PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* DI PULAU GILI LABAK KABUPATEN SUMENEP MADURA MENGGUNAKAN TEKNIK *DISTRIBUTED GENERATION*

Ainul Yakin [1)], Efrita Arfah Z. [2)]
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri,
Institut Teknologi Adhitama Surabaya[(1)(2)]
yaqinainul211@gmail.com

ABSTRACT
In Indonesia the society needs of electricity in remote areas mostly supplied by PLTD (Diesel Power Plant). This included people on the island of Gili Labak, Sumenep District, Madura. Nowdays oil reserve decreases and the price becomes more expensive. Alternative utilization of renewable energy (EBT) to be processed into a power source may be a wise decretion. The aim of this research was to design Hybrid Power Plant (Genset- PV Panel) by using Distributed Generation Technique on the island of Gili Labak, Sumenep District, Madura. The research was carried out in several phases, i,e. to study the electrical load on the island of Gili Labak, to study potency of solar energy asa a reneawable source of energy, to analyze the system, and then to design the system using Microsoft Office Visio 2007 Software. The potency of solar energy was fairly good, with the average daily illumination of 5.66 hours. From the research, it was found out that total electrical load needed for Gili Labak island was 20.34 kW, so it was recommended that the proper Hybrid Power System should be established consisting of: 1 unit Inverter with the capacity of 21 kW, 12 modules of PV Panel with the capacity of 220 Wp, 1 unit Inverter with the capacity of 21 kW, 1 unit Solar Charged Controller, and 7 units battery with the capacity of 100 Ah 12 Volt. This Hybrid Power Plant System was manually operated by an operator.
Key words*: Hybrid, Visio 2007, Genset, PV Panel, Distributed Generation*

ABSTRAK
Di Indonesia banyak pemenuhan kebutuhan listrik pada daerah terpencil atau kepulauan menggunakan PLTD, tak terkecuali bagi masyarakat di Pulau Gili Labak Kabupaten Sumenep Madura. Dimana sekarang ini cadangan minyak semakin menipis dan harganya yang semakin mahal. Alternatif penggunaan energi baru terbarukan (EBT) untuk diolah menjadi sumber daya litrik bisa menjadi pilihan yang bijak. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan Pembangkit Listrik *Hybrid* (*Genset*- PV Panel) dengan menggunakan Teknik Distributed Generation di Pulau Gilli Labak Kabupaten Sumenep Madura. Penelitian dilakukan dengan beberapa tahap, yakni studi beban listrik di Pulau Gili Labak, studi potensi penyinaran matahari sebagai sumber energi terbarukan, analisis sistem, dan kemudian men desain sistem menggunakan *Software Microsoft Office Visio 2007*. Potensi penyinaran matahari terbilang bagus, dengan rata-rata penyinaran per hari yakni sebesar 5.66 jam. Dari penelitian didapat total beban listrik terpasang masyarakat Pulau Gili Labak yakni sebesar 20.34 kW, sehingga direkomendasikan Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid* yang sesuai yakni terdiri dari: 1 Unit *Genset* kapasitas 21 kW, PV Panel kapasitas 220 Wp sebanyak 12 modul, 1 Unit Inverter kapasitas 21 kW, 1 unit *Solar Charged Controller*, serta 7 unit Baterai kapasitas 100 Ah 12 Volt. Dimana pengoperasian Sistem Pembangkit Listrik Hybrid ini yakni secara manual atau melalui Operator.
Kata Kunci: *Hybrid*, Visio 2007, *Genset, PV Panel, Distributed Generation*

PENDAHULUAN

Di Indonesia banyak pemenuhan kebutuhan listrik pada daerah terpencil atau kepulauan menggunakan PLTD, dimana sekarang ini cadangan minyak semakin menipis dan harganya yang semakin mahal. Alternatif penggunaan energi baru terbarukan (EBT) untuk diolah menjadi sumber daya litrik bisa menjadi pilihan yang bijak. Banyak energi terbarukan yang terkandung di bumi ini,

antara lain sinar matahari, angin, air yang bila dimanfaatkan akan dapat menghasilkan energi yang sehat bagi bumi sendiri. Indonesia adalah negara dengan 2/3 wilayahnya merupakan lautan dan mempunyai garis pantai terpanjang di dunia[1].

