

Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Di Kecamatan Embaloh Hulu

Samsurizal¹, Hendrianto Husada², Andi Makkulau³, Christiono⁴

Program Studi Teknik Elektro
Institut Teknologi PLN
Jalan Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Jakarta 11750
samsurizal@itpln.ac.id

Abstract

Electricity is a very needed society especially in areas that are not yet reachable such as border areas, there are many obstacles and problems faced for electricity can reach the community especially the border area. PLTS can be a reliable solution for the provision of energy in border areas located away from the electrical grid. The study aims to examine how the utilization of solar energy potential as one of the regions that has not yet been electrified, based on the geographical and demographic observation of the region, has the potential to build PLTS. From the results of calculations and analysis at the location of the border priority, the total required electricity energy needed is 288.1 kWh/day. Total Electrical energy needs of the above include 30% electrical energy reserves and 30% system losses. The requirement of solar panels is 444 units, while the total required battery needs is 42 units. Battery Charge Controller is required 8 units. The Inverter required is 10 units. As for the amount of investment costs of the utilization of solar power plants (PLTS) is Rp. 23,466,264, 000.

Keywords: Renewable Energy, Border Area, PLTS Utilization

Abstrak

Listrik merupakan hal yang sangat dibutuhkan masyarakat khususnya di wilayah yang belum terjangkau seperti wilayah perbatasan, terdapat banyak kendala dan permasalahan yang dihadapi untuk listrik dapat sampai ke masyarakat khususnya wilayah perbatasan. PLTS dapat menjadi solusi yang handal bagi penyediaan energi di daerah perbatasan yang terletak jauh dari jaringan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana pemanfaatan potensi energi matahari sebagai salah satu wilayah yang belum teraliri listrik, berdasarkan pengamatan dari segi geografis dan demografi wilayah tersebut, memiliki potensi untuk dibangun PLTS. Dari hasil perhitungan dan analisa di lokasi prioritas perbatasan, total kebutuhan energi listrik yang dibutuhkan adalah sebesar 288.1 kWh/hari. Total kebutuhan energi listrik tersebut di atas sudah termasuk cadangan energi listrik 30% dan rugi-rugi sistem 30%. Kebutuhan panel surya adalah sebesar 444 unit, sedangkan total kebutuhan baterai yang dibutuhkan adalah sebesar 42 unit. Battery Charge Controller yang dibutuhkan adalah sebesar 8 unit. Inverter yang dibutuhkan adalah sebesar 10 unit. Adapun besarnya kebutuhan biaya investasi pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah sebesar Rp. 23,466,264,000.

Kata kunci: Energi Terbarukan, Wilayah Perbatasan, Pemanfaatan PLTS

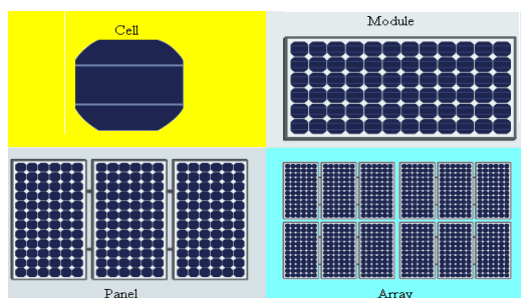
I. PENDAHULUAN

Tata-kelola sistem energi saat ini sedang menghadapi tantangan yang tidak mudah. Ada tiga permasalahan besar dalam pengelolaan energi nasional yaitu tingkat elektrifikasi yang masih rendah, ketergantungan pada sumber energi fosil, dan rendahnya pemanfaatan energi baru terbarukan. Dalam kondisi seperti ini, kebijakan diversifikasi dan konservasi energi yang telah dicanangkan oleh pemerintah merupakan kebijakan yang tepat dan harus banyak diterapkan secara masif.

Berdasarkan isu besar tentang tata-kelola energi nasional dan arah serta sasaran KEN tersebut di atas, pengembangan Energi Baru Terbarukan (EBT) sebagai energi alternatif utama Indonesia adalah mutlak untuk terus dijalankan. Salah satu jenis energi terbarukan yang sangat potensial untuk dikembangkan adalah energi surya. Keuntungan utama dari pengembangan energi surya di Indonesia adalah tentu saja karena potensinya yang sangat baik, yakni rata-rata 4,8 kWh/m²/hari. Disamping itu, pesatnya perkembangan teknologi konversi energi surya menjadi energi listrik (yaitu: Pembangkit

Listrik Tenaga Surya / PLTS) sehingga harganya pun menjadi relatif lebih murah [2].

