

Analisis Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Sumber Energi Listrik Pada Base Transceiver Station (BTS) Indosat

Pantas Silaban^{a)}, Amani Darma Tarigan, Rahmaniar

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan
Jl. Gatot Subroto No.km, Simpang Tj., Kec. Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara 20122, Indonesia
email: ekosimamora@gmail.com

Abstract — *The demand for mobile technology services forces communication companies to build numerous Base Transceiver Station (BTS) devices to meet customer needs. The construction of BTS must cover all areas, including remote regions without electricity. One example of a remote island without electricity is Genting Island in Karimunjawa, where the implementation of environmentally friendly renewable energy can serve as a power supply for BTS. One such environmentally friendly power supply is using photovoltaic-based micro-grid systems. Therefore, the availability of 234 kWh of electrical energy with a photovoltaic-based micro-grid system as an ideal power supply for BTS on Genting Island needs to be planned and its economic value analyzed. This micro-grid system data analysis is conducted through simulation on PVSyst. The results of this study indicate that the ideal photovoltaic micro-grid system for BTS uses 192 units of 410 Watt monocrystalline PV modules with 15 units of Solar Charger Controllers, 312 lead-acid batteries, 9 battery inverters, an NVP value of 65,511,705, a PI value of 1.0064, and a DPP value of 25 years.*

Abstrak — *Permintaan layanan teknologi seluler memaksa perusahaan komunikasi membangun banyak perangkat Base Transceiver Station (BTS) untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Pembangunan BTS harus mencakup segala area termasuk daerah terpencil yang tidak teraliri listrik. Salah satu contoh wilayah pulau terpencil yang belum teraliri listrik adalah Pulau Genting di Karimunjawa, dimana penerapan energi terbarukan yang ramah lingkungan dapat menjadi catu daya bagi BTS. Salah satu catu daya ramah lingkungan adalah menggunakan photovoltaic berbasis micro-grid system. Oleh karena itu, ketersediaan energi listrik sebesar 234 kWh dengan photovoltaic berbasis micro-grid system sebagai catu daya BTS yang ideal di Pulau Genting perlu direncanakan sekaligus menganalisis nilai ekonominya. Analisis data micro-grid system ini dilakukan dengan simulasi pada PVSyst. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa photovoltaic micro-grid system yang ideal untuk BTS adalah menggunakan modul PV monocrystal 410 Watt sebanyak 192 unit dengan Solar Charger Controller 15 unit, baterai lead-acid 312 unit, inverter baterai 9 unit, nilai NVP sebesar 65.511.705, nilai PI sebesar 1,0064 dan nilai DPP sebesar 25 tahun*

Kata Kunci – Efisiensi Daya, Ketidak Stabilan Debit Air, PLTM Karo Bumi Energi

I.PENDAHULUAN

Permintaan sistem komunikasi yang lebih efisien membuat perusahaan telekomunikasi negara harus membangun banyak perangkat Base Transceiver Station (BTS) guna memenuhi kebutuhan pelanggan. Di sisi lain, pembangunan sarana BTS

yang dilakukan oleh perusahaan telekomunikasi memiliki banyak permasalahan. Salah satu permasalahan tersebut yaitu BTS harus mencakup segala area, termasuk daerah yang tidak teraliri oleh listrik, seperti di daerah pegunungan, pulau yang jauh dari daratan utama, gurun, dan lain sebagainya. Secara umum terdapat banyak BTS yang dibangun di area pedesaan dan daerah terpencil. Dimana pasokan listrik untuk mencatu kebutuhan listrik BTS di daerah tersebut umumnya menggunakan generator set sebagai sumber energi utama. Di sisi lain, penggunaan generator set secara kontinyu juga berdampak buruk bagi lingkungan. Hasil pembakaran bahan bakar diesel pada generator set menghasilkan polutan berupa gas CO₂ yang tidak ramah lingkungan. Berdasarkan permasalahan tersebut, penggunaan catu daya yang ramah lingkungan tanpa menggunakan bahan bakar fosil menjadi solusi yang tepat guna mengatasi permasalahan polutan gas sisa pembakaran diesel (Saputra, & Jaya, A. N, (2017).

