

PERENCANAAN SISTEM HYBRID PADA JARINGAN KELISTRIKAN DI RUMAH SAKIT MONOMPIA KOTAMOBAGU

Revolta Elfridus Adi Wibowo, Hans Tumaliang, Meita Rumbayan
Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115
Email: wiboworevolta@gmail.com, Hans.Tumaliang@gmail.com, meita76@gmail.com

I PENDAHULUAN

Abstrack-- One of them is renewable energy from Solar Power Plants in which the sun is the main energy source. Hybrid system is the concept of combining two or more different energy sources to meet the needs of the existing load. The Hybrid system in this plan combines three sources, namely PLN, PLTS, and Generator. Where PLN is the main source of electrical energy, PLTS as second energy for prioritized rooms, which require continuous electrical energy or in this case never goes out, and Gensets to back up PLN. This research was conducted at the Monompia Hospital Kotamobagu, where the design of this hybrid system totals the operating room, neonate, IGD, and ICU loads of 19,443 Watts and the total power required is 23,331.6 Watt \approx 24,000 Watt. For panel design using helioscope software with a number of panels, namely 75 units, using a battery of 37.5 38 units with an inverter capacity of 30,000 Watts.

Keywords: Renewable Energy, Hybrid System, Helioscope Software, Monompia Hospital

Abstrak-- Salah satu yang merupakan energi terbarukan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang matahari sebagai sumber energi utamanya. Sistem Hybrid merupakan konsep penggabungan dua atau lebih sumber energi yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan beban yang ada. Sistem Hybrid dalam perencanaan ini menggabungkan tiga sumber yaitu PLN, PLTS, dan Generator. Dimana PLN merupakan sumber utama energi listrik, PLTS sebagai second energi untuk ruangan yang diprioritaskan, yang memerlukan energi listrik kontinuitas atau dalam hal ini tak pernah padam, dan Genset untuk membackup PLN. Dalam penelitian ini dilakukan pada Gedung Rumah Sakit Monompia Kotamobagu, dimana perancangan sistem hybrid ini total beban Ruangan Operasi, Neonaty, IGD, dan ICU 19.443 Watt dan total daya yang dibutuhkan sebesar 23.331,6 Watt \approx 24.000 Watt. Untuk desain panel menggunakan software helioscope dengan jumlah panel yaitu 75 unit, dengan menggunakan baterai 37,5 \approx 38 unit dengan kapasitas inverternya 30.000 Watt.

Kata kunci: Energi Terbarukan, Sistem Hybrid, Software Helioscope, Rumah Sakit Monompia

Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat diperlukan dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi saat ini masih menjadi prioritas utama. Energi terbarukan menjadi alternatif untuk menopang ketersediaan bahan bakar fosil yang menjadi prioritas utama dalam pembangkitan energi listrik di Indonesia, energi terbarukan merupakan sumber energi yang berasal dari alam dan sifatnya berkelanjutan seperti matahari, angin, dan air. Energi ini dapat di aplikasikan dimana saja, matahari adalah sumber energi yang berjumlah besar dan bersifat terus-menerus yang tergolong sebagai energi terbarukan. PLTS merupakan sumber pembangkit listrik yang menggunakan matahari sebagai energi utama. Sel surya merupakan komponen utama dalam proses pembangkitan energi listrik di PLTS, kerja sel surya dapat diukur dengan melihat daya keluaran yang dihasilkan dari sel surya tersebut. Kerja sel surya dipengaruhi oleh beberapa hal seperti bahan pembuatnya, resistansi bahan, temperatur dan tingkat radiasi matahari.

Sistem hybrid merupakan konsep penggabungan dua atau lebih sumber energi yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan beban yang ada, sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing. Salah satu sistem pembangkit listrik hybrid yang berpotensi untuk dikembangkan adalah PLTS.

Dalam penelitian ini Gedung Rumah Sakit Monompia Kotamobagu menjadi objek utama karena memerlukan energi listrik yang cukup banyak terlebih dalam penggunaan energi listrik di ruangan-ruangan khusus (*emergency*) seperti IGD, ICU, Neonati dan Ruang Operasi yang memerlukan energi listrik yang kontinuitas sehingga permintaan pembangkitan energi listrik juga meningkat. Saat ini, kebutuhan energi listrik yang digunakan Gedung Rumah Sakit Monompia hanya menggunakan PLN sebagai suplay energi listrik utama dan Generator sebagai suplay cadangan energi listrik.

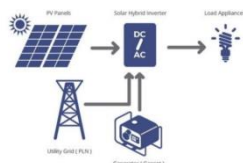
II LANDASAN TEORI

A. Sistem Hybrid

Pengertian hibrida adalah penggunaan dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda. Tujuan utama dari sistem hibrida pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan supply dan efisiensi ekonomis pada beban tertentu. Sistem hibrida atau Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan untuk meminimalisir penggunaan listrik dari sumber PLN sehingga dapat menghemat anggaran. PLTH ini memanfaatkan renewable energy sebagai sumber utama (primer) yang dikombinasikan dengan Generator BBM sebagai sumber energi cadangan (sekunder). (Rosa, 2012)