Pembangkit listrik tenaga surya atau biasa disebut fotovoltaik (*photovoltaic*- PV) merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi sinar matahari secara langsung. Prinsip fotovoltaik adalah mengkonversikan energi foton dari sinar matahari menjadi energi listrik. Konversi ini terjadi pada sel-sel fotovoltaik yang berupa lapisan-lapisan tipis dari silikon (Si) murni dan bahan semikonduktor lainnya. Apabila bahan tersebut mendapat energi foton maka elektron akan terlepas dari ikatan atomnya menjadi elektron yang bergerak bebas dan akhirnya akan mengeluarkan tegangan listrik arus searah. Kumpulan sel-sel fotovoltaik yang dihubungkan secara seri atau paralel atau gabungan seri dan paralel membentuk suatu modul fotovoltaik. Untuk lebih jelasnya susunan solar modul dapat dilihat pada Gambar 1. Ada beberapa jenis fotovoltaik berdasarkan pada teknologi yang digunakannya, yaitu monokristalin, polikristalin dan amorfous.



Gambar 1. Susunan sel surya sebagai komponen utama PLTS (PV)

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya [3] yang berjudul Evaluasi Sudut Kemiringan Terhadap Pengaruh *Irradiance* Pada *Array Photovoltaic* Jenis *Monocrystalline*, adapun hasil penelitian yang kami peroleh terbagi atas 2 keluaran perbandingan yakni, data radiasi sinar datang matahari terhadap perubahan sudut selama 8 jam, dan data arus keluaran dari panel sel surya terhadap perubahan sudut selama 8 jam.

Pada penelitian [4] menghitung jarak antara deretan panel PV menggunakan ketinggian tetap matahari, sehingga sinar selalu menyerang tegak lurus dengan panel, sehingga membatasi durasi penguatan matahari hingga 4

jam. Diperlukan metode yang dapat mengoptimalkan atau minimalisasi jarak antara deretan panel fotovoltaik. Metode yang diusulkan didasarkan pada perhitungan yang tepat dari bayangan panel untuk posisi yang berbeda dari matahari, yang tergantung pada garis lintang fasilitas, sepanjang hari dan untuk semua jam yang direncanakan dari keuntungan matahari.

Sedikitnya informasi mengenai kebutuhan energi listrik (*demand*) di desa yang masuk kedalam kawasan perbatasan, sangat diperlukan kajian kelayakan untuk memastikan bahwa pada lokasi-lokasi perbatasan dapat merasakan dampak yang signifikan serta tepat sasaran untuk diwujudkan kemandirian energi.

Dalam Jurnal Energi dan Kelistrikan yang berjudul "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Arus Keluaran Pada Photovoltaic Dengan Menggunakan Regretion Quadratic Method" terdapat pengaruh Sudut kemiringan terhadap intensitas matahari yang mempengaruhi output dari PV array sehingga untuk mendeteksi efek tersebut digunakan metode observasi langsung dan validasi data dengan persamaan matematik [8]. Pada penelitian lain berjudul Evaluasi Sudut Kemiringan Terhadap Pengaruh Irradiance Pada Array Photovoltaic Jenis Monocrystalline" yang diterbitkan pada Jurnal Setrum-FT Untirta Vol.8.1 dalam satu sistem PLTS didapatkan hasil bahwa semakin besar penyimpangan sudut pada PV array, maka semakin menurun kinerja PLTS tersebut [9].

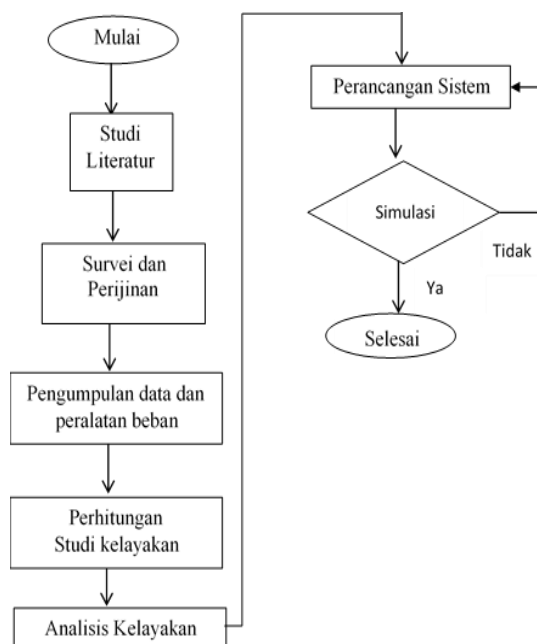
Sedangkan pada penelitian berjudul Characteristics of Temperature Changes Measurement on Photovoltaic Surfaces Against Quality of Output Current on Solar Power Plants, menghasilkan arus optimal adalah pada 1,92 Ampere, suhu optimum pada 37,4 ° C, dan nilai tukar tertinggi adalah pada 2,08 Ampere sedangkan suhu pada permukaan sel surya adalah pada 37,4 ° C. Sesuai dengan hasil yang telah dilakukan dengan menggunakan persamaan regresi matematis yaitu persamaan statistik regresi kuadrat, dapat diketahui bahwa karakteristik sel surya memiliki tenaga kerja yang efisien adalah sekitar 37,4 ° C [10]. Didapatkan pula pengaruh irradiance pada percobaan tersebut. Pada penelitian kali ini

akan merancang pembangkit listrik tenaga surya terpusat.