Industri Telekomunikasi (ICT) untuk catu daya BTS menghabiskan sekitar 900 MWh setiap tahunnya atau setara dengan 10% dari pemakaian listrik di dunia (Fettweis, G., & Zimmermann, E, 2008). Dari presentase tersebut, penyumbang terbesar adalah industri telekomunikasi seluler, dan sekitar 60% sampai 80% adalah pemakaian untuk operasional BTS (Vereecken, W., W, V. H., Deruyck, M., Puype, B., & Lannoo, B, 2010). Dari hal tersebut, terdapat beberapa solusi penanganan optimasi konsumsi listrik, yaitu pengaturan penonaktifan elemen (switching off elements) ketika kebutuhan trafik rendah, mengurangi beban listrik, dan pemilihan komponen yang ramah lingkungan atau berdaya rendah (M, A. M., L, C., D, C., & M, M, 2009). Berdasarkan ketiga strategi tersebut, penggunaan teknologi yang ramah lingkungan menjadi salah satu alternatif yang paling cocok untuk diterapkan pada sistem BTS milik perusahaan penyedia layanan telekomunikasi yang berada di wilayah kepulauan terpencil tersebut.

Penggunaan energi tenaga surya sebagai sumber energi alternatif akan memberikan dampak yang besar dalam menghemat penggunaan bahan bakar fosil. Banyaknya penelitian yang mendukung tentang penggunaan sistem tenaga surya (*photovoltaic*) pada daerah pedalaman ataupun pulau terpencil menunjukkan bahwa sistem tersebut lebih memungkinkan untuk dibangun dibandingkan dengan penggunaan generator diesel dan tenaga listrik tegangan tinggi dari penyedia listrik setempat (PLN/IPP) (Mahmoud, M., & Ibrik, I, 2006). Di sisi lain, biaya instalasi sistem photovoltaic saat ini juga mulai mengalami penurunan. Penurunan biaya

modul *photovoltaic*, biaya operasional, dan pemeliharaan memainkan peran yang semakin penting dalam efektivitas instalasi *photovoltaic*. Untuk mengoptimalkan instalasi sistem *photovoltaic*, maka diperlukan analisis nilai ekonomi agar interaksi antara biaya instalasi dan sistem dapat berjalan dengan baik (Wittmer, B., & Mermoud, A, 2014). Selain optimalisasi, perkembangan teknologi sistem *photovoltaic* juga menunjang proses perencanaan dan instalasi sistem tenaga surya. Salah satu bentuk perangkat lunak yang digunakan dalam proses desain ataupun pemodelan sistem *photovoltaic* adalah software PVSyst. Penggunaan perangkat lunak dapat memudahkan untuk mendesain sistem *photovoltaic* baik dari segi teknis maupun ekonomi (Karuniawan, E. A, 2021). Penggunaan perangkat lunak PVSyst untuk menganalisis kelayakan teknis dan ekonomis proyek pemasangan *photovoltaic* banyak dilakukan dalam penelitian. Kajian kelayakan proyek *photovoltaic* rooftop on-grid dalam fasilitas gedung yang dilakukan juga menggunakan analisis ekonomis. PVSyst yang memberikan informasi tentang spesifikasi komponen utama sistem off-grid meliputi PV-Module, solar *Charger Controller* (SCC), dan Battery yang digunakan (Asrori, Ramdhani, A. F., Nugroho, P. W., & Eryk, I. H., (2022). Berdasarkan hal tersebut dan permasalahan yang telah ada, maka tujuan makalah ini adalah merancang instalasi sistem tenaga surya (*photovoltaic*) berbasis micro-grid system yang digunakan untuk pencatu BTS di Pulau Genting, Karimunjawa. Selain itu, juga dilakukan analisis secara teknis dan ekonomi yang dikonfigurasi dengan simulasi perangkat lunak menggunakan software PVSyst.

II.METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam perencanaan penggunaan *photovoltaic* sebagai sumber energi terbarukan untuk BTS di daerah tanpa aliran listrik, dimulai dengan pengumpulan data yang digunakan untuk perhitungan secara matematis dan simulasi. Data yang dipergunakan untuk perhitungan adalah total daya listrik yang diperlukan oleh BTS untuk bekerja untuk menghasilkan kualitas jaringan komunikasi yang baik sesuai parameter yang ditentukan. Data sekunder yang digunakan untuk perhitungan dan simulasi adalah data posisi geografis menurut lintang dan bujur, data radiasi dan energi matahari, kapasitas beban yang ada, besar energi surya yang ada di area instalasi, kapasitas PLTS yang dipasang beserta data ekonomi instalasi PLTS. Selanjutnya, data yang telah didapatkan akan dibandingkan hasil perhitungan secara matematis dan disimulasikan dengan software PVSyst