Pada penelitian sebelumnya membahas alternatif penyediaan energi listrik memanfaatkan sumber energi terbarukan pada beban listrik rumah tangga di daerah pedesaan yang terisolasi melalui optimasi teknologi modul pembangkitan energi listrik terdistribusi (stand-alone modular distributed generation). Penyediaan suplai listrik mandiri *(offgrid distributed generation)* memanfaatkan teknologi PV *(solar home system)* dan WT *(home wind turbine)* untuk beban rumah tangga pada daerah pedesaan terisolasi dimana lokasinya yaitu di Baa, Kabupaten Rote Ndao, Nusa Tenggara Timur,[2]

Telah dilakukan sebelumnya, penelitian untuk mengusulkan solusi membangkitkan listrik bagi puskesmas-puskesmas tak berlistrik di Kecamatan Gema, Kabupaten Kampar, dalam bentuk desain sistem pembangkit listrik *hybrid*, yang menggabungkan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan generator diesel sebagai *back-up*.[3]

Sedangkan Penelitian dan perencanaan yang dilakukan sekarang tepatnya dilaksanakan di Pulau Gili Labak**,** pulau kecil yang dihuni oleh sekitar 36 kepala keluarga, setiap KK terdiri dari 3-5 anggota keluarga. Pulau yang memiliki luas 5 hektar ini berada di sebelah tenggara kota Sumenep. Secara administratif, pulau ini termasuk wilayah Kecamatan Talango, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur. Ibukota kecamatan Talango berada di Pulau Puteran. Pulau Gili Labak membentang sepanjang 5 hektar dan dapat dikelilingi kurang dari sejam. Masyarakat yang tinggal di Pulau Gili Labak, belum bisa menikmati fasilitas listrik dari PLN seperti yang dirasakan di daratan. Sebab, di Desa Kombang tidak ada jaringan listrik. Demi memenuhi kebutuhan listrik sehari-hari, masyarakat Gili Labak menggunakan Diesel yang mereka beli sendiri, dimana setiap rumah memiliki 1 Diesel yang merupakan milik pribadi. Sehingga peneliti merencanakan Pembangkit Listrik Hybrid Di Pulau Gili Labak Kabupaten Sumenep Madura demi membantu masyarakat setempat, dalam memenuhi kebutuhan suplai energi listriknya. Pembangkit Listrik Hybrid yang direncanakan terdiri dari 2 buah unit Generator Diesel yang terpusat. Guna menghemat pemakaian BBM, mengurangi Emisi CO_2, dan membantu Generator Diesel dalam memenuhi kebutuhan suplai beban listrik untuk masyarakat Gili Labak maka diinjeksikan PV Panel yang merupakan Pembangkit Listrik berbasis Energi Terbarukan, dalam hal ini penyinaran matahari, karena selain murah, sumber energi ini bersifat ramah terhadap lingkungan dan memiliki cadangan yang tidak pernah habis. Dari pendahuluan di atas dapat dirumuskan suatu permasalahan, yakni Bagaimana cara mengaplikasikan perencanaan Pembangkit Listrik Hybrid (Diesel- PV Panel) guna menggantikan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Diesel yang dimiliki oleh setiap KK Di Pulau Gilli Labak Kabupaten Sumenep Madura. Dari Perumusan masalah tersebut, maka dapat ditentukan tujuan penelitian ini adalah Untuk memperoleh aplikasi dari perencaan Pembangkit Listrik Hybrid (Diesel- PV Panel) yang ditujukan untuk menggantikan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Diesel yang dimiliki oleh setiap KK Di Pulau Gilli Labak Kabupaten Sumenep Madura.

