

Implementation of Solar Power Plant to Develop Green Building in Buildings

Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Mengembangkan Green Building pada Bangunan Gedung

Syallomitha Bella, Glanny M. C. Mangindaan, Meita Rumbayan

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia
e-mails : syallomithabella023@student.unsrat.ac.id, glanny_m@unsrat.ac.id, meitarumbayan@unsrat.ac.id

Received: [date]; revised: [date]; accepted: [date]

Abstract — Solar Power Plant (PLTS) has become the main choice in meeting sustainable and environmentally friendly energy needs due to the potential of petroleum which is estimated by the Ministry of Energy and Mineral Resources to run out around 2035, and also because PLTS uses sunlight as source of electrical energy which is a form of New Renewable Energy. The purpose of this research is to implement PLTS and calculate the amount of electrical energy generated in solar panels. From the research has been done, the results obtained that the light intensity of the city of Manado has photovoltaic power output of 4,044 kWh/kWp/day and a global horizontal irradiation of 4,160 kW/m²/day, and the highest battery charging data carried out at 06.30 to 17.00 which includes 3.46 A current data, 12.95 V voltage data, 42.8 W power data and 137.1 Wh electrical energy data. The implementation of PLTS is temporarily carried out in the area around the Faculty of Engineering, Sam Ratulangi University because there are no buildings that meet the parameters of green building in the Manado area, to overcome this problem, tool design and wiring diagram have been made so that it's easily moved to various places.

Keywords: Sunlight, New Renewable Energy, Green Building, Implementation

Abstrak — Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah menjadi pilihan utama dalam mencukupi kebutuhan energi Listrik yang berkelanjutan dan terhindar dari polusi lingkungan dikarenakan potensi minyak bumi yang diperkirakan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) akan habis sekitar tahun 2035, dan juga karena PLTS menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi listrik yang merupakan bentuk Energi Baru Terbarukan (EBT). Tujuan dari penelitian ini yaitu pengimplementasian PLTS dan menghitung besar energi listrik yang dihasilkan pada panel surya. Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil intensitas cahaya kota Manado memiliki output daya fotovoltaik sebesar 4,044 kWh/kWp/hari dan iradiasi horizontal global sebesar 4.160 kW/m²/hari, dan data pengisian baterai paling tinggi yang dilakukan pada pukul 06.30 sampai pukul 17.00 yang meliputi data arus 3.46 A, data tegangan 12.95 V, data daya 42.8 W dan data energi listrik 137.1 Wh. Implementasi PLTS sementara dilakukan di area sekitar Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi dikarenakan belum ada bangunan yang memenuhi parameter green building di daerah Manado, untuk mengatasi masalah tersebut maka telah dibuat desain perancangan alat dan wiring diagram agar mudah dipindahkan ke berbagai tempat.

Kata kunci : Cahaya Matahari, Energi Baru Terbarukan, Green Building, Implementasi

I. PENDAHULUAN

Pada dasarnya, Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau biasa disingkat PLTS adalah salah satu perangkat tenaga penghasil listrik yang bisa dibangun untuk menghasilkan

energi listrik dari yang terkecil hingga yang terbesar. Panel surya menyerap energi lewat sinar yang dipancarkan oleh matahari pada siang hari untuk mengonversikannya menjadi energi listrik yang melalui proses fotovoltai[1]. Energi listrik yang didapatkan melalui panel surya tersebut, kemudian disuplai atau dikumpulkan di baterai sebelum disalurkan ke beban[2]. Pengonversian ini terjadi di dalam panel surya yang terdiri dari sel surya. PLTS memfungsikan energi dari sinar matahari yang kemudian menghasilkan energi listrik DC (arus searah), yang dapat dikonversi menjadi listrik arus bolak-balik (AC). Indonesia mempunyai potensi sumber energi surya yang tinggi, Sebagai negara iklim tropis. Salah satu keunggulan panel surya dibandingkan penggunaan energi listrik tradisional adalah sumber energi terbarukan tidak menimbulkan polusi atau polusi udara[3]. Indonesia masih tergolong belum mengenal lebih dengan jenis pembangkit energi tersebut. Pasalnya, pembangkit listrik tenaga batu bara masih menempati posisi dominan, diperkirakan pangsa mencapai 63,8% pada tahun 2022 berdasarkan Keputusan Menteri 4092 yang mengesahkan Rencana Proyek Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. Namun konsumsi energi di Indonesia semakin meningkat, terutama pada sektor industri dan perumahan. Melalui data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), potensi minyak bumi tidak terlalu besar, hanya 56,6 juta barel yang diperkirakan akan habis dalam 23 tahun ke depan, sekitar tahun 2035. Sisa emisi gas rumah kaca dari cadangan berasal dari pembangkit listrik dan transportasi, yang menyumbang sepertiga emisi global. Padahal, energi terbarukan merupakan pilihan paling cerdas untuk mengurangi dampak pemanasan global. Misalnya pembangkit listrik tenaga surya. Teknologi fotovoltai panel surya telah terbukti cocok untuk konsep bangunan ramah lingkungan. Indonesia sudah mulai menerapkan konsep ini pada konstruksi gedung perkantoran, hotel[4], resor, dan perumahan. Bangunan hijau memanfaatkan lahan secara bijak, dapat menanggulangi dampak terhadap lingkungan, dan dapat menghadirkan kualitas udara yang sehat dan nyaman. Banyak bangunan kini dilengkapi dengan energi terbarukan seperti tenaga surya.