II. METODE

Pada penelitian yang dilakukan ini, peneliti mengumpulkan data menganalisis menggunakan potensial teknis wilayah yang akan dikaji untuk penerapan PLTS, meliputi pengukuran koordinat, ketinggian, orientasi, dan kemiringan calon lokasi, struktur tanah atau bangunan yang telah ada, serta potensi *shading*. Data sistem kelistrikan, meliputi kebutuhan energi listrik masyarakat setempat, infrastruktur kelistrikan yang ada. Kondisi meteorologi, seperti temperatur, intensitas penyinaran matahari, dan kecepatan angin.

Secara sederhana proses penelitian ini dapat dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN DISKUSI

PLTS Terpusat artinya pembangkitan tenaga listrik dengan menggunakan energi matahari dilakukan secara terpusat dan suplai daya ke konsumen dilakukan melalui jaringan distribusi. Komponen utama dari PLTS Terpusat ini adalah: panel surya, baterai, *solar charge controller*/baterai *charge regulator*, inverter, jaringan distribusi, dan monitor performansi PLTS.

Panel surya menghasilkan energi listrik dengan mengkonversikan tenaga matahari menjadi listrik secara langsung tanpa bantuan generator ataupun alat bantu lainnya. Sel silikon (disebut juga *solar cell*) yang di bombardir oleh photon yang terkandung dalam sinar matahari akan menimbulkan elektron bebas yang menghasilkan arus listrik. Sebuah *solar cell* menghasilkan kurang lebih tegangan 0,6 Volt. Jadi sebuah panel surya untuk mensuplai baterai 24 Volt biasanya terdiri atas kurang lebih 60 sel. Karena karakteristik energi panel surya tidak linear (Gambar 3), besarnya energi yang bisa dihasilkan sangat tergantung pada kekuatan cahaya, suhu, jenis material, tegangan kerja dan alat bantu lainnya seperti *charger* maupun MPPT (*Maximum Power Point Tracker*) *controller*.

Dalam penggunaan panel surya untuk membangkitkan listrik, maka ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan karena karakteristik dari panel surya yaitu:

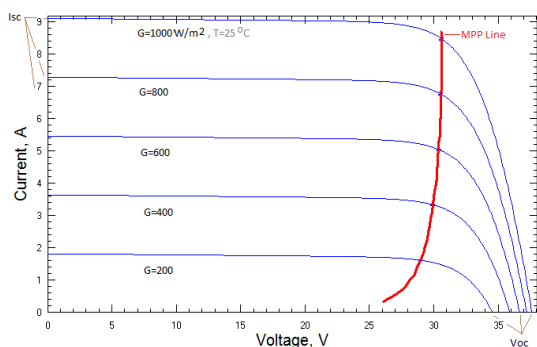
- Panel surya/*solar cell* memerlukan sinar matahari. Panel surya/*solar cell* harus ditempatkan pada posisi dimana tidak terhalangi oleh objek sepanjang pagi sampai sore.
- Panel surya/*solar cell* menghasilkan listrik arus searah DC.
- Untuk dapat menghasilkan energi yang tertinggi, panel surya sebaiknya dilengkapi dengan pengecas MPPT.

Perbedaan utama dari solar cell panel adalah bahan produksi dari *solar cell panel*. Bahan solar cell panel yang paling umum adalah *crystalline silicon*. Bahan *crystalline* dapat terdiri atas kristal tunggal (*mono crystalline*) atau kristal majemuk (*poli-crystalline*). Selain itu panel surya ada juga yang terbuat dari lapisan tipis amorphous silicon. Panel surya dari jenis *mono-crystalline* lebih efisien dibandingkan dengan *poly-crystalline*. Keunggulan dari amorphous silicon adalah harga yang terjangkau tetapi tidak seefisien *crystalline silicon solar cell*.

Total pengeluaran listrik (*wattage*) dari *solar cell panel* pada suatu saat tertentu adalah

sebanding dengan voltase (tegangan) operasi dikalikan dengan arus operasi pada saat itu. *Solar cell panel* dapat menghasilkan arus dari voltase yang berbeda-beda. Hal ini berbeda dengan baterai, yang menghasilkan arus dari voltase yang relatif konstan.

