

DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK STASIUN RADAR PANTAI DI BUKIT TINDOI, KABUPATEN WAKATOBI

Susilo Wisnugroho, S.W.Widyanto, Ma'muri, M.Agus

Loka Perencanaan Teknologi Kelautan, Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan,
Kementerian Kelautan dan Perikanan

Jl. Ir. Soekarno No.3 Km 18, Patuno, Wangi-Wangi, Wakatobi, Sulawesi Tenggara

Email : wg.susilo@gmail.com

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah salah satu potensi pembangkit energi baru dan terbarukan dan ramah lingkungan. Indonesia yang berada di daerah khatulistiwa, keseluruhan wilayahnya dilalui matahari setiap tahunnya. Kabupaten Wakatobi yang secara geografis terletak pada 05^o15'00"-06^o10'00" LS dan 123^o15'00"-124^o45'00" BT, keseluruhan wilayahnya merupakan Taman Nasional. Taman Nasional Wakatobi mempunyai luas wilayah perairan laut ±18.377,31 km². Loka Perencanaan Teknologi Kelautan (LPTK) yang berada di Wakatobi memiliki fasilitas monitoring untuk pengawasan berupa instalasi radar pantai terintegrasi dengan *Automatic Identification System* (AIS). Kendala dalam operasional radar pantai ini adalah supply listrik dari PLN yang belum mencapai stasiun radar pantai di bukit Tindoi. Solusi yang dapat dipakai sebagai sumber energi adalah dengan PLTS dan genset. Makalah ini membahas tentang perancangan secara teknis PLTS sistem *off grid* untuk stasiun radar pantai LPTK. Hasil pengujian menunjukkan kebutuhan energi untuk stasiun radar pantai ini sebesar 45550 Wh. Komponen PLTS yang dibutuhkan untuk memenuhi energi tersebut terdiri atas 60 *photovoltaic* dengan kapasitas setiap panel 260 Wp, dipasang dengan sudut kemiringan 15^o menghadap utara. Kapasitas *charge controller* sebesar 60A, 150 V sebanyak 5 unit. Kapasitas baterai sebesar 2400Ah, 48 volt. Kapasitas inverter dengan sistem tegangan *input* 48 VDC, dan *output* daya kontinyu 3500VA, 220 VAC, 50Hz.

Kata Kunci : PLTS, radar pantai, Wakatobi, *photovoltaic*

Abstract

Solar Power Plant is one of the new energy and renewable energy system and environmentally friendly. Indonesia which is on the equator has the potential to develop the solar power plant, because the region is passed by the sun every year. Wakatobi District located between 05^o15'00"-06^o10'00"S and 123^o15'00"-124^o45'00"E which at the same time the entire territory is a National Park. As a Marine National Park which has an area of ± 18,377.31 km² requires surveillance and supervision. Loka Perencanaan Teknologi Kelautan (LPTK) located in Wakatobi has supervisory facilities in the form of Coastal Radar integrated with Automatic Identification System (AIS). One of the major problem in the operation of this the electricity supply from PLN has not reached Tindoi hill, where the Coastal Radar station is installed. Solutions that can be taken for electricity supply from Diesel Generators and Solar Power Plant. This paper discusses the technical design of an off-grid Solar Power Plant to provide electricity for coastal radar stations. The result show that energy requirement a system costal radar is 45550 Wh. This design utilize 60 photovoltaic modules with a capacity of a panel 260Wp. The photovoltaic modules mounted at an angle of 15^o facing north. The design requires 5 units charge controller with capacity of 60 A, 150 V. The battery bank required to deliver up to 2400Ah of discharge current with output voltage 48 volt. Inverter input voltage 48 VDC is used to provide 3500VA continuous power output, at 220 V and 50Hz.

Keywords: Solar Power Plant, costal radar, Wakatobi, Photovoltaic

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia sebagai negara yang berada di daerah tropis memiliki potensi besar memanfaatkan energi baru dan terbarukan yang berupa Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Selain potensi sebagai negara yang berada di wilayah tropis, Indonesia juga berada pada wilayah khatulistiwa sehingga dilalui matahari setiap tahunnya. PLTS menjadi lebih diminati karena lebih aplikatif dalam instalasi untuk pemanfaatan skala rumah tangga, industri, perkantoran dan obyek-obyek riset yang ketersediaan suplai energi PLN belum dapat menjangkau.

Kabupaten Wakatobi yang secara geografis terletak pada $05^{\circ}15'00''-06^{\circ}10'00''$ LS dan $123^{\circ}15'00''-124^{\circ}45'00''$ BT merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Tenggara yang wilayah daratan dan perairannya secara keseluruhan merupakan daerah Taman Nasional. Kawasan kepulauan Wakatobi dan perairannya ditunjuk sebagai Taman Nasional berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 393/Kpts-VI/1996 dan telah ditetapkan berdasar SK Menhut No. 7651/Kpts-II/2002. Sebagai kawasan yang memiliki luas perairan $\pm 18.377,31$ km² diperlukan pengawasan baik wilayah daratan maupun perairannya sebab selain sebagai Taman Nasional, perairan Wakatobi juga bersinggungan langsung dengan Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) ini berarti wilayah perairan sekitar wakatobi merupakan jalur lintas pelayaran internasional.

