pada alat tersebut. Untuk charge *Solar Charge Controller MPPT30 12/24 volt (auto)* artinya beban maksimum yang dapat dilayani adalah 30 Ampere, maka jumlah charge controller yang digunakan untuk mengisi Battery adalah

$$n_{cg} = \frac{Ah_b}{I_{max-cg} \times t_s}, \quad (14)$$

dengan

N_{cg} = jumlah charge controller

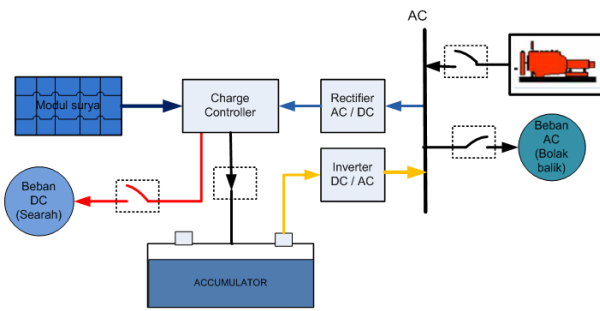
Ah_b = kapasitas *Bateery* (A-hour)

I_{max-cg} = arus maksimum charge controller (A)

t_s = waktu penyinaran (jam).

f. Power Inverter

Power inverter dihitung berdasarkan beban maksimum yang diperbolehkan pada alat tersebut. Misalkan Power Inverter 500 W VMI-P500, memiliki beban maksimum sebesar 500 W. Dengan demikian untuk energy listrik yang dibutuhkan dalam 1 jam untuk daya 500 W adalah



Gambar 7. Skema *system hybrid* PLTS dan PLTD/Genset [10]

500 Wh maka jumlah inverter yang dibutuhkan adalah:

$$n_i = \frac{E_{ac}}{E_i}, \quad (15)$$

dengan

n_i = jumlah inverter

E_{ac} = Energi total (Watt jam)

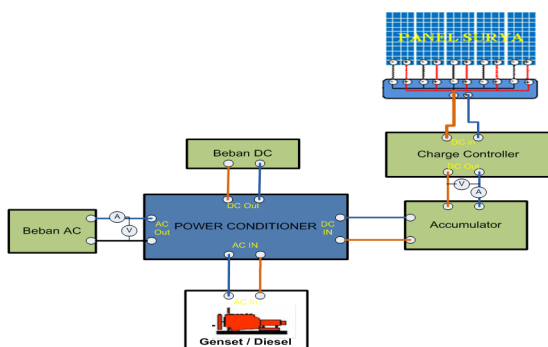
E_i = kapasitas dari inverter (Watt jam).

III. METODE PENELITIAN

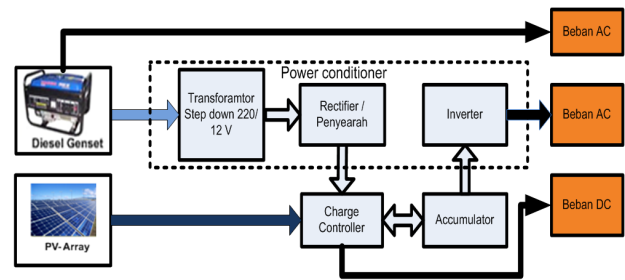
Pengembangan *system hybrid* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Genset/Diesel ditinjau dari segi:

- Pengembangan kapasitas modul dari 1 panel surya dengan kapasitas 5 x 10 Wp menjadi 4 x 50 Wp.
- Peralatan charge controller MPPT 30 A dengan tegangan 12 - 24 Volt
- Peralatan penyearah (*Rectifier*) sebagai pengubah tegangan arus AC menjadi tegangan arus DC dari Genset/Diesel
- Pengembangan kapasitas peralatan *inverter* yang berfungsi untuk mengubah tegangan arus DC menjadi tegangan Arus AC
- Pengembangan Kapasitas Battery 12 V - 32 Ah menjadi Battery VRLA 12 V -100 Ah.
- Kapasitas Genset diasumsikan tetap.