Karakteristik output dari panel surya dapat dilihat dari kuva performansi (Gambar 3), disebut *I-V curve*. *I-V curve* menunjukkan hubungan antara arus dan tegangan suatu panel surya.



Gambar 3. Karakteristik I-V Panel Surya 260W

Kebanyakan kurva I-V diberikan dalam *Standar Test Conditions* (STC) 1000 watt per meter persegi radiasi (atau disebut satu matahari puncak/*one peak sun hour*) dan 25 derajat Celcius/ 77 derajat Fahrenheit suhu solar cell panel. Sebagai informasi STC mewakili kondisi optimal dalam lingkungan laboratorium. Kurva I-V terdiri atas 3 hal yang penting :

a. *Maximum Power Point* (MPP). Pada kurva I-V, *Maximum Power Point* adalah titik operasi dimana daya keluaran (output) yang dihasilkan oleh sebuah panel surya saat kondisi operasional adalah maksimum. Daya MPP pada STC inilah yang biasanya digunakan sebagai rating daya panel surya. Jumlah watt pada batas maksimum ditentukan dengan mengalikan V_{mp} dan I_{mp} , maksimum jumlah watt pada STC untuk panel contoh di atas adalah 260 watt. Output berkurang sebagaimana tegangan menurun ke bawah atau menaik ke atas MPP. Daya keluaran dari kebanyakan modul panel surya juga menurun seiring dengan naiknya suhu panel surya.

b. *Open Circuit Voltage* (V_{oc}), adalah kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai pada saat tidak adanya arus (current). Pada kurva I-V, V_{oc} adalah 37.7 volt. Daya pada saat V_{oc} adalah 0 watt. V_{oc} dari sebuah panel surya dapat diukur di lapangan dalam berbagai macam keadaan. Saat membeli modul, sangat direkomendasikan untuk menguji voltase untuk mengetahui apakah cocok dengan spesifikasi pabrik. Tegangan V_{oc} tidak berfluktuasi secara signifikan seiring dengan perubahan intensitas cahaya.

c. *Short Circuit Current* (I_{sc}), adalah maksimum arus keluaran dari sebuah panel surya yang terminalnya dihubungkan singkat. Pada kurva I-V di atas menunjukkan perkiraan arus 9,15 ampere, sementara karena tegangan terminalnya nihil, maka daya keluaran panel surya tersebut adalah 0 watt.

Delapan hal utama yang mempengaruhi unjuk kerja atau performansi dari modul panel surya:

a. Resistansi beban. Bila baterai dihubungkan langsung dengan terminal panel surya, maka tegangan operasi dari modul panel surya tersebut akan sama dengan tegangan baterai. Untuk panel surya dengan karakteristik Gambar 3, pada STC, jika dihubungkan dengan baterai 24V, akan memberikan daya di bawah MPP (260W). Agar panel surya dapat mengecaskan baterai secara lebih baik, diperlukan *adaptor* tegangan yang sesuai dengan karakteristik panel surya. *Adaptor* tersebut dinamakan *charger*. Efisiensi paling tinggi adalah saat panel surya beroperasi dekat dengan titik MPP. Perlu diingat juga bahwa tegangan dan daya MPP akan menurun seiring dengan naiknya suhu panel surya.

b. Intensitas cahaya matahari. Semakin besar intensitas cahaya matahari secara proposional akan menghasilkan arus yang semakin besar. Dalam Gambar 3, jika tingkatan cahaya matahari menurun, bentuk dari kurva I-V masih menunjukkan pola yang sama, tetapi bergerak ke bawah yang mengindikasikan menurunnya arus dan daya. Sementara voltase tidak banyak

berubah terhadap bermacam-macam intensitas cahaya matahari.

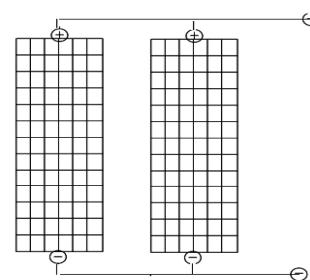
c. Suhu *solar cell panel*. Panel surya akan menghasilkan energi yang besar pada intensitas cahaya yang tinggi. Tetapi disisi lain, intensitas sinar matahari yang tinggi akan memicu kenaikan suhu panel surya. Bila suhu panel surya meningkat di atas standar suhu normal 25°C, efisiensi dan tegangan panel tersebut akan berkurang. Gambar 3 mengilustrasikan hubungan antara kenaikan suhu yang disebabkan tingginya intensitas sinar matahari terhadap turunnya daya MPP sebuah panel surya. Secara umum panel surya dengan NOCT (Nominal Operating Cell Temperatur) rendah lebih baik dalam operasinya.