TINJAUAN PUSTAKA

Sumber energi terbarukan memiliki potensi yang besar bila dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik, yang dapat di gunakan daerah-daerah yang terisolir, menggunakan suatu sistem pembangkit hibrid. Penggunaan sistem pembangkit hibrid mengurangi penggunaan bahan bakar yang mahal, memungkinkan dilakukannya produksi energi yang bersih dan ramah lingkungan serta meningkatkan standar hidup masyarakat yang tinggal di daerah terpencil. Sistem dengan kapasitas yang besar diatas 100 kW, khususnya terdiri dari gen-set AC, sumber energi terbarukan, beban dan terkadang dilengkapi subsistem penyimpanan energi. Dibawah 100 kW, kombinasi antara komponen AC dan DC umum digunakan untuk penyimpanan energy.[2]

Distributed Generation

Distributed Generation seringkali disebut juga dengan *on-site generation, dispersed generation, embedded generation, decentralized generation*, atau *distributed energi.* Secara mendasar, DG menghasilkan energi listrik dari beberapa sumber energi yang berkapasitas kecil dan dihubungkan langsung pada jaringan distribusi.Keuntungan dari Pembangkitan Terdistribusi

adalah, perawatan yang murah, polusi rendah dan memiliki efisiensi yang tinggi dengan memanfaatkan sumber-sumber energi ramah lingkungan yang bisa disediakan dengan mudah di lingkungan pembangkit. Sumber-sumber energi yang bisa digunakan untuk pembangitan terdistribusi inidiantaranya adalah : sinar matahari, angin, gas alam, biofuel, air, dan sebagainya[4].

Genset

Generator –Diesel (*genset*) sebagai pembangkit utama terdiri atas motor Diesel yang selanjutnya disebut mesin diesel, dan generatornya sendiri. Mesin Diesel berfungsi untuk mengubah bahan bakar solar menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran polos dan selanjutnya dengan menggandengkan poros tersebut ke poros sebuah generator, maka generator akan menghasilkan listrik. Gabungan antara mesin diesel dan generatornya disebut generator diesel (genset).

Langkah-langkah penentuan kapasitas diuraikan di bawah ini:

Kapasitas diesel generator harus dirancang untuk mampu memenuhi kebutuhan beban puncak , serta dengan mempertimbangkan "Power Factor" = 0,8. [5]

Kapasitas Genset (kW) : $\frac{Jumlah\ Total\ Beban\ Terpasang\ (kW)}{0.8}$…….(1)

Solar PV (*Photovoltaic*)

Fay Williams (1986); P.D.Maycock and E.N.Stirewalt (1985) menyatakan bahwa kontribusi sumber energi dari tenaga surya untuk memenuhi kebutuhan energi adalah maksimal sebesar 50 %, maka, perancangan kontribusi dari solar cell atau PV Panel sebesar 20% dari kebutuhan suplai energi listrik.

Menghitung Durasi Efektif (s): Asumsi Keberhasilan (%) × durasi penyinaran (jam/hari)

Menghitung Suplai Energi listrik yang dibutuhkan dalam satu hari dari solar cell [5]

W_{KebTot}: P × t × 20%.....(2)

Menghitung P input Solar Cell

$P_{in\ Cell}$: $\frac{W\ Keb\ Tot}{\eta}$……..……..……..(3)

Menghitung Kebutuhan Solar Cell Panel

W_P : $\frac{P\ in\ Cell}{S}$…….……..……(4)

Menghitung jumlah panel surya yang digunakan berdasar jumlah beban yang akan di suplai

$\sum P$: $\frac{WP}{Tp}$ ……...……..(5)

Dengan:

$W_{Keb\ Tot}$: Suplai Energi listrik yang dibutuhkan dalam satu hari dari solar cell (kWh)

$P_{in\ Cell}$: P input Solar Cell (kWh), W_P : Kebutuhan Solar Cell Panel (WP)