Metode yang dilakukan dalam pengembangan kapasitas daya dari *system hybrid* ini adalah merencanakan kebutuhan daya listrik yang akan dilayani, kemudian menganalisis komponen peralatan Hibrid untuk PLTS dan Genset/PLTD, sehingga dapat diperoleh total daya output



Gambar 8. Blok rangkaian pengawatan sistem kerja hybrid PLTS dengan Genset / PLTD [11]



Gambar 9. Diagram blok sistem kerja *power conditioner* [13]

selanjutnya disimulasikan menggunakan software Homer Pro V3.9.1.

Prosedur pengembangan *system hybrid* dilaksanakan dengan beberapa tahapan yaitu:

- Membuat blok skema *system hybrid* (Gambar 7).
- Membuat blok rangkaian pengawatan dari sistem *hybrid* PLTS dengan PLTD/Genset (Gambar 8).

Sistem *Hybrid* PLTS dengan Genset yang telah dibuat dapat dilihat pada blok rangkaian pada Gambar 10.

Pada gambar 11 terlihat bahwa bagian-bagian dari rangkaian meliputi bagian PLTS (Panel Surya) dan Genset, rangkaian *Power Conditioner* (Penyearah/*Rectifier* dan *Inverter*) dan beban.

PLTS dan Genset berfungsi untuk menghasilkan tenaga listrik secara bersama-sama tetapi dapat dioperasikan secara bergantian. Untuk Genset dihubungkan dengan rangkaian penyearah untuk mengisi *accumulator* dan beban DC, demikian juga untuk PLTS dihubungkan dengan Solar Charge controller untuk mengisi *Accumulator* dan beban DC.

Rangkaian penyearah digunakan untuk merubah tegangan AC menjadi tegangan DC sesuai dengan batas maksimal pada tegangan *accumulator* dan tegangan yang diperlukan oleh *Power Conditioner*. *Accumulator* berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang berasal dari PLTS dan Genset.

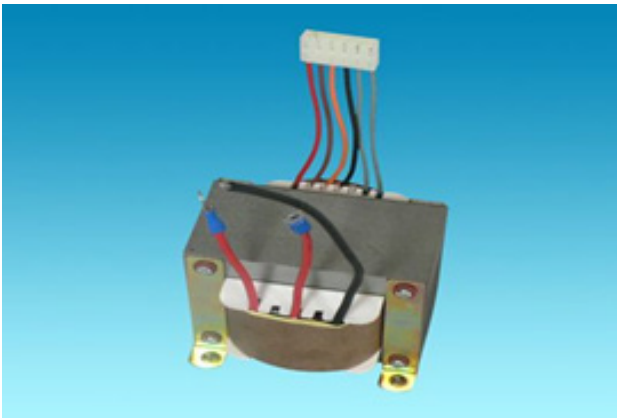
Transfer Switch atau pemutus yang dipasang pada sisi Generator berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan suatu hubungan energi listrik yang dihasilkan oleh Genset.

Dari Gambar 9, dapat dijelaskan sebagai berikut:

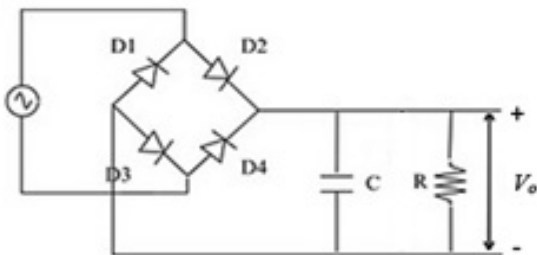
- Transformator/travo *Step Down* dan penyearah (*Rectifier*) Gambar 10). Transformator step down dan rangkaian *Rectifier* ini berfungsi untuk menurunkan tegangan AC dari 220 Volt ke tegangan DC 12 Volt atau tegangan DC 24 Volt.
- Rangkaian Penyearah dan *Charge Controller* (Gambar 11)
- Rangkaian *Inverter* (Gambar 12)
- Battery / Accumulator* (Gambar 13)
- Panel Surya (Gambar 14).
- Genset / PLTD (Gambar 15).