Tahun 2012 Kementerian Kelautan dan Perikanan mendapat hibah dari pemerintah jepang berupa radar pantai yang terintegrasi dengan *Automatic Identification System* (AIS) yang kemudian diinstalasi di Wakatobi. Kendala yang muncul dari pendirian instalasi radar pantai ini adalah ketersediaan suplai energi, karena secara keseluruhan wilayah pulau Wakatobi belum dapat terjangkau oleh jaringan listrik PLN. Alternatif yang kemudian dilakukan adalah dengan mendapatkan energi dari genset berbahan bakar solar. Proses distribusi solar ke Wakatobi bergantung pada transportasi laut yang cuaca menjadi faktor kelancaran ketersediaan solar. Masalah yang lain ketika menggunakan genset berbahan bakar solar adalah infrastruktur jalan transportasi dari

pelabuhan ke stasiun radar pantai yang berada di bukit Tindoi, dimana jalur yang dilalui tidak bisa dijangkau dengan mobil dan motor sehingga bahan bakar solar harus dipikul menggunakan jerigen untuk disimpan pada ruang penyimpanan solar di stasiun radar pantai.

Permasalahan suplai energi ke stasiun radar di bukit Tindoi ini dapat diatasi dengan salah satunya adalah pembangunan instalasi PLTS, dimana secara pengoperasian dan perawatannya akan lebih ringan. Selain dari segi pengoperasian dan perawatan, PLTS lebih cocok diterapkan karena potensi energi matahari didukung letak instalasi radar pantai yang berada di atas bukit sangat memungkinkan mendapat sinar matahari yang cukup dan tidak terhalang bangunan yang lebih tinggi. Model instalasi PLTS yang dapat dipilih adalah sistem *off grid* dikarenakan jaringan listrik PLN belum sampai di wilayah tersebut, tetapi sistem masih dapat dikoneksikan dengan perangkat genset yang sudah tersedia. Makalah ini akan memberikan rancangan suplai listrik dari PLTS secara penuh 100% pada stasiun radar pantai di bukit Tindoi, sedangkan genset dapat dioperasikan secara manual pada saat ada perawatan berat di instalasi PLTS atau pada kondisi cuaca ekstrim sehingga dikhawatirkan pasokan energi dari PLTS tidak dapat mencukupi.

Landasan Teori

a. *Photovoltaic*

PLTS merupakan pembangkit energi listrik yang bersumber dari pemanfaatan radiasi sinar matahari. Radiasi sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi disebut *insolation* (*incoming solar radiation*). Sistem *photovoltaic* adalah sistem yang mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik. Untuk dapat memanfaatkan radiasi sinar matahari yang sampai ke bumi agar mendapatkan energi listrik dibutuhkan modul *photovoltaic*. Desain sistem PLTS yang dalam perakitan instalasinya menggunakan unit peralatan baru maka rugi-rugi (*loses*) diasumsikan sebesar 15%. Untuk mengetahui besarnya energi total yang dibutuhkan sistem setelah mengacu pada rugi-rugi dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_T = E_A + (15\% \times E_A) \dots \dots \dots (1)$$

Kapasitas daya dari *photovoltaic* untuk merubah energi radiasi matahari menjadi energy listrik dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti; kebutuhan sistem yang disyaratkan, insolasi matahari, dan faktor penyesuaian. Nilai faktor penyesuaian pada instalasi PLTS yang sering dipakai sebesar 1,1.

Kapasitas daya dari modul *photovoltaic* dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{Kapasitas\ Modul\ Surya = E_T}{Insolasi\ Matahari} \times faktor\ penyesuain \dots (2)$$

Perhitungan jumlah modul yang digunakan dapat dihitung dengan persamaan :

$$\frac{Jumlah\ Modul = Kapasitas\ modul\ yang\ dirancang}{Kapasitas\ modul\ yang\ digunakan} \dots \dots \dots (3)$$

Modul *photovoltaic* yang dirangkai sedemikian rupa untuk mendapatkan arus dan tegangan tertentu disebut sebagai *array photovoltaic*. Efisiensi kinerja dari panel *photovoltaic* dipengaruhi salah satunya dari penggunaan bahan material panel *photovoltaic*, untuk saat ini jenis panel *photovoltaic* yang berjenis monokristalin mempunyai efisiensi paling baik disusul jenis polikristalin. Kelemahan dari panel *photovoltaic* jenis monokristalin salah satunya adalah adanya ruang kosong pada penyusunan dalam satu panel, sedangkan polikristalin yang dalam pembuatannya menggunakan teknik pengecoran dapat memberikan luasan maksimal dalam satu panel tetapi mempunyai tingkat efisiensi yang lebih rendah disebabkan adanya susunan kristal yang acak pada panel *photovoltaic* ini. Gambar 1 adalah contoh *photovoltaic* jenis monokristalin dan Gambar 2 adalah contoh *photovoltaic* polikristalin. Dibawah ini adalah contoh panel *photovoltaic* :



Gambar 1. Panel *photovoltaic* jenis monokristalin



Gambar 2. Panel *photovoltaic* jenis polikristalin

b. Baterai.

Baterai atau aki adalah media penyimpanan energi listrik. Baterai dalam penggunaan sistem PLTS dirangkai dalam susunan tertentu untuk mendapatkan tegangan kerja sistem yang sesuai dengan perangkat lainnya. Baterai yang banyak digunakan untuk sistem PLTS adalah baterai jenis *valve regulated lead acid (VRLA)* atau *Opzv* dikarenakan baterai jenis ini tidak memerlukan perawatan rutin seperti penambahan air aki dan memiliki *internal resistance* yang lebih kecil .