Tujuan pengembangan teknologi hybrid ini diantaranya untuk mendapatkan daya guna optimal dengan memadukan kelebihan-kelebihan dari dua atau lebih jenis sistem pembangkit tenaga yang bekerja secara terpadu sebagai suatu sistem yang kompak. Sistem-sistem yang mendukung Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid adalah sistem sel surya, sistem konversi energi, sistem baterai, sistem inverter, dan sistem kontrol. (Teuku, Suriadi, dan Halid :2018)

Keuntungan dari sistem ini adalah sistem yang satu dapat menutupi kekurangan dari sistem lainnya, selain itu memudahkan untuk melakukan perawatan sistem karena pasokan energi listrik dapat tetap terjaga tanpa harus memutus aliran daya. Salah satu penggunaan sistem Hybrid adalah penggunaan PLTS dengan Generator Set. Penggunaan sistem Hybrid ini memungkinkan PLTS dapat menutupi kekurangan dari Generator Set dan begitupun sebaliknya. Dengan memanfaatkan teknologi ini, ketergantungan masyarakat listrik dari PLN dapat dikurangi bahkan dapat dihilangkan sehingga masyarakat dapat menjadi masyarakat yang mandiri energi. (Hariyanto, 2015)



Gambar 1 Sistem Hybrid

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah peralatan pembangkit listrik yang mengubah energi matahari menjadi listrik. PLTS sering juga disebut Solar Cell, atau Solar Photovoltaik, atau Solar Energi. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan arus listrik searah atau DC (*direct current*), yang dapat diubah menjadi arus listrik bolak-balik atau AC (*alternating current*) apabila diperlukan. Oleh karena itu meskipun mendung, selama masih terdapat cahaya, maka PLTS dapat menghasilkan listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada dasarnya adalah percatuan daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri, maupun dengan Hybrid (dikombinasikan dengan sumber energi lain, seperti PLTS-Genset, PLTS-Angin). Sistem PLTS terbagi atas 3 yaitu PLTS-On Grid, PLTS-Off Grid, Sistem Tenaga Surya Hybrid atau kerap disebut Smart Grid.

On Grid System pada sistem grid disebut juga *Grid Tie* atau *Grid Interactive*, dimana panel surya digunakan sebagai penghasil listrik yang ramah lingkungan dan tidak mengeluarkan emisi (polusi). *Hybrid System* merupakan sistem tenaga hibrida yang menggunakan dua atau lebih sistem pembangkit listrik dengan sumber energi yang lain.

C. Sel Surya

Solar cell atau Panel surya merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah energi sinar matahari menjadi listrik. panel ini terdiri dari beberapa sel surya yang tersusun baik secara seri maupun paralel. Kapasitas daya panel surya diukur dalam satuan Watt peak (Wp) yang merupakan spesifikasi panel surya yang menyatakan besarnya daya yang bisa dihasilkan oleh panel dan diterima sebesar 1000 W/m². Daya dan arus listrik yang dihasilkan panel surya berubah-ubah bergantung pada besarnya intensitas radiasi surya yang diterima. Daya keluaran panel surya juga dipengaruhi oleh factor lingkungan, sudut kemiringan, dan kebersihan panel surya. Engelbertus, T. (2016).



Gambar Error! No text of specified style in document.. Sel Surya

B. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

a) Manfaat Sel Surya

Berikut ini beberapa manfaat sel surya:

- 1) Panel surya termasuk ramah lingkungan karena tidak memancarkan emisi gas rumah kaca yang berbahaya, seperti karbon dioksida. Panel surya juga tidak memberikan kontribusi terhadap perubahan iklim.
- 2) Panel surya memanfaatkan energi matahari, dan matahari adalah sumber energi yang paling berlimpah di planet bumi.
- 3) Banyak negara di dunia menawarkan insentif yang menguntungkan bagi pemilik rumah yang menggunakan panel surya.
- 4) Panel surya tidak kehilangan banyak efisiensi dalam masa pakainya yang mencapai sekitar 20 tahun.
- 5) Karena masa pakainya yang panjang, yaitu mencapai 25-30 tahun. Maka, panel surya menggaransi penggunaannya untuk menghemat biaya energi.

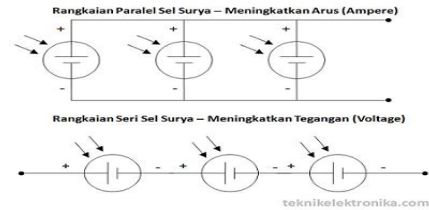
b) Prinsip Kerja Sel Surya

Prinsip kerja dari panel surya adalah jika cahaya matahari mengenai panel surya akan menyerap cahaya matahari, maka elektron-elektron yang ada pada sel surya akan bergerak dari N ke P, sehingga pada terminal keluaran dari panel surya akan menghasilkan energi listrik. Keluaran dari panel surya ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarannya tergantung dengan jumlah sel surya yang dipasang didalam panel surya dan banyaknya sinar matahari yang menyinari panel surya tersebut. Agar energi listrik yang dihasilkan juga dapat digunakan pada kondisi-kondisi seperti pada malam hari (kondisi saat panel surya tidak disinari cahaya matahari), maka keluaran dari panel surya ini harus di hubungkan ke sebuah media penyimpanan (*storage*), dalam hal ini adalah baterai/ aki. Jika diinginkan hasil keluaran listrik dari PLTS ini berupa listrik arus bolak-balik (AC) maka PLTS yang sudah dapat mengeluarkan listrik arus searah (DC) ini harus di hubungkan ke *Inverter* DC-AC. Dimana *Inverter* DC-AC berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC).

c) Sistem Instalasi Pada Panel Surya

Terdapat dua sistem dalam instalasi solar cell, yaitu sistem dengan rangkaian seri dan sistem dengan rangkaian paralel.