Menghitung kapasitas masing-masing komponen untuk beban yang direncanakan sebesar 500 Wp

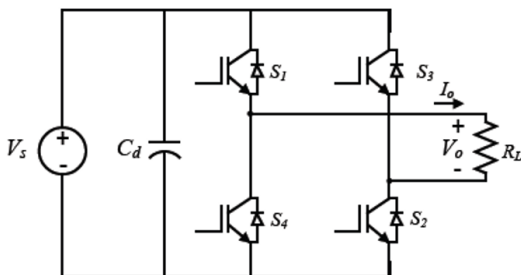
Membuat model simulasi pengembangan *system hybrid* menggunakan Aplikasi/software Homer Pro 3.9.1 (Gambar 16) [5].



Gambar 10. Transformator Step Down



Gambar 11. Rangkaian penyearah dan charger controller



Gambar 12. Rangkaian inverter 12 V DC – 220 V AC

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data beban yang direncanakan sebesar 500 Wp atau 4.05 kWh/d seperti pada Tabel 3. Menghitung kapasitas masing-masing komponen untuk kebutuhan/beban yang direncanakan sebesar 500 Wp.

Energy yang dibutuhkan dalam 1 jam berdasarkan Persamaan 7 adalah

$$E = 500 \times 1$$

$$E = 500 Wh.$$

• Kapasitas Battery

Total waktu yang dibutuhkan konsumen dalam menyalakan peralatan listrik seperti lampu dan peralatan lain dengan beban rata-rata (P) sebesar 169 Watt adalah 14 Jam karena 12 jam matahari tidak bersinar sedangkan pengisian battery yang efektif pada cuaca terik dari 07.00 – 17.00), maka total energy yang dibutuhkan adalah:

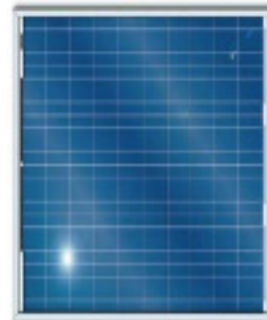
$$E = P_r \times t$$

$$E = 169 \times 14$$

$$E = 2366 Wh$$



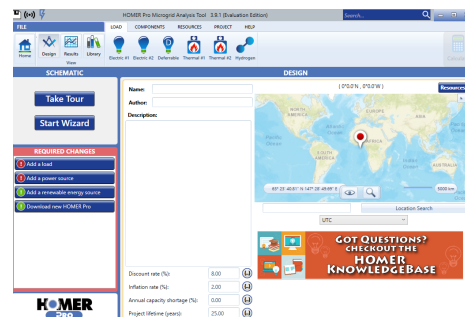
Gambar 13. Accumulator / battery jenis VRLA 12 V-100 Ah



Gambar 14. Panel surya jenis polycrystalline kapasitas 50 Wp [6]



Gambar 15. Genset/PLTD dengan Kapasitas 600 VA



Gambar 16. Tampilan awal aplikasi homer pro V3.9.1

dengan:

P_r = daya rata-rata konsumen dalam sehari (Watt).

Jadi kapasitas Battery dalam Ampere-Hour (Ah) berdasarkan Persamaan 10 adalah:

$$I_{RMS} \times t = \frac{E_{ac}}{V_{RMS} \times PF}$$

$$I_{RMS} \times t = \frac{2366}{12 \times 0.9}$$

$$I_{RMS} \times t = 219,07 Ah$$

dibulatkan menjadi 219 Ah.