Kapasitas suatu baterai memberikan gambaran kemampuan lama dan besarnya aliran arus listrik dalam tegangan kerja tertentu yang dinyatakan dalam *Ampere hour (Ah)*. Besarnya hari otonomi adalah kondisi dimana baterai menyimpan energi dan mengeluarkannya pada hari itu juga yang ditentukan satu hari yang biasa disebut sebagai hari otonom. Besarnya *deep of discharge (DOD)* pada baterai pada umumnya disarankan tidak lebih dari 60%. Kapasitas baterai yang dibutuhkan dalam sistem PLTS adalah :

$$C_b = \frac{Ah \times d}{DOD} \dots \dots \dots (4)$$

dimana, Ah adalah konversi dari besarnya energi yang disyaratkan dalam sistem disesuaikan dengan kapasitas tegangan kerja pada sistem. Berikut Gambar 3 adalah contoh dari baterai jenis VRLA yang dapat digunakan dalam sistem PLTS :



Gambar 3. Baterai jenis VRLA Opzv

c. Charge Controller

Charge controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Charge controller ini melakukan pengaturan agar baterai tidak mengalami over charge maupun over discharge. Besarnya kapasitas arus yang mengalir pada charge controller dapat ditentukan dari besarnya short circuit current panel dan jumlah string paralel wiring string paralel photovoltaic.

$$I_{cc} = N_p \times I_{sc} \times 1,25 \dots\dots\dots(5)$$

dimana, N_p adalah jumlah string paralel pada photovoltaic, I_{sc} adalah besarnya nilai short circuit current dari setiap panel photovoltaic, dan 1,25 ditetapkan sebagai faktor kelebihan untuk memberikan keamanan pada modul photovoltaic dan beban. Untuk perhitungan tegangan maksimum yang masuk pada charge controller dapat dicari dengan persamaan :

$$V_{cc} = N_s \times V_{oc} \times 1,25 \dots\dots\dots(6)$$

Dimana, N_s adalah jumlah string seri dari papan modul photovoltaic, V_{oc} adalah besarnya open circuit voltage dari masing-masing modul

photovoltaic, sedangkan nilai 1,25 ditetapkan sebagai faktor kelebihan untuk memberi keamanan. Charge controller yang ada saat ini menggunakan teknologi PWM (Pulse Width Modulation) dan MPPT (Maximum Power Point Tracker), dari sisi efisiensi penggunaannya maka charge controller MPPT lebih efisien dalam penyerapan daya optimal dari photovoltaic dibanding jenis PWM. Gambar 4 berikut adalah salah satu contoh charge controller jenis MPPT :



Gambar 4. Charge controller jenis MPPT

d. Inverter

Inverter adalah alat yang digunakan untuk merubah arus searah menjadi arus bolak-balik sesuai dengan kebutuhan peralatan listrik yang digunakan. Untuk menentukan kapasitas dari inverter harus disesuaikan dengan beban dari inverter. Sesuai fungsi dari inverter maka dalam penggunaan atau pemilihan inverter dapat dilakukan dengan pertimbangan kapasitas daya output puncak dari beban dan faktor keamanan yang ditentukan sebesar 1,25. Besarnya kapasitas daya inverter dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{Inv} = P_{Aload} \times 1,25 \dots\dots\dots(7)$$

Tipe inverter yang memiliki karakteristik keluaran arus bolak-balik yang mendekati gelombang sinus murni biasa disebut inverter jenis pure sine wave inveter. Berikut Gambar 5 adalah contoh perangkat inverter jenis pure sine wave :



Gambar 5. Inverter jenis *pure sine wave*

I. Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya maka permasalahan penelitian yang ada adalah desain teknis dari PLTS untuk stasiun radar pantai di bukit Tindoi, Kabupaten Wakatobi.

II. Rencana Pemecahan Masalah

Penelitian dilakukan dari sudut pandang potensi insolasi matahari di wilayah Kabupaten Wakatobi dan sudut pandang teknis kondisi beban daya dari stasiun radar pantai di bukit Tindoi, Kabupaten Wakatobi.

III. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran terkait rencana pembangunan instalasi PLTS untuk stasiun radar pantai di bukit Tindoi, Kabupaten Wakatobi berdasar pada kondisi insolasi matahari Kabupaten Wakatobi pada tahun 2017 dan beban daya stasiun radar pantai saat itu.

METODE PENELITIAN

I. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Wakatobi, Provinsi Sulawesi Tenggara pada tahun 2017.

II. Cara Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metodologi studi pustaka, survey, simulasi perhitungan dan desain sistem.