d. *Shading*/teduh/bayangan. PLTS biasanya dihasilkan dari susunan *Array* yang terdiri atas beberapa panel surya yang dihubungkan secara seri dan/atau paralel untuk menghasilkan daya yang diinginkan. Satu sel silikon pada kondisi STC menghasilkan tegangan lebih kurang 0,6 Volt. *Shading* adalah kondisi dimana salah satu atau lebih sel silikon dari panel surya tertutup dari sinar matahari sehingga tegangannya lebih rendah dari yang lainnya. Pada keadaan ini, sel tersebut akan menjadi beban dari sel lainnya yang berfungsi normal. *Shading* akan mengurangi daya keluaran dari panel surya secara signifikan. Beberapa jenis *PV module* sangat terpengaruh oleh *shading* dibandingkan yang lain. Untuk mengurangi dampak hal tersebut, setiap panel surya harus dipasang *bypass diodes*, sehingga sel/panel yang bermasalah akan secara otomatis terlepas dari *array*.

e. *Array* atau rangkaian modul surya. Sistem-sistem fotovoltaik atau lebih dikenal dengan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dibuat berdasarkan pada kebutuhan catu daya dan sistem tegangan yang diinginkan oleh beban. Untuk membuat rangkaian modul surya dilakukan dengan cara menghubungkan modul surya secara seri dan paralel.

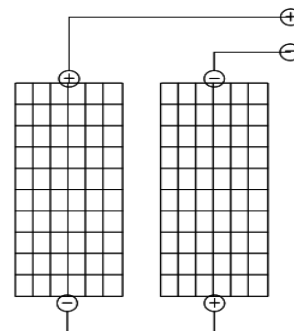
f. Hubungan modul surya secara paralel. Untuk mendapatkan arus listrik yang lebih

besar dari pada keluaran arus listrik dari setiap modul surya, maka modul surya dihubungkan secara paralel, dengan cara menghubungkan kutub-kutub yang sama (kutub negatif saling dihubungkan dan kutub positif juga saling dihubungkan). Apabila masing-masing modul surya mempunyai tegangan kerja 30 Volt dan menghasilkan arus listrik sebesar masing-masing 3 Ampere, kemudian ke-duanya dihubungkan secara paralel maka akan didapatkan arus listrik total sebesar 6 Ampere sedangkan tegangan total akan sama dengan tegangan masing-masing modul surya yaitu 30 Volt.



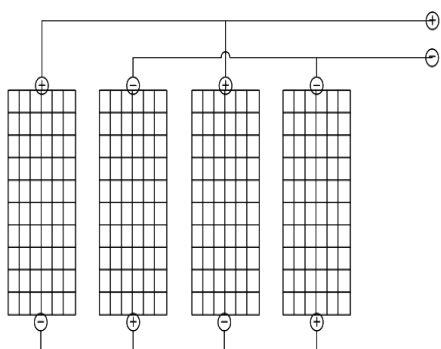
Gambar 4. Susunan dua buah modul surya dihubungkan paralel

g. Hubungan modul surya secara seri. Untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan modul surya dihubungkan secara seri yaitu dengan cara menghubungkan kutub positif dan kutub negatif seperti terlihat pada gambar dibawah ini. Tegangan total yang didapatkan dengan cara menghubungkan seri tiga buah modul masing-masing mempunyai tegangan 30 Volt adalah merupakan jumlah yaitu 60 Volt, tetapi arus listrik total yang dihasilkan adalah sama dengan masing-masing arus setiap modul yaitu 3 Ampere.



Gambar 5. Susunan dua buah modul surya dihubungkan seri

h. Hubungan modul surya secara seri dan paralel. Untuk mencatu daya sistem–sistem PLTS yang diinginkan, maka perlu untuk menggabungkan sejumlah modul surya secara seri maupun paralel. Pada Gambar 6 terlihat bahwa array atau rangkaian modul surya untuk mencatu daya sistem terdiri dari 4 buah modul surya, dimana 2 buah modul surya dihubungkan secara seri dan 2 buah modul surya dihubungkan secara paralel. Tegangan kerja sistem tersebut adalah 60 Volt dan arus listrik yang dihasilkan adalah sebesar 6 Ampere.



Gambar 6. Array atau rangkaian modul surya

i. Baterai adalah alat penyimpan tenaga listrik arus searah (DC). Ada beberapa jenis baterai di pasaran yaitu jenis baterai basah/konvensional, hybrid dan MF (Maintenance Free).



Gambar 7. Baterai

Baterai basah/konvensional berarti masih menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dalam bentuk cair. Sedangkan baterai MF sering disebut juga baterai kering karena asam sulfatnya sudah dalam bentuk gel/selai. Dalam hal pertimbangan posisi peletakkannya maka baterai kering tidak mempunyai kendala, sementara tidak demikian halnya dengan baterai basah.