Nilai efisiensi kerja dari Inverter sebesar 90%, maka sisanya 10% terbuang menjadi panas maka ditambahkan kembali nilai kapasitas battery sebesar 10% dari nilai

Tabel 3. Data beban harian

Waktu (jam)	Beban (kW)	Waktu (jam)	Beban (kW)
00.00	0.060	12.00	0.250
01.00	0.060	13.00	0.220
02.00	0.060	14.00	0.180
03.00	0.060	15.00	0.160
04.00	0.090	16.00	0.150
05.00	0.180	17.00	0.200
06.00	0.270	18.00	0.240
07.00	0.260	19.00	0.297
08.00	0.211	20.00	0.270
09.00	0.140	21.00	0.190
10.00	0.150	22.00	0.100
11.00	0.180	23.00	0.070
12.00	0.250	Total	4.050

Ampere hour (Ah) yang telah diperoleh maka kapasitas battery menjadi:

$$I_{RMS} \times t = 219 + (10\% \times 219) Ah$$

$$I_{RMS} \times t = 240.98 Ah.$$

Dikarenakan perhitungan kapasitas battery tidak selalu ideal karena battery tidak boleh digunakan sampai habis sehingga DOD (Depth of Discharge) yang mempengaruhi masa hidup battery (battery life of cycle) maka perlu dipertimbangkan. Misalkan Battery dengan Jenis VRLA 100 Ah memiliki rating tegangan maksimum 12 Volt dengan kapasitas sebesar 100 Ah, maka kapasitas yang dapat dihitung hanya sebesar 80% dari 100 Ah sedangkan 20% untuk menghindari DOD, jadi:

$$I_{RMS} \times t = 240.98 + (20\% \times 240.8) = 289.18 Ah$$

Dengan demikian jumlah Battery yang dibutuhkan sesuai dengan Persamaan 11 adalah,

$$n_b = \frac{289.18}{100} = 2.89 \text{ buah}$$

Dibulatkan menjadi **3 buah battery** dengan kapasitas masing-masing 100 Ah..

- Panel Surya

Dalam menghitung kapasitas panel surya dibutuhkan total daya konsumen ditambahkan dengan kebutuhan untuk mengisi battery.

Diketahui bahwa energy total kebutuhan adalah:

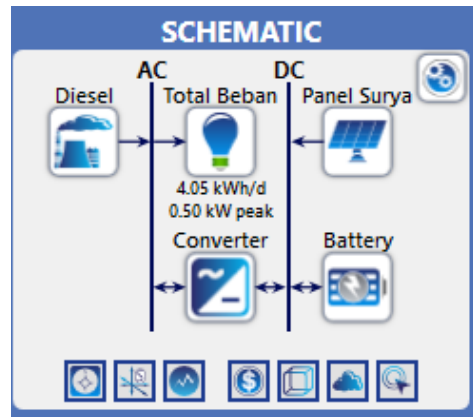
$$E = 500 Wh,$$

Total kapasitas Battery dengan DOD adalah:

$$I_{RMS} \times t_d = 289.18 Ah$$

karena solar cell hanya dapat bekerja efektif selama 10 jam yaitu dari jam 07.00 – 17.00 (kondisi Cerah), maka total daya yang dibutuhkan untuk mengisi battery selama 10 jam sesuai dengan Persamaan 12 adalah,

$$I_{ch} = \frac{289.18}{10} = 28.92 A.$$



Gambar 17. Skematik Aplikasi Homer Pro V3.9.1 berdasarkan kebutuhan beban 500 Wp (www.homer energy.com)

Dengan solar panel yang mampu menghasilkan Output sebesar 50 Wh, maka jumlah panel surya yang dibutuhkan adalah:

$$n_p = \frac{E_{ac}}{E_p} = \frac{812.31}{50} = 16.24 \text{ buah}$$

Dibulatkan menjadi 16 buah.