III. Sumber Data

Sumber data didapat dengan cara pengukuran menggunakan fasilitas instrumentasi milik Bandar Udara Matahora di Wakatobi, pengamatan spesifikasi teknis dan pencatatan unjuk kerja fasilitas stasiun radar pantai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

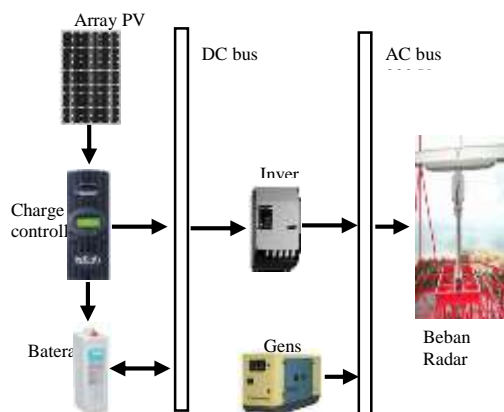
a. Perancangan sistem

Sistem PLTS dapat dilakukan perancangan dengan model *off grid* maupun *on grid*. Pada sistem *off grid* maka jaring jala-jala listrik dari PLN tidak dihubungkan dengan perangkat yang ada. Desain PLTS pada makalah ini menggunakan sistem *off grid* dan menggunakan media penyimpan energi yang dimanfaatkan ketika matahari tidak menyinari perangkat *photovoltaic* sebagai penangkap radiasi dari matahari. *Photovoltaic* sebagai media penangkap radiasi sinar matahari merubah menjadi energi listrik, yang kemudian energi listrik itu dilewatkan pada perangkat *charge controller* sebagai perangkat pengatur untuk baterai melakukan pengisian dan pembatasan aliran arus ketika baterai sudah mengalami pengisian secara penuh.

Fungsi *charge controller* selain sebagai kontrol dalam pengisian baterai juga berfungsi untuk proses pengosongan dari baterai pada saat energi didalam baterai ditransfer sebagai masukan pada perangkat inverter. Perangkat inverter inilah yang kemudian melakukan perubahan dari arus searah dari baterai menjadi arus bolak-balik yang akan disalurkan pada beban.

Pembagian karakteristik arus listrik yang ada di sistem adalah sebagai berikut : arus dari *photovoltaic* sampai masuk inverter adalah arus searah, sedangkan arus setelah keluar inverter sampai ke beban sudah berupa arus bolak-balik.

Rancangan ini dalam mempermudah *wiring* juga dibutuhkan adanya panel kombainer untuk penyusunan *array photovoltaic* dan panel hubung bagi (PHB), sehingga beban dalam kondisi tertentu seperti yang sudah disebutkan diawal dapat dipasang baik dengan PLTS maupun genset, akan tetapi desain ini tetap menitik beratkan pada suplai secara penuh dari PLTS ke beban yang ada di stasiun radar pantai untuk operasi selama 24 jam. Gambar 6 berikut menampilkan konfigurasi desain dari rancangan PLTS :



Gambar 6. Konfigurasi desain sistem PLTS

b. Perhitungan Beban Sistem yang Disuplai

Desain PLTS untuk stasiun radar pantai di bukit Tindoi, Kabupaten Wakatobi, digunakan untuk mendapatkan perhitungan teknis kapasitas perangkat PLTS. Langkah awal yang dilakukan dalam perancangan PLTS ini adalah dengan menentukan beban total dari instalasi stasiun radar pantai yang ada di bukit Tindoi. Beban total harian yang dimiliki stasiun radar pantai yang ada di bukit Tindoi terdiri dari beberapa perangkat utama dan perangkat penunjang. Detail data beban yang ada dan dipergunakan di instalasi stasiun radar pantai di bukit Tindoi seperti tabel 1. berikut :

Tabel 1. Data Beban Stasiun radar pantai di bukit Tindoi, Kabupaten Wakatobi

Beban	Daya (watt)	Lama penggunaan dalam sehari (jam)	Energi (wh)
Perangkat radar dan AIS JRC	1100	24	26400
Lampu penerangan	250	12	3000
Lampu tower	50	24	1200
Radio komunikasi	200	24	4800
Pendingin ruangan	350	24	8400
Pemanas air minum	350	5	1750
Total	2300		45550

Tabel 1 memberikan data bahwa pada perangkat instalasi radar pantai yang ada di bukit Tindoi, Kabupaten Wakatobi dalam operasional harinya mempunyai beban puncak sebesar 2300 Watt dan energi yang perlu disuplai sebesar 45550 Wh. Beban yang akan disuplai oleh PLTS sebesar 100% atau penggunaan beban penuh dicukupi dari PLTS saja. Jika asumsi rugi-rugi (*loses*) pada sistem dianggap 15%, karena keseluruhan komponen sistem yang dipergunakan adalah barang baru maka total energi sistem yang disyaratkan adalah sebesar (1) :

$$E_T = \text{Energi beban yang disuplai} + \text{loses}$$

$$E_T = E_A + (15\% \times E_A)$$

$$E_T = 45550 + (15\% \times 45550)$$

$$E_T = 52382,5$$

$$\approx 52383 \text{ wh}$$

Jadi total energy sistem yang disyaratkan sebesar 52383 wh.

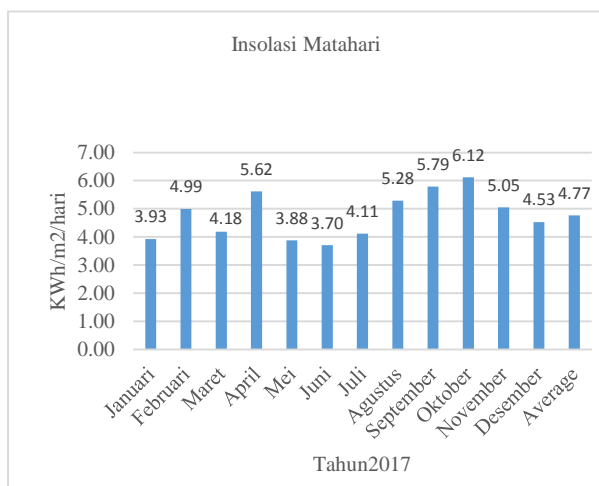
c. Perhitungan Kapasitas Daya Modul photovoltaic

Kapasitas daya dari modul *photovoltaic* dapat ditentukan berdasarkan beberapa faktor yang sudah ada, seperti : total kebutuhan energi yang disyaratkan untuk disuplai oleh PLTS, nilai insolasi matahari untuk wilayah tersebut, dan faktor penyesuaian seperti yang telah dijelaskan pada landasan teori.