- 1) Rangkaian Seri Solar Cell didapat apabila bagian depan (+) sel surya utama dihubungkan dengan bagian belakang (-) sel surya kedua.
- 2) Rangkaian Paralel Solar Cell didapat apabila terminal kutub positif dan negatif solar cell dihubungkan satu sama lain.



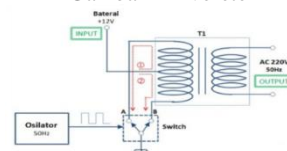
Gambar 1 Instalasi Pada Panel Surya

D. Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversi atau mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). *Inverter* merupakan kebalikan dari *converter* (adaptor) yang memiliki fungsi mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Pada PLTS, inverter berfungsi sebagai pengkondisi tenaga listrik (*power condition*) dan sistem kontrol yang merubah arus listrik searah (DC) yang dihasilkan oleh solar modul menjadi listrik arus bolak-balik (AC). Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan input dari *power inverter* tersebut dapat berupa baterai/aki, maupun sel surya (*solar cell*). Bentuk-bentuk gelombang yang dapat dihasilkan oleh *power inverter* diantaranya adalah gelombang persegi (*square wave*), gelombang sinus (*sine wave*), gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*) dan gelombang modulasi pulsa lebar (*pulse width modulated wave*) tergantung pada desain rangkaian inverter yang bersangkutan. Bentuk gelombang yang paling banyak digunakan adalah bentuk gelombang sinus (*sine wave*) dan gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*). Sedangkan frekuensi arus listrik yang dihasilkan pada umumnya adalah sekitar 50Hz atau 60Hz dengan tegangan *output* sekitar 120V atau 240V.



Gambar 2 Inverter



Gambar 3 Prinsip Kerja Inverter

E. Panel Distribusi

Panel Listrik adalah sebuah peralatan atau perangkat yang terdiri dari beberapa komponen listrik yang diatur dan disusun sedemikian rupa guna mendistribusikan dan menyalurkan tenaga listrik dari sumber tenaga listrik kepada konsumen atau penggunanya. Panel listrik dibedakan menjadi dua, yaitu panel daya dan panel distribusi listrik. Panel distribusi listrik berguna untuk mengalirkan energi listrik dari pusat atau gardu induk *step down*. Panel daya adalah tempat untuk menyalurkan dan mendistribusikan energi listrik dari gardu induk *step down* kepanel-panel distribusinya.

Sedangkan yang dimaksud panel distribusi daya adalah tempat menyalurkan dan mendistribusikan energi listrik dari panel daya ke beban panel (konsumen) baik untuk instalasi tenaga maupun untuk instalasi penerangan. Panel daya dan distribusi listrik digunakan untuk memudahkan pembagian energi listrik secara merata, pengamanan instalasi dan pemakaian, dan pemeriksaan dan perawatan panel listrik.

Panel biasanya dilengkapi dengan *circuit breaker* yang berfungsi sebagai pemutus, pembagi, penyalur arus listrik ke panel panel yang lebih kecil kapasitasnya. Panel juga memiliki bermacam-macam alat kontrol, seperti sakelar, tombol tekan, lampu indikator, sakelar magnet, kawat penghubung. Kemampuan alat kontrol harus sesuai dengan penggunaan dan harus memiliki tanda atau kode warna yang sesuai, seperti tombol merah untuk memutuskan tegangan dan tombol hijau untuk menghubungkan tegangan sehingga mempermudah pelayanan.



Gambar 4 Panel Distribusi

F. Solar Charge Controller

Solar charge controller berfungsi untuk mengatur arus dan tegangan pengisian baterai dari overcharging (kelebihan pengisian baterai karena sudah penuh) dan kelebihan tegangan (overvoltage) dari panel surya. Saat baterai sudah penuh, maka solar charge controller akan menghentikannya proses pengisian listrik dari modul surya ke baterai, dan akan mengisi kembali setelah baterai berkurang lebih dari atau sama dengan 5% dari kapasitas maksimum. Kelebihan

tegangan dan kelebihan pengisian akan mengurangi umur baterai. tanpa solar charge controller, baterai akan rusak overcharging dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di cas pada tegangan 14-14,7 V.



Gambar 5 Solar Charge Controller

G. Baterai

Secara umum baterai merupakan komponen yang mampu mengubah energi kimia menjadi energi listrik. AKI (Baterai) adalah alat penyimpan energi yang diisi oleh aliran DC dari panel surya. Juga sebagai komponen yang menyimpan tenaga DC. PLTS membutuhkan media penyimpan energi yang memiliki kepadatan energi (*energy density*) yang tinggi dan juga kepadatan daya (*power density*) yang cukup tinggi. Untuk penyimpanan jangka pendek hingga menengah, teknologi penyimpanan yang paling umum tentunya adalah baterai. Baterai memiliki kerapatan energi dan kerapatan daya yang tepat untuk memenuhi permintaan penyimpanan harian pada sistem PV berukuran kecil dan menengah. Kegunaan baterai di panel surya adalah untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan dari panel surya pada waktu siang hari atau pada saat panel mendapatkan cahaya dari matahari dan dapat digunakan oleh beban saat dibutuhkan baik pada malam hari atau sebagai sumber cadangan energi listrik



Gambar 8 Baterai

H. Generator

Generator listrik adalah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Sederhananya, generator merupakan mesin dengan energi gerak (mekanik) yang kemudian mampu mengubah menjadi energi listrik (*elektrik*).