S : Durasi efektif penyinaran per hari (jam), Asumsi Keberhasilan : 80%

η : Efisiensi Solar Cell (0,9), $\sum P$: Jumlah Panel yang digunakan

T_p : Tipe Panel Surya yang digunakan (220 Wp)

Inverter

Adalah rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversikan tegangan searah (DC) ke suatu tegangan bolak-balik (AC). Langkah-langkah Penentuan kapasitas:

Dalam menerapkan sistem PLH PV-Diesel, maka kapasitas inverter sebaiknya sama dengan kapasitas diesel, karena Inverter yang digunakan dalam rancangan ini bersifat "bi-directional" yang berfungsi untuk merubah sumber energi listrik DC menjadi AC atau sebaliknya, atau berfungsi sebagai "rectifier"atau "charger".[5]

Baterai

Baterai/Accu (komponen penyimpan energi listrik). Manfaat baterai/accu pada sistem PLSH adalah untuk mengatasi kondisi tidak seimbang antara energi listrik yang dihasilkan genset dengan beban permintaan. Pada kondisi keluaran energi listrik genset melebihi beban permintaan, maka sisa energi listrik yang dihasilkan genset dapat dipergunakan untuk mengecas/*recharge* baterai/accu, sementara energi listrik yang tersimpan baterai/accu sendiri dapat

digunakan/*discharge* sebagai sumber energi listrik untuk menambah daya listrik pada sistem ketika beban permintaan tinggi

Langkah-langkah penentuan kapasitas diuraikan dibawah ini:

- Beban Ah baterai Adalah besarnya beban (dalam ampere-hour) yang harus dilayani oleh baterai, contoh, pada kotak baterai tertulis 12 volt 60 Ah, berarti baterai tersebut mempunyai tegangan 12 volt, dimana jika baterai tersebut digunakan selama 1 jam dengan arus pmakaian 60 Ampere, maka kapasitas baterai tersebut akan kosong (habis).
- dihitung dengan:
  P.D.Maycock and E.N.Stirewalt (1985) menurunkan persamaam untuk menghitung kapasitas baterai (B): [5]

$$B = \frac{AD \times (E - 50\% \times E) \times 1000}{(DOD \times EB \times VB)} \quad \text{.....(6)}$$

B : kapasitas Baterai (Ah), AD : Autonomous Day (hari), EB : Efisiensi Baterai = 0.8
DOD : Depth of Discharge Baterai = 0.8, VB : Tegangan Baterai = 12 V

Rencana Pengoperasian Sistem Pembangkit Listrik Hybrid

Sistem Pembangkit Listrik Hybrid ini dioperasikan secara manual, dalam hal ini oleh operator. Operator bertugas untuk mengganti atau men switch mode sistem Pembangkit listrik hybrid, baik dari mode 1 ke mode 2, atau pun mode 2 ke mode 3.Indikasi bagi operator untuk mengganti mode, yaitu dari indikasi kenaikan arus, dalam hal ini ditentukan dengan setting kapasitas Ampere Meter sesuai 3 mode dalam sistem. Kenaikan arus mengikuti kenaikan pemakaian beban listrik sesuai pola jam pemakaian beban.

Perhitungan untuk mengetahui besar kenaikan arus sesuai pola jam pemakaian beban listrik:

$P = V \times I \times \cos\varphi$ .....(7)