Total kebutuhan energi dari sistem yang disyaratkan sudah dilakukan perhitungan dengan ketentuan suplai energi listrik 100% berasal dari PLTS dan operasional beban beragam dari durasi waktunya yang dalam perhitungan didapat nilai sebesar 52383 wh. Data insolasi matahari untuk wilayah Kabupaten wakatobi selama kurun waktu 2017 terendah pada bulan Juni sebesar 3,70 kwh/m²/hari dan data insolasi matahari tertinggi

terjadi pada bulan Oktober sebesar 6,12 kwh/m²/hari.

Data insolasi diambil nilai terendah dalam kurun waktu tahun 2017 agar PLTS dapat memenuhi ketersediaan energi pada bulan dimana terjadi insolasi terendah. Berikut ditampilkan Gambar 7 grafik insolasi matahari untuk wilayah Kabupaten Wakatobi dalam kurun waktu satu tahun, yang bersumber dari data instrumentasi di Bandar Udara Matahora di Wakatobi sebagai berikut :



Gambar 7. Data Insolasi matahari di wilayah Wakatobi

Berdasarkan data diatas maka, kapasitas daya modul surya dapat ditentukan dengan persamaan (2) :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Modul Surya} &= \frac{E_T}{\text{Insolasi Matahari}} \times \text{faktor penyesuaian} \\ &= \frac{52383 \text{ wh}}{3,70} \times 1,1 \\ &= 15573,32 \\ &\approx 15573 \text{ wp} \end{aligned}$$

Dengan demikian besarnya kapasitas daya dari keseluruhan *photovoltaic* yang dibutuhkan adalah 15573 watt peak.

Kebutuhan keseluruhan daya dari yang harus dicukupi oleh *photovoltaic* setelah diketahui maka dapat dicari jumlah panel surya serta kesesuaian penyusunan rangkainya agar dapat terhubung sinkron dengan kemampuan *charge controller* yang digunakan dan ketersediaan luasan area stasiun radar pantai.

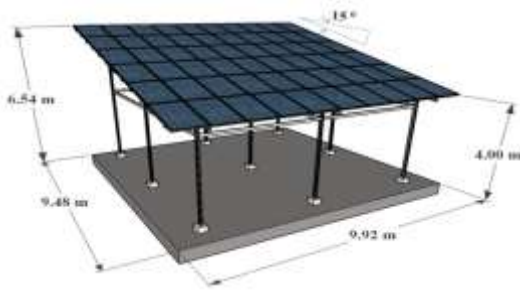
Perhitungan jumlah panel *photovoltaic* pada desain berikut menggunakan papan panel *photovoltaic* yang beredar dipasaran dengan mengambil spesifikasi maksimum power 260 wp, tegangan maksimum 30,6 volt dc dan kuat arus maksimum sebesar 8,5 ampere. Perhitungan jumlah panel surya yang harus tersedia sesuai spesifikasi yang telah disebutkan dapat dicari dengan persamaan (3) :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Modul} &= \frac{\text{Kapasitas modul yang dirancang}}{\text{Kapasitas modul yang digunakan}} \\ &= \frac{15573 \text{ wp}}{260 \text{ wp}} \end{aligned}$$

$$= 59,89$$

$$\approx 60 \text{ panel photovoltaic}$$

Berdasarkan pada lokasi geografis Kabupaten Wakatobi yang berada 05°15'00"-06°10'00"LS dan 123°15'00"-124°45'00"BT atau dengan kata lain posisi pulau Wakatobi berada dibelahan bumi selatan, maka acuan panel *photovoltaic* diharapkan dalam pemasangan miring keutara dengan sudut kemiringan 15°. Hasil perhitungan jumlah panel *photovoltaic* yang digunakan sebanyak 60 panel, yang disusun dalam 5 group *array photovoltaic* dimana dalam satu group panel *photovoltaic* disusun seri sebanyak 3 panel kemudian disusun paralel sebanyak 4 kelompok dari susunan seri yang sudah ada menjadi 1 group *Array photovoltaic*. Penyusunan rangkaian *array photovoltaic* ini dilakukan untuk mendapatkan tegangan dan arus keluaran dari masing-masing group yang sesuai dengan sistem yang akan dipergunakan sehingga ketersediaan kapasitas *photovoltaic* yang ada sebesar 15600 Wp. Ketersediaan lahan juga menjadi pertimbangan penghitungan, untuk menentukan luas lahan yang dibutuhkan didasarkan pada luas setiap panel sebesar ±1,6 m² untuk panel 260 wp sehingga kebutuhan luas area instalasi untuk pemasangan panel *array photovoltaic* kurang lebih ±96 m². Berikut adalah gambar desain untuk rancangan pemasangan panel *array photovoltaic* dengan memakai luasan lahan yang ada di stasiun radar pantai dibukit Tindoi, Kabupaten Wakatobi :