- Charge Controller

Jumlah *charge controller* yang dibutuhkan tergantung pada beban maksimum yang diperbolehkan pada alat tersebut. Untuk *charge Solar Charge Controller MPPT30 12/24 Volt (auto)* artinya beban maksimum yang dapat dilayani adalah 30 Ampere, maka jumlah charge controller yang digunakan untuk mengisi Battery dengan kapasitas 312.31 Ah selama 10 Jam adalah:

$$n_{cg} = \frac{312.31}{20 \times 10} = 1.04 \text{ buah}$$

dibulatkan menjadi 1 buah

- Power Inverter

Power inverter dihitung berdasarkan beban maksimum yang diperbolehkan pada alat tersebut. Misalkan Power Inverter 500 W VMI-P500, memiliki beban maksimum sebesar 500 W. Dengan demikian untuk energy listrik yang dibutuhkan dalam 1 jam untuk daya 500 W adalah 500 Wh maka jumlah inverter yang dibutuhkan adalah:

$$n_i = \frac{E_{total}}{E_i} = \frac{500}{500} = 1 \text{ buah.}$$

Dari data pada Tabel 3 ditunjukkan bahwa kebutuhan beban dalam satu hari adalah 4.05 kWh atau rata-rata 0.169 Wh. Kondisi ini kemudian disimulasikan menggunakan Aplikasi Homer Pro 3.9.1 seperti pada Gambar 11 dan skema simulasi seperti pada Gambar 12. Output simulasi dapat dilihat pada Gambar 13.

Hasil simulasi HOMER PRO V3.9.1 menunjukkan bahwa sumber listrik dari panel surya saja, genset saja, dan kombinasi genset dan panel surya layak secara teknis. Gambar 16 menunjukkan hasil simulasi dan optimasi yang dilakukan HOMER PRO V3.9.1. Panel PV sebagai

Architecture		Cost			System		CAT2516A		SPB-E20		1kWh/LA		Converter						
SPB-E20 (kW)	CAT2516A (kW)	1kWh/LA	Converter (kW)	Dispatch	COE (\$)	NPC (\$)	Operating cost (\$)	Initial capital (\$)	Ren. Fnc. (%)	Hours	Production (kWh)	OBM Cost (\$)	Fuel Cost (\$)	Capital Cost (\$)	Production (kWh)	Autonomy (yr)	Annual Throughput (kWh)	Rectifier Mean Output (kW)	Inver
14.8		4	0.470	CC	\$0.246	\$4.690	\$259.11	\$1,341	100					0	24,755	14.2	701	0	0.169
14.7	1.750	5	0.555	LF	\$0.261	\$4.907	\$256.85	\$1,666	100	0	0	0	0	0	24,640	17.8	702	0	0.169
	1.750	22	3.00	LF	\$0.23	\$1.15M	\$88,405	\$7,500	0	586	256,375	87,771	0	87,771		78.3	1,583	0.201	0.154
	1.750		0.531	CC	\$453.15	\$8.60M	\$669,521	\$159,38	0	4,470	1,955,625	669,517	0	669,517	0	25,136		0	0.098
	1.750			CC	\$888.02	\$17.0M	\$1.31M	\$0.00	0	8,760	3,832,500	1,312,073	0	1,312,073					

Gambar 18. Hasil simulasi system hybrid menggunakan Aplikasi Homer Pro V3.9.1

sumber energy listrik yang paling ekonomis. Hal ini dapat dilihat dari nilai NPC yang terkecil, yaitu sebesar \$4.690. Kombinasi Panel PV dengan Diesel/Genset sebesar \$4.987 dan Genset/Diesel saja memiliki NPC menjadi paling besar (\$)1.15M, karena biaya operasional dari sistem dengan genset sangat besar.