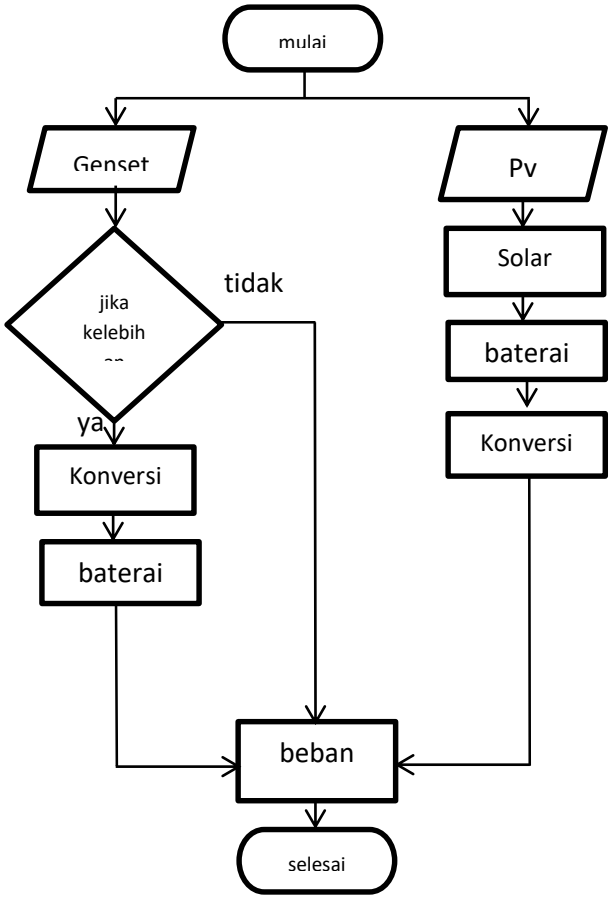
Dengan:

P = Daya Beban (kW), V= Tegangan Beban (220 Volt), I= Arus Beban (Ampere)
Cosφ = Power Faktor (0.8).

METODE

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahap, yakni studi beban listrik di Pulau Gili Labak, studi potensi penyinaran matahari sebagai sumber energi terbarukan, analisis sistem, dan kemudian men desain sistem menggunakan *Software Microsoft Office Visio 2007*. Dengan menggabungkan dua teknologi, yaitu pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan generator diesel sebagai *back-up*. Kebaharuan dari penelitian ini yaitu memanfaatkan sumber energi terbarukan (energi matahari) untuk meningkatkan suplai kebutuhan energi listrik bagi masyrakat di Kampung Gili Labak, dengan memanfaatkan sumber energi yang ramah lingkungan, sehingga juga dapat menghemat pemakaian bbm untuk Genetaror Diesel.

Prosedur pengambilan data yakni dilakukan dengan survei data di BMKG setempat, yakni BMKG Kalianget Sumenep. Dimana data yang diambil adalah data penyinaran matahari Kabupaten Sumenep selama rentang tahun 2013 hingga 2014. Alat yang digunakan oleh BMKG yakni dengan menggunakan alat Campbell Stokes dengan menggunakan pias. Pengamatan dilakukan dari jam 8.00 s/d 16.00 waktu setempat (selama 8 jam), sehingga penyinaran matahari dikatakan 100% bila matahari bersinar selama 8 jam sehari. Panjang kertas pias yang terbakar dikonversi menjadi durasi (waktu) dengan satuan persen yang didapat dari lama penyinaran / 8 jam x 100%. Pias dibuat dari kertas khusus dengan tebal 0.4 mm dan hanya akan terbakar pada intensitas radiasi matahari diatas 0.2 cal/cm^2 menit.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah Penentuan Kapasitas Komponen Dari Sistem Pembangkit Listrik Hybrid

1.Penentuan Kabutuhan Beban Listrik Terpasang

Studi beban listrik adalah penentuan jenis beban listrik, jumlah, dan besar daya beban listrik yang dipakai oleh Masyarakat di kampung Gili Labak.

Total Kebutuhan beban listrik terpasang untuk seluruh KK=36 KK× 565 Watt= 20.34 kW

2. Penentuan Kapasitas Generator Diesel yang dibutuhkan dalam Pembangkit Listrik Hybrid (*Genset*- PV Panel)

Disini Generator Diesel di fungsikan sebagai pembangkit utama dalam Sistem Hybrid, dimana *GenSet* sendiri terdiri atas motor Diesel yang selanjutnya disebut mesin diesel, dan generatornya sendiri. Kapasitas Generator Diesel di Set 80 % sesuai total besar daya seluruh beban.