Gambar 8. Desain pemasangan *array photovoltaic*

≈ 2183 Ah

Kapasitas baterai yang dibutuhkan dalam sistem PLTS ini adalah sebesar 2183 Ah, dengan tegangan kerja sistem sebesar 48 volt. Pertimbangan pemenuhan kapasitas baterai yang dibutuhkan dan kecocokan jenis baterai pada sistem dengan tegangan kerja 48 volt maka dipilih baterai jenis VRLA Opzv dengan spesifikasi masing - masing baterai mempunyai kapasitas 1200 Ah dan tegangan kerja 2 volt sebanyak 48 baterai. Susunan string baterai sejumlah 24 baterai dirangkai seri, kemudian dari rangkaian seri 24 baterai tersebut dirangkai secara paralel menjadi 2 group. Kapasitas baterai didapat sebesar 2400 Ah dengan tegangan kerja 48 volt. Pemilihan kapasitas baterai yang melebihi dari rancangan sebesar 217 Ah bertujuan untuk memaksimalkan kapasitas pengisian saat terjadi insolasi matahari maksimum dan sekaligus sebagai cadangan.

d. Perhitungan Kapasitas Baterai

Langkah pertama dalam menentukan besarnya kapasitas baterai yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan konversi dari besarnya total energi yang disyaratkan dalam sistem dengan tegangan kerja dari perangkat penunjang PLTS lainnya seperti *charge controller*. Pemilihan tegangan kerja ikut menentukan besarnya kapasitas baterai yang digunakan, untuk PLTS kapasitas 1 – 3 kwh menggunakan sistem 24 volt dan diatas 3 kwh menggunakan sistem 48 volt. Berikut perhitungan (7) konversi dari energi sistem yang disyaratkan dengan tegangan kerja yang direncanakan menggunakan sistem tegangan 48 volt :

$$Ah = \frac{E_T}{48} \dots\dots\dots(8)$$

$$= \frac{52383}{48}$$

$$= 1091,31 Ah$$

Hasil konversi dari sistem energi yang disyaratkan dengan tegangan kerja sistem dan mempertimbangkan besarnya DOD 50%. Jumlah hari otonom dimana hari otonom pada sistem adalah satu hari pelayanan, maka besarnya kapasitas baterai dapat ditentukan sebagai berikut (4) :

$$C_b = \frac{Ah \times d}{DOD}$$

$$= \frac{1091,31 Ah \times 1}{0,5}$$

$$= 2182,62$$

e. Perhitungan Kapasitas Charge controller

Langkah dalam perhitungan kebutuhan *charge controller* adalah dengan melihat kemampuan tegangan dan arus maksimal masukan dari *photovoltaic* dan besarnya beban maksimal dari instalasi yang akan disuplai oleh PLTS. Perancangan berikut ini menggunakan dasar bahwa beban dari stasiun radar pantai disuplai penuh 100% dari instalasi PLTS dan dalam waktu 24 jam, adapaun dalam aplikasi dilapangan beban bisa berkurang saat operasional kesehariannya.

Penentuan besarnya kapasitas *charge controller* untuk tiap-tiap group *array photovoltaic* tidak bisa dipisahkan dari komposisi *array photovoltaic* dan karakteristik panel *photovoltaic*, maka kapasitas arus yang mengalir pada setiap *charge controller* adalah (5) :

$$I_{cc} = N_p \times I_{sc} \times 1,25$$

$$= 4 \times 9,15 \times 1,25$$

$$= 45,75 Ampere$$

Sehingga kapasitas *charge controller* yang akan digunakan harus lebih besar dari 45,75 Ampere dan besarnya tegangan *open circuit* dari *array photovoltaic* yang dapat

masuk ke *charge controller* dari masing-masing group *array photovoltaic* dapat dihitung dengan persamaan (6) sebesar 141,37 volt yang didapatkan dari rangkain seri 3 panel *photovoltaic* dalam 1 group. Alternatif pemilihan *charge controller* berdasar pada hasil perhitungan diatas maka dipilih perangkat *charge controller* dengan spesifikasi kapasitas sebesar 60 Ampere dengan tegangan sistem *output* sebesar 48 volt dan kemampuan *pv open circuit voltage* sebesar maksimal 150 volt sebanyak 5 unit, dikarenakan suplai pada panel *array photovoltaic* sebanyak tiga group sehingga terjadi kesesuaian dengan masukan dari sistem *array photovoltaic*.

f. Pemilihan Inverter

Perangkat inverter yang berfungsi merubah arus searah dari baterai menjadi arus bolak-balik sesuai beban, maka pemilihan jenis inverter sebaiknya yang mempunyai keluaran gelombang sinusoidal mendekati karakteristik suplai listrik dari PLN yaitu jenis *pure sine wave*. Pemilihan karakteristik yang lain yang bisa menjadi pertimbangan penting dari pemilihan perangkat ini adalah besarnya tegangan suplai dari baterai yaitu 48 volt. Beban puncak stasiun radar pantai yaitu sebesar 2300 watt dapat disuplai dengan inverter sebesar (7):

$$P_{Inv} = P_{Aload} \times 1,25$$

$$= 2300 \times 1,25$$

$$= 2875 \text{ watt}$$

Sehingga besarnya daya inverter yang harus tersedia dalam desain ini adalah inverter yang mampu mensuplai daya secara kontinyu ke beban minimal sebesar 2875 Watt. Pemilihan perangkat inverter yang bisa dipakai salah satunya adalah perangkat inverter yang mempunyai kapasitas daya *output* kontinyu sebesar 3500 VA, 220 volt, 50 Hz, dan tegangan masukan 48 volt. Berikut tabel 2 merupakan data kebutuhan sistem dan desain ketersediaan sistem secara keseluruhan instalasi PLTS untuk stasiun radar pantai di bukit Tindoi, Kabupaten Wakatobi