Generator adalah peralatan yang berguna untuk memasok tenaga listrik selama pemadaman listrik dan mencegah diskontinuitas aktivitas sehari-hari atau gangguan operasi bisnis. Generator tersedia dalam berbagai kapasitas kebutuhan listrik dan

fisik yang berbeda untuk digunakan dalam aplikasi yang berbeda.



Gambar 9 Generator

I. Software Helioscope

Software Helioscope merupakan perangkat lunak yang berfungsi merancang sistem fotovoltaik terhadap suatu bangunan. Sistem perangkat lunak dibuat untuk memperkirakan potensi dan produksi energi PLTS. HelioScope merupakan sebuah program berbasis web yang diperkenalkan oleh Folsom Labs yang memungkinkan para insinyur untuk melakukan simulasi lengkap sistem PLTS. Data yang digunakan HelioScope adalah data cuaca yang berasal dari stasiun cuaca di seluruh dunia dengan analisis TMY weather yaitu pemilihan kondisi cuaca yang sesuai dengan keadaan saat itu berdasarkan data 30 tahun terakhir. (N.Surya Gunawan, 2019).

J. Kapasitas PLTS

1) Menentukan Jumlah Panel Surya

Jumlah panel surya sangat perlu diperhatikan dalam sebuah PLTS sebab jumlah PLTS sangat menentukan seberapa besar PLTS dapat mengalirkan beban, Sel Surya atau Solar Cell adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek Photovoltaic. Dalam perencanaan ini design untuk panel surya menggunakan software Helioscope.

2) Menentukan Jumlah Kapasitas Baterai

$$C = \frac{N \times E_d}{V_s \times DOD}$$

Keterangan :

- C = Kapasitas Baterai (Ampere-hour)
- N = Jumlah hari otonomi (hari)
- E_d = Konsumsi harian (kWh)
- V_s = Tegangan sumber (Volt)
- DOD=Kedalaman maksimum pengosongan baterai (%)

3) Menentukan Charge Contoller

$$I_{maks} = I_{mp} \times N_{modul}$$

Keterangan :

- I_{maks} = Kapasitas arucharger controller (A)
- I_{mp} = Arus maksimum PV modul (A)
- N_{modul} = Jumlah PV modul yang digunakan (N)

4) Menentukan Kapasitas Inverter

Kapasitas Inverter dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut

$$Cap. Inv = Total Kebutuhan Daya \times Safety Factor \text{ (watt)}$$

K. Analisa Ekonomi

Energi yang dihasilkan oleh matahari merupakan salah satu energi yang memang telah disediakan oleh alam. Ini berarti tidak ada dana yang digunakan untuk membayar produksi energi matahari. Namun, harga untuk sistem yang digunakan untuk memanfaatkan energi matahari menjadi sebuah energi listrik inilah yang membuat sistem PLTS cukup mahal. Dimana didalamnya terdapat modul, inverter, pemasangan dan peralatan pendukung agar PLTS dapat beroperasi dengan sempurna. Untuk menganalisis kelayakan ekonomi dari nilai jual harga listrik ini, akan digunakan dua parameter analisis finansial untuk menganalisisnya, yaitu payback period (PP), dan net present value (NPV). (Romadhoni, M.N.A., Erlina,E.,&Azzahra, S.(2020))

1) Biaya siklus hidup (LCC)

Sistem PLTS ini sendiri biaya siklus hidupnya ditentukan dari biaya investasi awal (C), biaya jangka panjang dari pemeliharaan, Operasional serta penggantian peralatan (Mpw). Besarnya tingkat diskonto (i) yang digunakan untuk menghitung nilai pada perencanaan ini adalah sebesar 12%. Penentuan tingkat diskonto ini mengacu pada tingkat suku bunga kredit Bank Indonesia pada bulan Januari tahun 2017 yaitu rata-rata sebesar 12%. (BI, 2017). Sehingga dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini :

$$Mpw = M \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Dimana :

Mpw = Nilai dari biaya tahunan umur proyek

M = Biaya tahunan

i = Tingkat diskonto

n = Umur Proyek

Setelah memperoleh besar biaya pemeliharaan dan operasional (Mpw), maka biaya siklus hidup (LCC) untuk PLTS yang akan dikembangkan selama umur proyek 20 tahun adalah sebagai berikut.

$$LCC = C + MPW$$

2) Cost of Energy (COE)

Cost of Energy (COE) adalah perbandingan antara biaya total per tahun dari sistem dengan energy yang dihasilkan selama periode yang sama (Santiari, 2011). Perhitungan COE dari sistem PLTSditentukan oleh Life Cycle Cost (LCC), Cost Recovery Factor (CRF), dan

jumlah energy yang dihasilkan oleh suatu PLTS. CRF merupakan faktor yang digunakan untuk mengkonversikan semua cash flow dari Life Cycle Cost (LCC) menjadi serangkaian pembayaran atau biaya tahunan dengan jumlah yang sama (Santiari, 2011). Perhitungan CRF adalah sebagai berikut.