Baterai konvensional juga mempunyai kandungan timbal (Pb) yang masih tinggi yaitu sekitar 2,5% untuk masing-masing sel positif dan negatif. Sedangkan jenis *Hybrid* kandungan timbalnya sudah dikurangi menjadi masing-masing 1,7% hanya saja sel negatifnya sudah ditambahkan unsur Calsium. Sedangkan baterai MF/baterai kering sel positifnya masih menggunakan timbal 1,7% tetapi sel negatifnya sudah tidak menggunakan timbal melainkan Calsium sebesar 1,7%. Pada Calsium *battery* Asam Sulfatnya (H_2SO_4) masih berbentuk cairan, hanya saja hampir tidak memerlukan perawatan karena tingkat penguapannya kecil sekali dan dikondensasi kembali. Teknologi sekarang bahkan memakai bahan silver untuk campuran sel negatifnya.

Ada beberapa pertimbangan dalam memilih baterai :

- Tata letak, apakah posisi tegak, miring atau terbalik. Bila pertimbangannya untuk segala posisi maka baterai kering adalah pilihan utama karena cairan air baterai tidak akan tumpah. Kendaraan off road biasanya menggunakan baterai kering mengingat medannya yang berat. Baterai ikut terguncang-guncang dan terbanting. Baterai kering tahan guncangan sedangkan baterai basah bahan elektrodanya mudah rapuh terkena guncangan.
- Voltage*/tegangan. Dipasaran yang mudah ditemukan adalah yang bertegangan 6V, 12V da 24V. Ada juga yang *multipole* yang mempunyai beberapa titik tegangan. Ada juga yang di disain khusus, biasanya dipakai untuk keperluan industri.
- Kapasitas baterai yang tertulis dalam satuan Ah (*Ampere hour*), yang menyatakan kekuatan baterai, seberapa lama baterai tersebut dapat bertahan mensuplai arus untuk beban/*load*.
- Cranking Ampere* yang menyatakan seberapa besar arus start yang dapat disuplai untuk pertama kali pada saat beban dihidupkan. Baterai kering biasanya mempunyai *Cranking Ampere* yang lebih kecil dibandingkan baterai basah, akan tetapi suplai tegangan dan arusnya relatif stabil dan konsisten.

- e. Sifat Pemakaian. Apakah baterai digunakan untuk kebutuhan rutin yang kerap digunakan ataukah cuma sebagai back-up saja. Baterai basah, tegangan dan kapasitasnya akan menurun bila disimpan lama tanpa recharger, sedangkan baterai kering relatif stabil bila disimpan untuk jangka waktu lama tanpa di cas.
- f. Harga. Karena baterai kering mempunyai banyak keunggulan maka harganya pun jauh lebih mahal daripada baterai basah. Untuk menjembatani rentang harga yang jauh maka produsen baterai juga memproduksi jenis baterai kalsium (*calcium battery*) yang harganya diantara keduanya.

Secara garis besar, *battery* dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksinya. Berdasarkan pada aplikasi, *battery* dibedakan untuk outomotif, marine dan *deep cycle*. *Deep cycle* itu meliputi baterai yang biasa digunakan untuk PV (*Photo Voltaic*) dan back up power. Sedangkan secara konstruksi maka *battery* dibedakan menjadi tipe basah, gel dan AGM (*Absored Glass Mat*). Baterai jenis AGM biasanya juga dikenal dengan VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*).

Baterai kering *Deep Cycle* juga dirancang untuk menghasilkan tegangan yang stabil dan konsisten. Penurunan kemampuannya tidak lebih dari 1-2% per bulan tanpa perlu dicas. Bandingkan dengan baterai konvensional yang bisa mencapai 2% per minggu untuk *self discharge*. Konsekuensinya untuk cas pengisian arus ke dalam baterai *Deep Cycle* harus lebih kecil dibandingkan *battery* konvensional sehingga butuh waktu yang lebih lama untuk mengisi muatannya. Antara *type gel* dan AGM hampir mirip hanya saja baterai AGM mempunyai semua kelebihan yang dimiliki *type gel* tanpa memiliki kekurangannya. Kekurangan *type Gel* adalah pada waktu dicas maka tegangannya harus 20% lebih rendah dari *battery* *type* AGM ataupun basah. Bila *overcharged* maka akan timbul rongga di dalam gelnya yang sulit diperbaiki sehingga berkurang kapasitas muatannya. Karena tidak ada cairan yang dapat membeku maupun mengembang, membuat baterai *Deep Cycle* tahan terhadap cuaca ekstrim yang

membekukan. Itulah sebabnya mengapa pada cuaca dingin yang ekstrim, kendaraan yang menggunakan baterai konvensional tidak dapat distart. Ada 2 rating untuk baterai yaitu CCA dan RC.