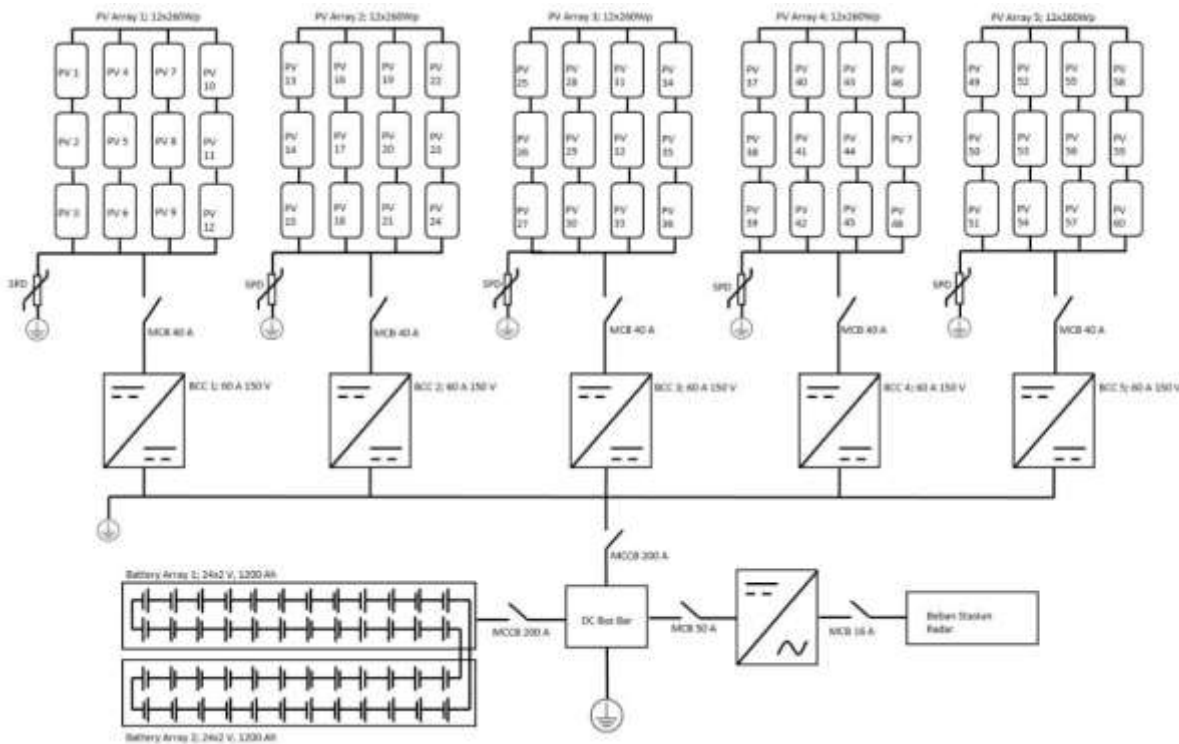
Tabel 2. Detail desain PLTS untuk stasiun radar pantai di bukit Tindoi, Kabupaten Wakatobi.

Sistem PLTS	Nilai	Satuan
Beban		
Beban puncak	2300	Watt
Total energi kebutuhan	45550	Wh
Total energi yang disyaratkan	52383	Wh
Kapasitas kebutuhan photovoltaic		
Kapasitas total <i>photovoltaic</i>	15573	Wp
Lama penyinaran matahari*	10	Jam
Kapasitas ketersediaan dari desain photovoltaic		
Jenis	Monokristalin	
Kapasitas total <i>photovoltaic</i>	15600	Wp
Kapasitas daya perpanel	260	Wp
<i>Open circuit voltage</i> (Voc)	37,70	Volt
<i>Short circuit current</i> (Isc)	9,15	Ampere
Jumlah total panel	60	panel
Jumlah <i>string</i> seri	3	panel
Jumlah <i>string</i> paralel	4	String seri
Jumlah group <i>array photovoltaic</i>	5	Group
Dimensi @ PV P×L×T	1636×992 ×45	mm
Luas area yang dibutuhkan	96	m ²
Sudut kemiringan pemasangan	15	derajat
Kapasitas kebutuhan baterai		
Kapasitas baterai	2183	Ah
DOD	50	%
Hari otonom	1	hari
Kapasitas ketersediaan dari desain baterai		
Jenis	VRLA	
Kapasitas total baterai	2400	Ah
Kapasitas perbaterai	1200	Ah
Tegangan perbaterai	2	Volt
Jumlah total baterai	48	Baterai
String seri baterai	24	Baterai
String paralel baterai	2	String seri
Dimensi @ baterai L×W×H	275×210× 646	mm
Kapasitas kebutuhan charge controller		
Kapasitas arus <i>chargecontroller</i>	45,75	Ampere
<i>PV Open circuit voltage</i>	141,37	Volt
Kapasitas ketersediaan dari desain charge controller		
Jenis	MPPT	
Kapasitas arus <i>chargecontroller</i>	60	Ampere
<i>PV Open circuit voltage</i>	150	Volt
Jumlah <i>charge controller</i>	5	unit