A. Penelitian Terkait

Menurut Hafid, Husain dan Umar (2017), Pembangkit listrik tenaga fotovoltai ialah seperangkat alat pembangkitan yang mengubah energi Cahaya dari surya menjadi energi listrik dengan menggunakan efek foto listrik[5].

Menurut Halim dan Levin (2019), Peran inverter surya adalah mengonversi energi listrik DC yang disediakan sebentar oleh PLTS menjadi daya AC dan menyuplainya ke

beban. Hal tersebut menjadikan invertes surya sebagai komponen penting dalam system PLTS, beserta sistem kendali yang menghasilkan daya AC yang dibutuhkan[6].

Menurut Sudarwani (2022), Konsep dari bangunan yang ramah akan lingkungan (green building) adalah konsep bangunan yang berkelanjutan yang menerapkan persyaratan khusus seperti lokasi, sistem perencanaan dan perancangan, renovasi dan pengoperasian, mematuhi prinsip konservasi energi dan mempunyai dampak positif terhadap lingkungan, perekonomian dan situasi sosial[7].

B. Energi

Dalam fisika, energi atau gaya adalah sifat fisik suatu benda yang dapat ditransmisikan melalui interaksi mendasar dan bentuknya dapat diganti tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan. Salah satunya adalah energi listrik[8].

Jenis energi ada bermacam-macam, mulai dari energi ciptaan sendiri hingga energi alam[9]. Energi alami yang tersedia bagi manusia contohnya angin, air, minyak, dan cahaya. Energi terbesar saat ini adalah energi matahari. Energi ini membantu tanaman melakukan fotosintesis dan menghasilkan hujan.

Sebagian besar aktivitas manusia saat ini bergantung pada energi. Jika energi tersedia, berbagai peralatan bantu dapat digunakan, seperti perangkat penerangan, penggerak motor, perlengkapan rumah tangga, dan mesin industri. Namun, energi terbarukan diketahui mencakup energi matahari, energi nuklir, energi hidroelektrik, energi gas dan minyak, sedangkan energi tak terbarukan mencakup energi yang berasal dari bahan bakar fosil/mineral dan batu bara, dll. Namun, energi ini terbatas[10].

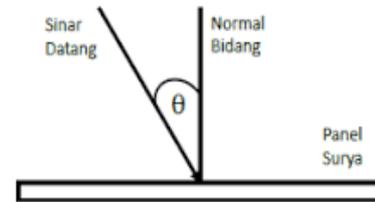
1. Energi Terbarukan

Energi ialah kebutuhan dasar bagi manusia yang meningkat terus menerus, sebanding dengan tingkat kehidupan. Energi terbarukan bersumber dari alam yang dapat digunakan tanpa khawatir akan habis. Energi terbarukan dapat dijadikan alternatif sumber energi untuk menggantikan energi tak terbarukan. Berikut sumber-sumber energi yang ada di Indonesia ialah panas bumi, tenaga air (hydropower), energi laut, gas bumi, angin, biomassa, biogas, gambut, batu bara, matahari dan sebagainya yang bisa digunakan sebagai sumber energi terbarukan, untuk menggantikan energi tak terbarukan terhadap bahan bakar minyak yang makin berkurang tiap tahunnya baik jumlah dan cadangannya. Sudah banyak contoh energi terbarukan yang berhasil ditemukan hingga saat ini di antaranya ada energi surya, energi angin, energi panas bumi, energi air, dan bio energi atau yang di kenal dengan istilah biomassa.

2. Energi Tak Terbarukan

Energi tak terbarukan ialah sumber daya alam yang memerlukan waktu bertahun-tahun untuk dihasilkan. Energi ini terlahir dari sisa-sisa organisme purba dan disimpan dalam jangka waktu yang sangat lama. Oleh karena itu, energi ini disebut juga energi fosil. Pasalnya, sekali energi ini habis, dibutuhkan proses yang cukup panjang untuk menggantinya.

Proses terbentuknya energi tak terbarukan bergantung pada kondisi lingkungan dan geologi. Ada tiga jenis sumber energi tak terbarukan: batu bara, minyak, gas alam, atau gas alam.