Gambar 18 menunjukkan estimasi HOMER PRO V3.9.1 mengenai sistem dengan genset dan panel surya memproduksi energi listrik untuk memenuhi beban. Beban bervariasi pada rentang 0.06 hingga 0,297 kW. Sementara itu daya yang diproduksi oleh panel PV dan genset bervariasi tergantung dari kondisi cahaya matahari. Kelebihan daya yang diproduksi disimpan oleh baterai untuk digunakan saat beban lebih besar dari daya yang diproduksi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan model simulasi yang telah dibuat dapat disimpulkan bahwa:

- Model pembangkit hybrid tenaga surya-diesel/Genset yang telah dibuat untuk kebutuhan beban 500 Wp membutuhkan keluaran power inverter sebesar 0.169 kW
- Simulasi HOMER PRO V3.9.1 menunjukkan bahwa sumber listrik dari panel surya saja, genset saja, dan kombinasi genset dan panel surya layak secara teknis. Gambar 16 menunjukkan hasil simulasi dan optimasi yang dilakukan HOMER PRO V3.9.1. Panel PV sebagai sumber energy listrik yang paling ekonomis. Hal ini dapat dilihat dari nilai NPC yang terkecil, yaitu sebesar \$4.690. Kombinasi Panel PV dengan Diesel/Genset sebesar \$4.987 dan Genset/Diesel saja memiliki NPC menjadi paling besar yaitu (\$)1.15M, karena biaya operasional dari sistem dengan genset sangat besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan Penelitian Produk Terapan

yang didanai oleh Dikti, maka pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada DitLitabmas yang telah memberikan pembiayaan penelitian

REFERENSI

- [1] Matius Sau, 2013. *Desain sistem hibrid pembangkit listrik tenaga surya dengan pembangkit listrik tenaga diesel sebagai alternatif hemat energi*, Laporan Penelitian Dosen Pemula
- [2] Djojohadikusuma, 2006. *Perencanaan PLTS Institut Teknologi Bandung*
- [3] Unggul W. *Energi Listrik Baru Terbarukan*. Universitas Brawijaya. Malang. 2008.
- [4] Agus Adria dan Tarmizi, 2015. *Model Hibrid PV-Genset Aplikasi pada Sistem Off-Grid*. *Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro 2015*, hal. 96-101, ISSN: 2088-9984
- [5] Homer, *Hybrid Optimization Model for Electric Renewables*, HOMER Pro Software V3.9.1., www.homer energy.com. (2016).
- [6] _____, PT. Smiko. 2010. *Brosur Teknik Spesifikasi Modul surya*. Laboratorium PT. Smiko. Jakarta.
- [7] El-wakil, M. M. 1984. *Powerplant Technology*. Mc Graw-Hill Book Company, Singapore
- [8] Gray Davis, Juni 2001, *a guide to photovoltaic (PV) system design and installation*, California, Regional Economic Research, Inc.
- [9] Liem Ek Bien, Ishak Kasim & Wahyu Wibowo, Agustus 2008. *Perancangan system hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Jala-jala Listrik PLN untuk rumah Perkotaan*, JETri, Universitas Trisakti, Jakarta, diakses tanggal 23 Juli 2014.
- [10] Rahadian Muda S, 2009. *Pemanfaatan Sel Surya Sebagai Catu Daya Sistem Pendingin Mekanis Pada Kapal Ikan, Teknik Perkapalan*, ITS Surabaya, diakses tanggal 2 Agustus 2015
- [11] Yulianto B, 2006. *Energi Surya: Alternatif Sumber Energi Masa Depan di Indonesia*. Berita Iptek. 2006. Diakses tanggal 12 Juni 2015.
- [12] Watson, G. O. 1983. *Marine Electrical*, Practice 5th Edition. England, Butterworths.
- [13] Lubis, Abubakar, dan Sudrajat, Adjat. 2006. *Listrik Tenaga Surya fotovoltaik*. BPPT PRESS, Jakarta. diakses tanggal 15 September 2015.