A. Panel Surya

Panel Surya yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis monocrystal yang memiliki tingkat efisiensi yang tinggi. Selain itu, modul Panel surya jenis monocrystal juga mudah ditemukan di pasaran. Modul Panel surya jenis monocrystal yang digunakan merupakan merek SUN-EARTH DXM8-54H dengan variasi daya luaran sebesar 455, Watt Peak (WP). Tujuan pemilihan modul Panel surya ini adalah ukurannya yang medium, sehingga mempermudah dalam proses mobilisasi dan instalasi maupun proses pemasangan panel. Adapun datasheet dari masing-masing modul Panel surya dapat dilihat pada Tabel berikut ini

TABEL I
HASIL PENGUMPULAN DATA SEKUNDER

Data Spesifikasi	455 WP	Satuan
Rated Power (Pmax)	455	Watt
Maximum Power (Pmax)	455	Watt
Rate Voltage (Vmp)	31,25	Volt
Rate Current (Imp)	12,96	Ampere
Open-Circuit Voltage (Voc)	37,30	Volt
Short-Circuit Current (Isc)	13,98	Ampere
Module Efficiency	20,60	%

B. Solar Charger Controller (SCC)

Modul Solar Charger Controller (SCC) yang digunakan merek 250/100-MC4 VE.Can (VITRON ENERGY) (SMA Solar Technology AG, 2023). Adapun datasheet SCC 250/85-MC4 VE.Can dapat diamati pada Tabel sebagai berikut:

TABEL II
DATASHEET SCC 250/100-MC4 (VITRON ENERGY)

Data Spesifikasi	Nilai	Satuan
Battery Voltage	48	Volt
Rated Charge Current	100	Ampere
Max PV Power	5800	Watt
Max PV Short Circuit Curren	70	Ampere
Max PV Open Circuit Voltage	245- 50	Volt
Max Efficiency	99	%

C. Baterai

Baterai yang digunakan untuk dalam penelitian ini adalah baterai jenis lead-acid dengan tegangan kerja sebesar 48 Volt, 100 Ah. Besar kapasitas baterai yang dibutuhkan akan disesuaikan untuk memenuhi konsumsi beban energi harian.

D. Inverter

Inverter baterai yang digunakan untuk dengan merk SUNNY ISLAND Puresine Wave Auto Charging (Victron Energy, 2023). Adapun datasheet inverter dapat diamati pada Tabel

TABEL III
DATASHEET INVERTER PURESINE WAVE AUTO CHARGING

Data Spesifikasi	Nilai	Satuan
AC Voltage Range	202- 53	Volt
Rated Frequency	45 - 65	Hz
Rated Power	6000	Watt
Battery DC Input	48 - 63	Volt
Battery Type (Lead Acid)	100- 10000	Ah
Max Efficiency	95,8	%

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kapasitas Daya BTS

Kapasitas daya BTS merupakan total daya dan beban harian pada sebuah tower BTS yang digunakan. Berdasarkan data yang telah didapatkan, diketahui bahwa kapasitas daya untuk pengoperasian BTS selama sehari adalah sebesar 10,6 kVA atau 8,48 kW. Jika BTS beroperasi dalam keadaan daya konstan selama 24 jam maka total daya yang dibutuhkan yaitu 203,52 kWh. Tahap berikutnya yaitu menentukan asumsi rugi-rugi (losses) dengan nilai sebesar 15%. Hal ini dikarenakan keseluruhan komponen sistem yang digunakan masih baru

(bukan komponen lama atau bekas pakai). Sehingga total kebutuhan energi pada microgrid system yang disyaratkan akan menjadi 234048 Wh atau 234,048 kWh.

B. Perhitungan Daya PLTS

Untuk masing-masing kapasitas Panel surya dapat dihitung nilai kapasitas daya (Wp) nya. Perhitungan daya panel surya ini menggunakan parameter Peak Sun Insulation (PSI) yaitu menggunakan nilai sebesar 1000W/m² dan efisiensi dari Panel surya. Kedua parameter tersebut akan menentukan nilai total daya yang dihitung dengan rumus:

$$Wp \text{ PV} = PV \text{ Area} \times PSI \times \eta_{PV} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

Wp PV :Total daya PV (Watt)

PV Area :Luas area PV (m²)

η_{pv} :Efisiensi modul Surya (%).