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Dengan menggunakan nilai *Cost Recovery Factor (CRF)*, perhitungan COE dapat dilakukan dengan menggunakan cara sebagai berikut.

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{A kWh}$$

3) Payback Period (PP)

Payback periode adalah parameter yang diperuntukkan sebagai perhitungan yang diperlukan dalam memulihkan investasi, sehingga satuan yang digunakan adalah tahun, bulan dan hari.

$$Period\ Payback = \frac{Total\ Investasi\ Awal}{Arus\ Penerimaan\ Kas}$$

Sebagai kriteria evaluasi, jika nilai PP lebih lama dari waktu yang dipersyaratkan maka item tersebut ditolak, dan jika waktunya singkat maka item tersebut diterima. (Irfan, 2017)

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Prosedur Penelitian

- 1) Mencari dan mengumpulkan referensi data yang berkaitan dengan Tugas Akhir
- 2) Mengetahui berapa beban yang ada di Rumah Sakit Monompia Kotamobagu
- 3) Menggunakan software Helioscope untuk menunjang proses design panel surya pada lokasi penelitian.
- 4) Membuat laporan Tugas akhir.

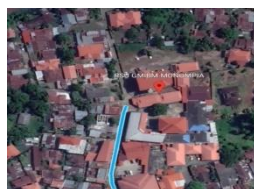
B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di Gedung-gedung Rumah sakit Monompia Kotamobagu, terlebih khusus Gedung yang memerlukan sumber energi yang kontinuitas atau tidak pernah padam seperti ICU, IGD, Neonati Ruang operasi.

Lokasi : Jalan Ahmad Yani, Genggulang, Kota Kotamobagu, Sulawesi Utara

Latitude : 0°44'48.58"N

Longitude : 124°18'50.86"E



Gambar 10 Lokasi Penelitian

C. Data Yang Diperoleh Daya Terpasang 50.600 VA

Tabel 1. Rating Plate Genset

Rate Power	9.5 Kw
Rated Frequency	50 Hz
Rated Voltage	230 V
Rated Current	40 A
Power Factor	Cos 1
Rated Ratotation Speed	1500

Tabel 2. Data Beban Ruangan Operasi

No	Nama ruangan	Total beban
1	RR	287 W
2	R. Ganti OK	751 W
3	R. Cuci	18 W
4	R. OK 1	1.944 W
5	R. OK 2	2.702 W
		5.702 W

Tabel **Error! No text of specified style in document..** Data Beban Ruangan Neonaty

No	Nama ruangan	Total beban
1	Pantry	1.087 W
2	Neonaty	3.771 W
3	Ruang jaga perawat	437 W
4	Ruang ganti	7 W
5	WC	7 W
		5.309 W

Tabel 1 Data Beban Ruangan IGD

No	Nama Ruangan	Total Beban
1	R. Perawatan beda	896 W
2	R. Cuci	9 W
3	R. Perawatan 1	32 W
4	R. Perawatan 2	362 W
5	Resusitasi 1	1.261 W
6	Resusitasi 2	1.040 W
7	Kamar Dokter	366 W
8	R. perawat	556 W
		4.486 W

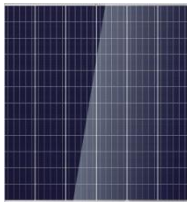
Tabel 2 Data Ruangan ICU

No	Nama Ruangan	Total Beban
1	R. Tunggu	9 W
	WC	7 W
2	R. Pasien	3.642 W
	WC	7 W
3	R. Perawat 1	42 W
4	R. Perawat 2	239 W
		3.946 W

Tabel 3 Data Beban Peralatan Listrik

Nama Peralatan Listrik	Watt	Nama Peralatan Listrik	Watt
Lampu LED	7 W	Lampu LED	9 W
Dispenser	350 W	Nebulizer	150 W
Rice Cooker	380 W	Lampu OK	150 W
Komputer	75 W	Alat anestesi	50 W
Televisi	33 W	Cauter	260 W
Monitor	80 W	Lampu LED	10 W
Kulkas	80 W	Lampu portebel	50 W
Kipas angin Gantung	75 W	Inkubator	850 W
Ac split 1 pk	880 W	Suction pump	280 W
Steril Pot Steam	350 W	Serilisasi UV	180 W

Panel surya yang akan digunakan yaitu Polycrystalline Silicon, Trina Solar TSM – 320PD14 (320W) 1960 × 992 × 40 mm



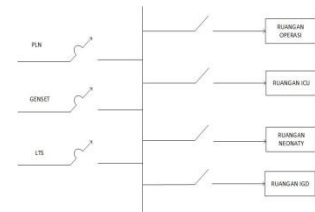
Gambar 11 Trina Solar TSM – 320PD14 (320W)

Dalam perencanaan akan menggunakan baterai VRLA SOLANA 12V 200Ah. Dan Inverter untuk perancangan ini menggunakan inverter jenis Growatt MAC 30KTL3-XL