Kapasitas Genset = $\frac{\text{Jumlah Total daya beban (kW)}\times 80\%}{\text{PF (0.8)}}$ = 20340Watt = 20.34 kW ≈ 21 kW

3. Penentuan Kapasitas PV Panel yang dibutuhkan dalam Pembangkit Listrik Hybrid (*Genset*- PV Panel)

Perencanaan kontribusi dari solar cell atau PV Panel sebesar 20% dari kebutuhan beban listrik terpasang.

- Durasi Efektif = 5.66×80 % = 4.528 jam
- $W_{\text{Keb Tot}}$ = 10.278 kWh

$$P_{\text{in Cell}} = \frac{\text{W Keb Tot}}{\eta} = \frac{10.278\ kWh}{0.9} = 11.42 \text{ kWh}$$

- Kebutuhan Solar Cell Panel $W_P = \frac{\text{P in Cell}}{S} = \frac{11.42\ kWh}{4.528\ jam} = 2.522$ kWp
- Jumlah panel surya yang digunakan berdasar jumlah beban yang akan di suplai

$$\sum P = \frac{WP}{Tp} = \frac{2522.08\ Wp}{220\ Wp} = 11.464 \approx 12 \text{ Panel}$$

4.Penentuan Kapasitas Inverter yang dibutuhkan dalam Pembangkit Listrik Hybrid (*Genset*- PV Panel)
Inverter yang digunakan dalam rancangan ini bersifat "bi-directional" yang berfungsi untuk merubah sumber energi listrik DC menjadi AC atau sebaliknya, atau berfungsi sebagai "rectifier"atau "charger".
Sehingga kapasitas di Set sama dengan kapasitas *Genset* , yakni = 21 kW.

5. Menentukan Kapasitas Baterai yang dibutuhkan dalam Pembangkit Listrik Hybrid (*Genset*- PV Panel)

$$B = \frac{AD \times (E - 50\% \times E) \times 1000}{(DOD \times EB \times VB)} = \frac{2 \times (53.64 - 50\% \times 53.64) \times 1000}{0.8 \times 0.8 \times 12} = \frac{5364}{7.68} = 698.43 \approx 700 \text{ Ah}$$

Jumlah Baterai / Accu = 700 Ah÷100 Ah = 7 buah Baterai Kapasitas 100 Ah 12 V

Cara Pengoperasian Setiap Mode Pembangkit Listrik Hybrid (*Genset*-PV Panel) Untuk Pulau Gili Labak

Sistem dioperasikan secara manual, yakni melalui operator, Indikasi bagi operator untuk mengganti mode, yaitu dari indikasi kenaikan arus, dalam hal ini ditentukan dengan setting kenaikan arus pada Ampere Meter sesuai 3 mode dalam sistem. Kenaikan arus mengikuti kenaikan pemakaian beban listrik sesuai pola jam pemakaian beban.
Perhitungan untuk mengatur besar arus pada Ampere meter sesuai pola jam pemakaian beban listrik pada mode pertama atau mode beban rendah.
$P = V \times I \times \cos\varphi$
Dengan:
P = Daya Beban (kW), V= Tegangan Beban (220 Volt), I= Arus Beban (Ampere)
Cosφ = Power Faktor (0.8).
Dibawah ini ditunjukkan grafik kenaikan arus yang diperoleh dari persamaan daya diatas. Dapat diketahui bahwa kenaikan arus mengikuti kenaikan permintaan suplai listrik untuk beban terpasang



Gambar 2. Grafik kenaikan arus sesuai kebutuhan beban terpasang

Tabel 1. Besar Kenaikan Arus sesuai pola jam pemakaian beban

No	Jam Pemakaian	Beban terpasang	Ampere Meter (Ampere)
1	12 malam- 6 pagi	Hingga 20%	24
2	6 pagi- 6 sore	dari 20% hingga 80 %	93
3	6 sore-12 malam	Dari 80% hingga 100%	116

Tabel diatas menunjukkan jam pemakaian beban listrik setiap hari, baik saat beban rendah (20%), hingga beban puncak (100 %). Ditunjukkan juga kenaikan arus pada Ampere Meter yang mengikuti kebutuhan suplai listrik dari beban terpasang.