Hasil perhitungan daya untuk kapasitas panel surya 455 Wp dapat dilihat

$$387 \times 1000 \times 21.60\% = 83,592 \text{ kWp}$$

C. Perhitungan Jumlah Panel Surya

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas daya panel surya yang telah dilakukan maka dapat di analisis jumlah modul surya yang akan dibutuhkan. Perhitungan jumlah modul panel surya menggunakan parameter daya PV yang dibangkitkan (Wp) dan kapasitas PV. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$PV = \frac{WP}{P_{PV}} \dots\dots\dots(2)$$

$$PV \text{ Array Seri} = \frac{V_{Max} SCC}{V_{mp} Modul} \dots\dots\dots(3)$$

$$PV \text{ Array Paralel} = \frac{I_{Max} SCC}{I_{mp} Modul} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

Wp :Total daya PV (Watt Peak),

PPV :Kapasitas daya PV yang digunakan (Watt),

Vmax SCC :Open circuit voltage SCC (Volt),

Vmpmodul :Rata-rata tegangan pada modul PV (Volt),

Imax SCC :Rata-rata arus pengisian (Ampere),

Impmodul :Rata-rata arus pada modul PV (Ampere).

Sedangkan hasil perhitungan menggunakan persamaan 2 yang bertujuan untuk menentukan kapasitas daya modul panel surya 455 Wp dapat dihitung dengan

$$PV = \frac{83.592}{455} = 183 \text{ Modul Surya}$$

Berdasarkan perhitungan dengan persamaan untuk kapasitas Solar panel 455 Wp didapatkan bahwa jumlah modul surya yang diperlukan yaitu sebanyak 183 unit.

D. Perhitungan Kapasitas Solar Charger Controller (SCC)

Solar Charger Controller (SCC) yang digunakan adalah SCC dengan tipe 250/100-MC4. Pemilihan modul SCC berdasarkan sistem operasi daya BTS yaitu sebesar 48 VDC. Untuk menentukan jumlah SCC dapat dilakukan perhitungan menggunakan persamaan berikut:

$$NSCC = \left(\frac{CPV \times NVP}{VDC \times CSCC} \right) + 1 \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

NSCC :Jumlah SCC yang digunakan,

CPV :Kapasitas modul PV (Watt),

NPV :Total PV yang dihubungkan secara seri,

VDC :Tegangan nominal kerja (Volt),

CSCC :Kapasitas output SCC (Ampere).

Adapun hasil perhitungan modul SCC untuk kapasitas solar cell 455 Wp dapat dihitung:

$$NSCC = \frac{455 \times 183}{48 \times 100} + 1$$

$$NSCC = 18,34 \text{ Dibulatkan Menjadi } 19 \text{ Unit}$$

Berdasarkan perhitungan dengan persamaan maka didapatkan bahwa jumlah SCC yang diperlukan yaitu sebanyak 19 unit

E. Perhitungan Kapasitas Baterai

Baterai yang digunakan adalah baterai jenis Lead-Acid 48 Volt, 100 Ah. Untuk menentukan jumlah kapasitas baterai harian dapat diperoleh melalui perhitungan menggunakan persamaan berikut ini:

$$BAHR = \frac{(Et \times n)}{(Vs \times DOD \times \eta)} \dots\dots\dots(6)$$

$$NBTR = \frac{B_{AHR}}{I_b} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana:

BAHR :Kapasitas baterai (Ah)

Et :Total beban (Watt)

n :Jumlah hari psokan listrik

Vs :Tegangan baterai (Volt)

DOD :Persentase baterai yang digunakan (%),

η :Efisiensi baterai (%)

NTBR :Jumlah baterai

Ib :Arus baterai (Ampere).

Adapun hasil perhitungan baterai untuk panel surya 455 Wp dapat dihitung

$$BAHR = \frac{455 \times 83,592}{48 \times 80 \times 97} = 10.21 \text{ Maka Dibulatkan Menjadi}$$

11 Unit Baterai 100 Ah 48 Vdc.

Berdasarkan nilai kapasitas pemakaian daya harian pada BTS mencapai 10,6 kVA atau 8,48 kW maka dalam penggunaan Inverter di BTS saat ini menggunakan Inverter sebesar 10 kW. Untuk menghindari overload pemakaian pada BTS

F. Perhitungan Biaya Energi Sistem PLTS

Hasil luaran maksimum energi dari PLTS dapat ditentukan sesuai rating kapasitas modul surya yang terpasang. kapasitas keseluruhan Panel surya yang diimplementasikan sebesar 83.265 Wp. Energi yang dihasilkan oleh modul panel surya ini difungsikan sebagai catu daya BTS ditempat yang terpencil jauh dari aliran listrik. Durasi penyinaran panel surya yang digunakan merupakan nilai rata-rata penyinaran matahari sebesar 4 - 5 jam.