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sistem Hybrid

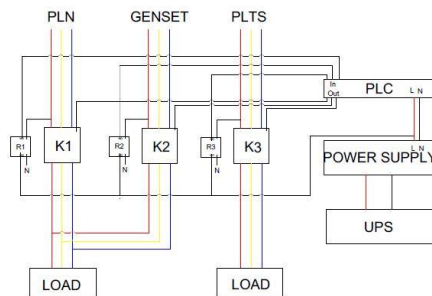
Sistem Hybrid merupakan gabungan dari dua sumber energi listrik atau lebih. Dimana dalam perancangan system hybrid ini akan menggabungkan PLN, PLTS dan Generator sebagai sumber atau penyuplai energi listrik. Sistem PLTS Hybrid pada penelitian ini dirancang untuk pemakaian energi selama 12 jam pada ruangan-ruangan yang di khususkan. Dengan kondisi PLN akan mensuplay energi dari jam 7 pagi sampai jam 7 malam, lalu akan berganti sumber ke Sistem PLTS dimana PLTS akan membackup beban pada ruangan khusus dari jam 7 malam sampai jam 7 pagi.



Gambar 12 Wiring Interlock

Jika PLN sebagai sumber energi utama padam maka suplay energi akan langsung mengganti secara otomatis oleh Generator dan PLTS. PLTS akan membackup ruangan-ruangan khusus yang memerlukan energi kontinuitas, sumber energi listrik dari PLTS ini berasal dari Baterai. Sementara Genset akan beroperasi secara otomatis untuk membackup ruangan-ruangan yang lain. Saat sumber energi utama atau PLN sudah kembali normal maka secara otomatis akan mengnonaktifkan Genset dan sistem PLTS, untuk membackup kembali seluruh beban energi listrik yang ada. Pada jam 19 : 00 WITA suplay energi listrik untuk ruangan yang dihususkan akan di suplay oleh PLTS sedangkan PLN tetap mensuplay energi listrik untuk ruangan yang lain di rumah sakit.

Dalam perancangan ini PLTS akan membackup, Ruangn OK atau ruangan operasi, Ruangn ICU, Ruangn IGD, dan Ruangn Neonaty.



Gambar 13 Diagram Sistem Kontrol

Disaat pukul 07:00 WITA suplai energi listrik menggunakan PLN dengan kondisi K1 aktif, K2 dan K3 non aktif sampai pada pukul 19:00 WITA, ketika sudah melewati pukul 19:00 WITA PLC akan mengaktifkan K3 untuk menyuplai energi listrik di ruangan yang dihususkan sampai pukul 07:00 WITA.

Apabila terjadi gangguan jaringan listrik PLN diantara pukul 07:00 WITA sampai dengan pukul 19:00 WITA maka R1 akan mengirimkan sinyal ke PLC untuk menonaktifkan K1 dan mengaktifkan K2 dan K3 sebagai energi kontinuitas pada ruangan yang dihususkan.

Ketika listrik PLN sudah Kembali normal maka R1 akan mengirimkan sinyal ke PLC untuk mengaktifkan K1 dan menonaktifkan K2 dan K3 untuk membackup seluruh beban yang ada di Rumah Sakit.

Dalam system control ini terdapat UPS yang berguna untuk mengontrol system pengisian daya untuk daya cadangan yang menyuplai PLC, Sensor Arus dan Tegangan, serta Kontaktor.

B. Total Beban

Menentukan total beban Ruang Operasi, Neonaty, IGD, dan ICU

1. Ruang Operasi : 5.702 Watt
2. Ruang Neonaty : 5.309 Watt
3. Ruang IGD : 4.486 Watt
4. Ruang ICU : 3.946 Watt

Total beban dari ruangan-ruangan yang dikhususkan sebesar 19.443 Watt

Total untuk kebutuhan daya :

Dari jumlah total kebutuhan daya beban perlu ditambahkan sekitar 20% yang digunakan selain panel surya, yakni Inverter untuk mengubah arus DC (arus searah) menjadi arus AC (arus bolak-balik), dan Solar Charge Controller (SCC).

Total daya yang dibutuhkan :

$$19.443 + (19.443 \times 20\%) = 23.331,6 \text{ Watt} \approx 24.000 \text{ Watt}$$

C. Penempatan Panel Surya

Lokasi untuk penempatan panel surya berada di halaman belakang rumah sakit dimana terdapat lahan kosong. Design PLTS pada penelitian ini menggunakan software Helioscope dibagi menjadi 2 area, area 1 dengan luas 281,34 m² dan area 2 148,81 m².



Gambar 14 Sebelum shading array dengan software helioscope



Gambar 15 Setelah shading array dengan software helioscope



Gambar 16 Waring Panel Surya

Gambar **Error! No text of specified style in document..6**

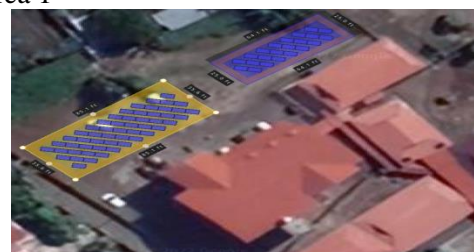


Gambar 17 Hasil Report Software Helioscope

Daya yang dibangkitkan PLTS pada lokasi penelitian selama periode Januari sampai Desember 2021 sebesar 35.569,4 kWh. Bulan Oktober adalah bulan yang menghasilkan daya yang paling besar

Penentuan jumlah modul surya pada penelitian ini menggunakan software Helioscope, dengan jenis panel surya Polycrystalline Silicon, Trina Solar TSM – 320PD14 (320W) jumlah keseluruhan dari panel surya untuk area 1 dan 2 sebanyak 75 modul dimana daya yang dihasilkan sebesar 24 kWp.