Dimensi @ charge controller P×L×T	343×146×102	mm
Kapasitas kebutuhan inverter		
Beban puncak stasiun radar	2300	Watt
Kapasitas inverter	2875	Watt
Tegangan input	48	Volt
Kapasitas ketersediaan dari desain inverter		
Jenis	Pure sine wave	
Kapasitas daya kontinyu inverter	3500	VA
Tegangan input	38-68	Volt dc

Tegangan Output	230	Volt ac
Frekuensi	50	Hz
Dimensi H×W×D	230×300×500	mm
Kapasitas ketersediaan lahan rumah baterai, charge controller, inverter dan panel hubung bagi		
Luas bangunan gedung permanen	25	M ²

*diambil dari nilai terendah waktu penyinaran dibulan insolasi matahari terendah.



Gambar 9. Desain *single line* diagram sistem PLTS untuk stasiun radar pantai.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasar uraian diatas maka dapat diambil kesimpulan, sebagai salah satu cara mencukupi kebutuhan operasional energi listrik ke beban yang ada distsiun radar pantai dibukit Tindoi, Kabupaten Wakatobi adalah dengan membangun PLTS. Spesifikasi teknis kebutuhan minimal PLTS yang harus tersedia adalah sebagai berikut : modul *photovoltaic* yang dibutuhkan sebanyak 60 panel, dengan kapasitas tiap panel sebesar 260 Wp sehingga kapasitas total sebesar 15600 Wp. *Array photovoltaic* merupakan rangkaian modul *photovoltaic* yang tersusun secara 3 seri kemudian dari 4 kelompok seri dihubung paralel. Luas area yang dibutuhkan dalam

pemasangan *array photovoltaic* seluas 96 m² dan pemasangan kemiringan panel *photovoltaic* sebesar 15⁰ menghadap kearah utara.

Kebutuhan kapasitas baterai yang harus tersedia sebesar 2400 Ah dengan tegangan kerja sistem sebesar 48 volt, untuk mendapatkannya dengan menyusun baterai 1200 Ah, 2 volt secara seri sebanyak 24 sebanyak 2 group. Dua group baterai yang tersusun secara seri tersebut kemudian dihubung secara paralel. Pemilihan perangkat *charge controller* dengan menyesuaikan kemampuan besarnya kapasitas arus dari group *array photovoltaic* yang ada, sehingga dari hasil perhitungan dibutuhkan *charge controller* yang memiliki kapasitas 60 Ampere, 150 volt sebanyak 5 unit. Pemilihan inverter disesuaikan dengan karakteristik beban

dan kapasitas daya keluaran secara kontinyu, besarnya inverter yang dibutuhkan pada desain ini adalah inverter yang mempunyai kapasitas minimum daya keluaran kontinyu sebesar 3500 VA, dengan tegangan kerja beban 220 Volt, 50 Hz. Kebutuhan luas bangunan permanen sebagai rumah baterai, *charge controller* dan inverter seluas 25 m².

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah berjasa membantu dalam proses penelitian hingga penyusunan makalah. Kepada LPTK sebagai institusi dimana penulis bekerja, dan kepada semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu penulis mengucapkan terimakasih

DAFTAR PUSTAKA

- Hakim, A.R. 2018. Perancangan Sistem *Photovoltaic* Untuk Mesin Pembuat Es di Pelabuhan Perikanan Sadeng. JNTETI, Vol. 5, No. 2 : 228-235
- Nurhadi. 2017. Model Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Giliyang Madura. REM (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal, Vol. 2, No. 2 : 81-85
- Subandi. 2015. Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan *Solar Cell*. Jurnal Teknologi Tecnoscentia, Vol. 7, No. 2 : 157-163
- Wiryadinata, R. 2013. Studi Pemanfaatan Energi Matahari di Pulau Pajang Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. Setrum, Vol. 2, No. 1 : 6-15
- Wullandari, P. 2016. Perancangan Sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan PLN Untuk Mesin Pembuat ES (*Ice Maker*). Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna, LIPI, 11-12 Agustus 2016
- Yulianto, I. 2013. Perancangan *Hybrid System Photovoltaic* di Gardu Induk Blimbingan Malang. Jurnal Mahasiswa TEUB, Vol. 1, No. 5
- Hasan. 2012. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulau Saugi. Jurnal Riset Teknologi dan Kelautan (JRTK), Vol.10, No.2 :169-180
- Safrizal. 2017. Perancangan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Listrik Pada Gedung Fakultas Sains dan Teknologi UNISNU Jepara. Jurnal Disprotek, Vol. 8, No. 2 : 75-81
- Setiaji, G. 2017. Perancangan Sistem Pemompaan Air Sampel Tenaga Surya Untuk Sistem Online Monitoring Kualitas Air Sungai. JRL, Vol. 10, No. 1 : 33-44
- <https://www.suranaventures.com>
- <https://www.len.co.id>
- <https://www.outbackpower.com>
- <https://www.bsbpower.com>
- <https://www.studer-innotec.com>