G. Perhitungan Biaya Operasional Dan Pemeliharaan

Besar biaya operasional dan pemeliharaan PLTS ditetapkan sebesar 1% dari total keseluruhan biaya investasi awal Hal ini mengacu pada operasional dan pemeliharaan sistem umumnya sebesar 1 %. Biaya operasional dan pemeliharaan pertahun yang bernilai 1 % dari total biaya investasi keseluruhan. Biaya siklus hidup ditentukan oleh nilai nyata biaya total sistem PLTS yang terdiri dari biaya investasi awal, biaya jangka panjang untuk biaya pemeliharaan, dan biaya operasional (MPW). yang direncanakan dalam penelitian ini diasumsikan dapat beroperasi selama 25 tahun. Penentuan usia implementasi mengacu pada jaminan yang diberikan oleh produsen panel surya dan spesifikasi panel surya

[11] Bagus Ramadhani, GIZ, (2018), "Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya: Dos & Don'ts", Jakarta: Energising Development (EnDev) Indonesia

IV.KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

- Berdasarkan analisis kebutuhan energi listrik sebagai catu daya BTS
- Dari hasil perhitungan dan pengukuran cera langsung BTS membutuhkan kapasitas daya sebesar 10,6 kVA atau 8,48 kW per harinya.
- Kapasitas Inverter menggunakan 10kW lebih besar daripada daya yang dibutuhkan pada BTS untuk menghindari terjadinya Overload pada pemakaian beban BTS.
- PLTS pada BTS ini Menggunakan panel surya tipe mono-crystal dengan kapasitas 455 Wp/Keping dan dipasang sebanyak 183 Modul panel surya maka total keseluruhan 83.265 Wp.
- Pada PLTS ini menggunakan 11 Buah baterai dengan kapasitas 48V 100 Ah.
- Menggunakan Solar Charger Controller (SCC) sebanyak 11 Unit dengan kapasitas masing masing 100-25A.

V.DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saputra, & Jaya, A. N, (2017), "Analisis Penggunaan Panel Surya Sebagai Catu Daya Pada BTS PT.Telkomsel di Pulau Giligenting Madura
- [2] Fettweis, G., & Zimmermann, E, (2008), "ICT Energy Consumption - Trends And Challenges"
- [3] Vereecken, W., W, V. H., Deruyck, M., Puype, B., & Lannoo, B, (2010), "Power Consumption in Telecommunication Networks: Overview and Reduction Strategies".
- [4] M, A. M., L, C., D, C., & M, M, (2009), "Optimal Energy Savings in Cellular Access Networks", pp. 1-5.
- [5] Mahmoud, M., & Ibrik, I, (2006), "Techno-economic feasibility of energy supply of remote villages in Palestine by PV-systems, diesel generators and electric grid. Renewable and Sustainable Energy Reviews", pp. 128-138.
- [6] Wittmer, B., & Mermoud, A, (2014), "A Tool To Optimize The Layout Of Ground-Based PV Installations Taking Into Account The Economic Boundary Conditions. 29th European Photovoltaic Solar Energy Conference". Amsterdam, NetherlandsM. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Available: <http://www.ctan.org/texarchive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>
- [7] Karuniawan, E. A, (2021), "Analisis Perangkat Lunak PVSYST, PVSOL dan HelioScope. Jurnal Teknologi Elektro".
- [8] Asrori, Ramdhani, A. F., Nugroho, P. W., & Eryk, I. H., (2022), "Kajian Kelayakan Solar Rooftop On-Grid untuk Kebutuhan Listrik Bengkel Mesin di Polinema".
- [9] SMA Solar Technology AG, (2023), www.sma.de/en/products/battery-inverters/sunny-island-44m-60h80h, (Diakses 26 Januari 2023).
- [10] Victron Energy. (2023), www.victronenergy.com, (Diakses 29 Januari 2023).