Area 1



Panjang = 25,93 m

- Lebar = 10,85 m

- Luas area 1 = P × L

$$= 25,93 \times 10,85$$

$$= 281,34 \text{ m}^2$$

- Jumlah modul surya 53 daya yang dihasilkan 17 kWp

Area 2



- Panjang = 19,53 m
- Lebar = 7,62 m
- Luas area = $P \times L$
 $= 19,53 \times 7,62$
 $= 148,81 \text{ m}^2$
- Jumlah modul surya 22 daya yang dihasilkan 7 kWp

Dengan Jumlah Baterai yang dibutuhkan:

$$C = \frac{3 \times 24.000}{\frac{12 \times 80\%}{72.000}} = \frac{72.000}{9,6} = 7.500 \text{ Ah}$$

Jumlah baterai yang dibutuhkan :
 $\frac{7.500}{200} = 37,5$

37,5 dibulatkan menjadi 38 buah baterai VLRA SOLANA 12V 200Ah

Untuk menentukan kapasitas Charge Controller menggunakan persamaan :

$$I_{maks} = I_{imp} \times N_{modul}$$

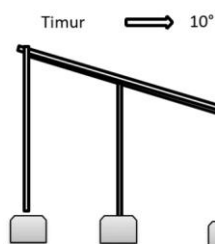
$$I_{maks \text{ area 1}} = 8,63 \times 53 = 457,39 \text{ A}$$

$$I_{maks \text{ area 2}} = 8,63 \times 22 = 189,86 \text{ A}$$

Menentukan kapasitas inverter menggunakan persamaan berikut :

$$Cap. Inv = 24.000 \times 1,25 = 30.000 \text{ Watt}$$

Kemiringan pemasangan panel surya sangat penting karena PV modul hanya akan efektif bila cara pemasangannya yang tepat. Pada perencanaan PLTS untuk RS Monompia Kotamobagu Panel Surya menghadap arah Timur dengan sudut kemiringan 10°



Gambar 18 Arah dan Sudut Kemiringan Panel

D. Analisa Ekonomi

Tabel 7 Komponen Yang Digunakan

Komponen	Jumlah	Harga Satuan	Total Harga (Rp)
Panel Surya Trina Solar 320 wp Polycrystalline	75 unit	Rp. 2.270.000	Rp. 170.250.000
Baterai VRLA SOLANA 12V 200Ah	38 unit	Rp. 4.450.000	Rp. 169.100.000
SCC MT6020-Pro	11 unit	Rp. 1.750.000	Rp. 19.250.000
Inverter Growatt MAC 30KTL3-XL	1 unit	Rp. 30.000.000	Rp. 30.000.000
PLC Schneider SR2B201FU	1 unit	Rp. 1.800.000	Rp. 1.800.000
Kontaktor Schneider TESYS D	1 unit	Rp. 313.000	Rp. 313.000
Power Supplay LW-K305D	1 unit	Rp. 787.000	Rp. 787.000
UPS ICA SE3100	1 unit	Rp. 10.290.000	Rp. 10.290.000
Sensor Arus dan Tegangan PZEM-004T	1 unit	Rp. 414.000	Rp. 414.000
Kabel 16mm	≥ 60 meter	Rp. 30.000	Rp. 1.800.000
Total			Rp. 404.004.000

Dalam perencanaan ini membutuhkan biaya investasi yang cukup besar untuk komponen pada PLTS berikut merupakan perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk investasi awal dalam perencanaan system hybrid di Rumah Sakit Monompia Kotamobagu.

Biaya tahunan :

$$M = 0,01 \times \text{Total biaya investasi} \\ = 0,01 \times \text{Rp. } 404.004.000 \\ = \text{Rp. } 4.040.040 / \text{tahun}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pembahasan sistem Hybrid dalam perencanaan ini menggabungkan tiga sumber yaitu PLN, PLTS, dan Generator. Dimana PLN merupakan sumber utama energi listrik, PLTS sebagai second energy untuk ruangan yang diprioritaskan, yang memerlukan energi listrik kontinuitas atau dalam hal ini tak pernah padam, dan Genset untuk membackup PLN.
2. Untuk menjalankan ketiga sumber secara bersamaan atau otomatis perlu menggunakan panel system Hybrid dimana di dalam panel hybrid ini terdiri atas beberapa komponen listrik seperti, PLC (*Programmable Logic*

- Controller*), Kontaktor, UPS, Power Supply, Sensor Arus dan Tegangan. Pemanfaatan panel hybrid ini agar ketiga sumber energi listrik dapat dengan mudah dikontrol secara otomatis.
3. Sistem PLTS Hybrid ini juga dirancang untuk pemakaian energi selama 12 jam pada ruangan-ruangan yang di khususkan. Dengan kondisi PLN akan mensupply energi dari jam 7 pagi sampai jam 7 malam, lalu akan berganti sumber ke Sistem PLTS dimana PLTS akan membackup beban pada ruangan khusus dari jam 7 malam sampai jam 7 pagi.
 4. Dalam perancangan sistem hybrid ini total beban Ruang Operasi, Neonaty, IGD, dan ICU 19.443 Watt dan total daya yang dibutuhkan sebesar 23.331,6 Watt \approx 24.000 Watt.
 5. Dengan menggunakan software helioscope jumlah panel surya dalam perancangan ini sebanyak 75 unit yang terbagi atas 2 area.
 6. Jumlah baterai yang digunakan berdasarkan keperluan dalam perancangan ini yaitu 37,5 \approx 38 unit
 7. Kapasitas inverter sebesar 30.000 watt
 8. Pada perencanaan PLTS untuk RS Monompia Kotamobagu Panel Surya menghadap arah Timur dengan sudut kemiringan 10°.
 9. Dari segi ekonomi biaya investasi awal untuk perencanaan ini sebesar Rp. 404.004.000 dengan jangka waktu kembalinya investasi awal selama 7 tahun. Dengan jangka waktu waktu operasional PLTS selama 20 tahun.