- a. CCA (*Cold Cranking Ampere*) menunjukkan seberapa besar arus yang dapat dikeluarkan serentak selama 30 detik pada titik beku air yaitu 0°C.
- b. RC (*Reserve Capacity*) menunjukkan berapa lama (dalam menit) *battery* tersebut dapat menyalurkan arus sebesar 25A sambil tetap menjaga tegangannya diatas 10,5 Volt. Baterai *Deep Cycle* mempunyai 2-3 kali lipat nilai RC dibandingkan baterai konvensional. Umur baterai AGM rata-rata antara 5-8 tahun

Pada sistem *stand alone* PV, baterai diperlukan untuk menyimpan energi listrik yang diproduksi pada siang hari untuk dipergunakan dikala tidak ada sinar matahari. Selain itu, baterai juga berfungsi sebagai sistem perataan energi guna menjaga kestabilan sistem akibat fluktuasi daya yang dihasilkan oleh PV karena adanya perubahan awan yang cepat.

Dalam pemilihan jenis baterai, perlu diperhatikan beberapa karakteristik dan tujuan penggunaan baterai serta besarnya energi yang akan disimpan. Beberapa kriteria baterai adalah:

- a. Memiliki *life time* tinggi, yang ditunjukkan dari nilai *cycle* yang tinggi.
- b. Memiliki DoD > 80%
- c. Memiliki kemampuan discharge dalam waktu singkat
- d. Memiliki kapasitas penyimpanan yang besar.

Analisa Kebutuhan Energi Listrik

Analisa kebutuhan energi listrik salah satu kecamatan di wilayah perbatasan Provinsi Kalimantan Barat dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1. KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK

Jenis Beban (unit)				Jumlah Beban (kWh/hari)
Rumah	Fasilitas umum	Pos Jaga	PJU	
260	9	6	108	288.1

Dari Tabel 1 tampak bahwa pada masing-masing desa yang telah dilakukan survei di Kecamatan Embaloh Hulu Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat dapat disimpulkan bahwa total kebutuhan energi listrik tersebut di atas sudah termasuk cadangan energi listrik 30% dan rugi-rugi sistem 30% adalah sebesar 288.1 kWh.

Kebutuhan Panel Surya (PV)

Kebutuhan panel surya (PV) untuk masing-masing desa yang terdapat pada di Kecamatan Embaloh Hulu Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2. KEBUTUHAN PANEL SURYA (PV)

Nama Kecamatan	Jumlah PV (Unit)
Embaloh Hulu	444

Tabel 2. menampilkan jumlah panel surya (PV) yang dibutuhkan untuk masing-masing desa di Kecamatan Embaloh Hulu Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat. Dapat disimpulkan bahwa jumlah panel surya (PV) sebesar 444 unit.

Kebutuhan Baterai

Kebutuhan Baterai untuk masing-masing desa yang terdapat di Kecamatan Embaloh Hulu Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3. KEBUTUHAN BATERAI

Nama Kecamatan	Jumlah Baterai (Unit)
Embaloh Hulu	42

Tabel 3 menyatakan jumlah baterai yang dibutuhkan untuk masing-masing desa di Kecamatan Embaloh Hulu Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat. Dari tabel itu diketahui bahwa jumlah sebesar 42 unit.

Kebutuhan Battery Charge Controller

Kebutuhan *Battery Charge Controller* untuk masing-masing desa yang terdapat di Kecamatan Embaloh Hulu Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat dapat dilihat pada Tabel 4.

TABEL 4. KEBUTUHAN BATTERY CHARGE CONTROLLER

Nama Kecamatan	Jumlah Battery Charge Controller (Unit)
Embaloh Hulu	8

Dari Tabel 4. di atas jumlah *Battery Charge Controller* yang dibutuhkan untuk masing-masing desa di Kecamatan Embaloh Hulu Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat. Dapat disimpulkan bahwa jumlah *Battery Charge Controller* yang dibutuhkan 8 unit.

Kebutuhan Inverter

Kebutuhan *Inverter* untuk masing-masing desa yang terdapat di Kecamatan Embaloh Hulu Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat dapat dilihat pada Tabel 5.