Tabel 2. Spesifikasi Komponen Sistem Hybrid

Komponen	Spesifikasi Teknis
PV Panel	Daya modul : 220 Wp
	Efisiensi : 0.9
	W Keb. Solar Cell Panel : 2.522 kWp
	Jumlah modul : 12 modul
	Durasi penyinaran matahari rata-rata : 4.598 jam
Komponen	Spesifikasi Teknis
Genset	Rating : 21 kW(AC)
Inverter	Rating : 21 kW
Baterai	Kapasitas : 100 Ah
	Tegangan : 12 Volt
Komponen	Spesifikasi Teknis
Baterai	*DOD* : 0.8
	Waktu Otonomi : 2 hari

Dari analisa yang telah dilakukan, hasilnya disajikan pada Tabel diatas, dimana ditunjukkan komponen apa saja yang dibutuhkan serta spesifikasi teknisnya dalam perencanaan Pembangkit Listrik Hybrid untuk masyarakat Di Pulau Gili Labak Sumenep

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisis dan perencanaan desain sistem, dapat disimpulkan:

1. Potensi rata-rata Penyinaran Matahari sebesar 5.66 jam/ hari, data diperoleh dari BMKG Kalianget Sumenep
2. Kontribusi suplai listrik dari PV Panel ditentukan sebesar 20 % dari total beban listrik terpasang untuk masyarakat di Pulau Gili Labak yakni 20.34 kW
3. Kontribusi suplai listrik dari Genset ditentukan sebesar 80% dari total beban listrik terpasang untuk masyarakat di Pulau Gili Labak yakni 20.34 kW
4. Kontribusi suplai listrik dari Sistem Paralel antara Genset dan Inverter ditentukan sebesar 100% dari total beban listrik terpasang untuk masyarakat di Pulau Gili Labak yakni 20.34 kW.
5. Rencana pengoperasian sistem, yakni dengan cara manual atau melalui Operator yang bertugas untuk mengganti mode pada sistem, yang diindikasikan dari adanya peningkatan arus sesuai pola jam penggunaan beban, dimana perubahan arus ini di tunjukkan oleh indikator Sensor Arus.
6. Sistem yang direkomendasikan adalah sistem Pembangkit Listrik Hybrid (*Genset* PV Panel). Komponen Sistem Terdiri dari 12 Modul PV 220 Wp, *Genset* 21 kW, Inverter 21 kW, BCR, dan Baterai 7 × 100 Ah 12 Volt.

REFERENSI

[1] Kunaifi. 2011. " Desain Pembangkit Listrik Hybrid (PLTS/DIESEL) Untuk Meningkatakan Pelayanan Kesehatan Di Puskesmas Kecamatan Gema Kabupaten Kampar". Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islm Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Pekanbaru.

[2] Thaib R, Hamdani. 2014. " Studi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Hibrid (Energi Angin – Surya - Diesel) Di Kepulauan Simeulue Aceh ". Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.

[3] Arota S Anjas, dkk. 2013. "Perancangan SistemPembangkit Listrik Hibrida (Energi Angin Dan Matahari) Menggunakan Hybrid Optimization Model For Electric Renewables (HOMER)". Jurusan Fisika, FMIPA, Unsrat. Manado.
[4] Muchammd, Yohana E. 2010. " Pengaruh Suhu Permukaan *Photovoltaic Module* 50 *Watt Peak* Terhadap Daya Keluaran Yang Dihasilkan Menggunakan Reflekto Dengan Variai Sudut Reflektor 0^0, 50^0, 60^0, 70^0, 80". Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
[5] Trihadi S. 2006 " Rancangan Teknis Dan Implementasi Sistem Pembangkit Listrik Hibrida PV-Desel Di Sulawesi". Balai Besar Teknologi Energi - BPPT, PUSPIPTEK, Cisauk-Tangerang 15314, Indonesia. Tangerang.