B. Saran

1. Untuk generator/ genset yang digunakan di Rumah Sakit GMIBM Monompia Kotamobagu diganti dengan kapasitas daya yang lebih besar agar dapat membackup seluruh beban daya di Gedung.
2. Dalam perencanaan ini memiliki kelemahan dimana biaya untuk investasi awal yang nilainya sangat besar. Sebaiknya untuk pembuatan sistem PLTS ini bisa menyiapkan dana yang cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

- a) Abdillah, H., Afandi, A. N., & Zaeni, I. A. E. (2018, October). Pemanfaatan Sistem Pembangkit Hybrid Dengan Kendali Supply Beban. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan* (Vol. 2, No. 1, pp. 59-64).
- b) Amelia, Rosa. 2012. Analisis Ekonomi dan Perancangan Pembangkit Hybrid Wind Surya di Desa Parangtritis Yogyakarta. Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- c) Bawalo, J., Rumbayan, M., & Tulung, N. M. (2021). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Rumah Kebun Desa Ammat Kabupaten Kepulauan Talaud.
- d) Engelbertus, T. (2016). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Catu Daya Tambahan Pada Hotel Kini Kota Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- e) Harmini, H., & Nurhayati, T. (2018). Pemodelan sistem pembangkit hybrid energi solar dan angin. *Elektrika*, 10(2), 28-32.
- f) Hariyanto. 2015. Perancangan dan Aplikasi Pembangkit Listrik Hybrid Energi Surya dan Energi Biogas di Kampung Haur Gembong Kabupaten Sumedang. Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- g) Hutajulu, A. G., Siregar, M. R., & Pambudi, M. P. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) On Grid di Ecopark Ancol. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 23-33.
- h) Jurnal, R. T. (2017). Perencanaan Penggunaan Plts Di Stasiun Kereta Api Cirebon Jawa Barat. *Energi & Kelistrikan*, 9(1), 70-83.
- i) Kusuma, C. B. (2019). *RANCANG BANGUN ALAT MONITORING RUNNING HOURS, ARUS DAN TEGANGAN PADA MOTOR VERTIKAL CSU-1 DI DERMAGA PT PETROKIMIA GRESIK MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT)* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Gresik).
- j) Mamangkey, V. M. (2022). Potensi Pengembangan PLTS Di Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.
- k) Putri, D. P., & Koenhardono, E. S. (2016). Perencanaan sistem pembangkit listrik hybrid (sel surya dan diesel generator) pada kapal tanker. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), B394-B399.
- l) Romadhoni, M. N. A., Erlina, E., & Azzahra, S. (2020). *Perencanaan Pembangunan Sistem Pembangkit Listrik*

Tenaga Surya On Grid Pada Atap Gedung (Roof Top) Berkapasitas 10 kWp di Inspektorat Daerah Kota Samarinda (Doctoral dissertation, INSTITUT TEKNOLOGI PLN).

- m) Saputra, A. A. (2019). Smart Grid Hybrid System (Fotovoltaik-PT. PLN) Berbasis IoT (Internet of Things). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro, 1*(1).
- n) Sianipar, R. (2017). Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 11*(2).
- o) Susanto, Y. E. Desain Dan Instalasi Solar Home System 50 Wp.
- p) Susanto, A., & Saminto, E. P. Rancangan Panel Distribusi Daya Listrik Untuk Siklotron 13 MEV.
- q) Tjundawan, A. E., & Joewono, A. (2013). Sumber Energi Listrik dengan Sistem Hybrid (Solar Panel dan Jaringan Listrik PLN). *Widya Teknik, 10*(1), 42-53.
- r) Yonata, K. (2017). *Analisis Tekno-Ekonomi Terhadap Desain Sistem PLTS Pada Bangunan Komersial Di Surabaya, Indonesia* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).



Revolta Elfridus Adi Wibowo lahir pada 20 Mei 1998 di Tomohon Sulawesi Utara, pada tahun 2016 memulai pendidikan di Universitas Sam Ratulangi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil Konsentrasi Minat Teknik Tenaga Listrik pada

tahun 2018.

Dalam menempuh pendidikan penulis juga pernah melaksanakan Kerja Praktek yang bertempat Indonesia-German Cooperation Project Geothermal Demonstration Binary Plant Pangolombian-Lahendong, pada bulan Juni-Agustus tahun 2019. Penulis selesai menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado pada tahun 2022, dengan judul penelitian yaitu Perencanaan Sistem Hybrid Pada Jaringan Kelistrikan Rumah Sakit Monompia Kotamobagu.