TABEL 5. KEBUTUHAN INVERTER

Nama Kecamatan	Jumlah Inverter (Unit)
Embaloh Hulu	10

Tabel 5. menampilkan jumlah *Inverter* yang dibutuhkan untuk masing-masing desa di Kecamatan Embaloh Hulu Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat. Jumlah inverter minimum telah ditentukan dalam KAK sebesar 3 unit. Bagi desa-desa yang besar dan memiliki lebih dari 3 unit *battery charge controller* jumlah inverter dibuat menjadi 4 unit untuk mempertinggi keandalan supply listriknya. Dari tabel 5. terlihat bahwa jumlah *Inverter* paling banyak terdapat pada Dusun Karanggang sebesar 4 unit sedangkan jumlah *Inverter* di desa lainnya adalah 3 unit, untuk kecamatan tersebut dibutuhkan 10 unit

Analisa Keuangan Penggunaan PLTS

Dari hasil analisis kelayakan penggunaan PLTS diketahui bahwa pada Kecamatan Embaloh Hulu Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat selayaknya mendapat sistem PLTS untuk memenuhi kebutuhan listrik bagi warga desa dalam rangka peningkatan kualitas sumber daya manusia dan sumber daya alam. Oleh karena itu, dibahas masalah keuangan pembangunan PLTS di Kecamatan Embaloh Hulu Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat. Rencana Anggaran Biaya untuk masing-masing desa yang terdapat di Kecamatan Embaloh Hulu Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat dapat dilihat pada Tabel 6.

TABEL 6. RENCANA ANGGARAN BIAYA

Nama Kecamatan	Kebutuhan Biaya (Rp)
Embaloh Hulu	23,466,264,000.

Dari Tabel 6 di atas jumlah rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk di Kecamatan Embaloh Hulu Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat dapat disimpulkan bahwa jumlah rencana anggaran sebesar Rp. 23,466,264,000.

IV. KESIMPULAN

Hasil pembahasan perhitungan dan analisa di lokasi prioritas perbatasan Provinsi Kalimantan Barat, maka dapat ditarik kesimpulan:

- a. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa kebutuhan energi listrik, total kebutuhan energi listrik yang dibutuhkan adalah sebesar 288.1 kWh/hari. Total kebutuhan energi listrik tersebut di atas sudah termasuk cadangan energi listrik 30% dan rugi-rugi sistem 30%.
- b. Kebutuhan panel surya adalah sebesar 444 unit, sedangkan total kebutuhan baterai yang dibutuhkan adalah sebesar 42 unit. *Battery Charge Controller* yang dibutuhkan adalah sebesar 8 unit. *Inverter* yang dibutuhkan adalah sebesar 10 unit.
- c. Adapun besarnya kebutuhan *biaya* investasi pemanfaatan pembangkit listrik tenaga

surya (PLTS) adalah sebesar Rp. 23,466,264,000.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PP Nomor 79 Tahun 2014, "www.esdm.go.id," esdm, 2014. [Online]. Available: www.prokum.esdm.go.id. [Accessed 2 8 2018].
- [2] Permen esdm No.19 Tahun 2016, "www.esdm.go.id," esdm, 2016. [Online]. Available: www.jdih.esdm.go.id. [Accessed 10 11 2018].
- [3] Samsurizal, Christiono, Andi Makkulau, "Evaluasi Sudut Kemiringan Terhadap Pengaruh *Irradiance* Pada Array *Photovoltaic* Jenis *Monocrystalline*", Jurnal Setrum, Vol.8, pp 28-23, 2019
- [4] N. N. Castellano, J. A. Gazquez and J. V. Guirado, "Optimal displacement of photovoltaic array's rows using a novel shading model," *Elsevier*, vol. 144, pp. 1-9, 2015.
- [5] P. Denholm and M. R, "Very Large-Scale Deployment of Grid-Connected Solar Photovoltaics in the United States: Challenges and Opportunities," NREL/CP-620-39683, 2006.
- [6] APAMSI, Tim.2013. Pengembangan PLTS di Indonesia. Yogyakarta.
- [7] Jansen, T.J., 1995: Teknologi Rekayasa Sel Surya, PT Pradnya Paramita
- [8] Samsurizal, A. Makkulau and Christiono, "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Arus Keluaran Pada Photovoltaic Dengan Menggunakan Regretion Quadratic Method," Jurnal Energi dan Kelistrikan, no. 2 vol.10, pp. 137-144, 2018.
- [9] Samsurizal, Christiono and A. Makkulau, "Evaluasi Sudut Kemiringan Terhadap Pengaruh *Irradiance* Pada Array *Photovoltaic* Jenis *Monocrystalline*," Jurnal SETRUM, no. 1. vol.8, pp. 28-34, 2019.
- [10] A. Makkulau, Christiono and Samsurizal, "Characteristics of Temperature Changes Measurement on Photovoltaic Surfaces Against Quality of Output Current on Solar Power Plants," International Conference on Technologies and Policies in Electric Power & Energy, IEEE, vol. doi:10.1109/IEEECONF48524.2019.9102630., pp. 1-4, 2019.