Gambar. 1 Arah Datang Sinar yang Membentuk sudut normal pada permukaan panel

C. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit listrik yang bersumber dari tenaga matahari ialah jenis pembangkit yang mengonversi energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan energi ini bisa dilakukan melalui proses fotovoltaik, atau melalui konsentrasi energi surya[9].

Pemanfaatan teknologi PLTS kedepannya akan menjadi alternatif atau alternatif dari penggunaan bahan bakar pada PLTD (diesel). Pada PLTS, listrik yang dihasilkan berasal dari energi terbarukan. Sinar dari Cahaya matahari dikonversi menjadi energi listrik dengan memanfaatkan panel surya atau fotovoltaik. Untuk memperoleh komponen PLTS yang dibutuhkan diperlukan perhitungan kinerja agar desain PLTS dapat berfungsi dengan baik.

Berikut perhitungan kebutuhan komponen PLTS :

- Menentukan total energi listrik yang dibutuhkan

$$\text{Total energi listrik (Wh)} = \text{unit} \times P(w) \times \text{jam}(h) \quad (1)$$

Keterangan:

Energi (W) = Wh

Daya (P) = Watt

Jam (t) = Hour

- Menentukan jumlah unit panel surya yang dibutuhkan :

$$\text{Solar panel (Wp)} = w/t \quad (2)$$

Keterangan:

Energi (Wp) = Watt Peak

Jam (t) = Hour

- Menentukan sudut kemiringan panel surya :

Radiasi yang banyak diperoleh oleh panel sel surya diakibatkan melalui sudut antara arah sinar yang datang, tegak lurus dengan komponen permukaan panel yang biasa disebut *angle of incidence* seperti terlihat pada Gambar 1.

D. Green Building

Penerapan konsep green building telah menjadi topik perbincangan sejak lama. Faktanya, ide ini telah dipraktikkan di beberapa negara selama bertahun-tahun untuk mencegah pemanasan global. Di Indonesia sendiri, pengenalan konsep bangunan ramah lingkungan saat ini sedang digalakkan[11].

Green Building ialah gambaran sebuah konsep bangunan yang ramah lingkungan. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 02/PRT/M/2015 tentang Bangunan Ramah Lingkungan, green building merupakan bangunan gedung yang memenuhi persyaratan arsitektur dan mempunyai kinerja penghematan energi yang signifikan dan terukur. dan air serta sumber daya lainnya dengan penerapan prinsip green

building, tergantung fungsi dan klasifikasinya pada setiap tahapan pelaksanaannya.

Berikut beberapa hal yang dapat dipenuhi, contohnya: Air dan sumber daya lainnya harus digunakan secara efisien dan energi terbarukan harus digunakan di gedung-gedung. Selain merancang bangunan yang beradaptasi dengan perubahan lingkungan, seperti pemasangan panel surya dan turbin udara, kami juga mempertimbangkan pengurangan pencemaran dan limbah lingkungan[12].

Berikut ini Manfaat Green Building dari beberapa pandangan, antara lain:

1. Kalangan Umum

Fungsi green building yaitu untuk meningkatkan kualitas hidup, melestarikan sumber daya air, mengurangi biaya pengoperasian dan pemeliharaan lingkungan, mengurangi emisi karbon dengan cara yang jarang terjadi, melindungi lingkungan dan memungkinkan bangunan bertahan lebih lama.

2. Dalam Konteks Teknologi Listrik

Green building dalam konteks elektro atau teknologi listrik memiliki beberapa manfaat yang signifikan dalam upaya untuk menciptakan energi yang bersifat berkelanjutan serta ramah akan lingkungan. Berikut adalah beberapa manfaat utama dari green building dalam konteks elektro:

- Efisiensi Energi

Green building didesain dengan menggunakan teknologi dan strategi yang bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik. Pemanfaatan perangkat listrik yang efisien, pencahayaan hemat akan energi, dan sistem pengolahan energi yang cerdas dalam menopang untuk mengurangi penggunaan energi listrik secara menyeluruh.

- Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan

Green building sering mengintegrasikan sumber energi terbarukan seperti turbin angin, panel surya, atau teknologi lainnya untuk menghasilkan listrik secara mandiri. Dengan menggunakan energi terbarukan, green building dapat menopang dalam mengurangi bergantungnya pada sumber energi fosil dan dapat menanggulangi emisi gas dari rumah kaca.

- Pengurangan Emisi Karbon

Dengan mengurangi konsumsi energi dari sumber fosil dan mengandalkan energi terbarukan, green building membantu mengurangi emisi karbon yang berkontribusi pada iklim yang berubah-ubah serta terjadinya pemanasan global.

- Pengurangan Biaya Energi

Meskipun untuk mengimplementasikan biaya awal teknologi hijau lebih tinggi, dalam jangka panjang, green building dapat mengurangi biaya operasional karena efisiensi energi dan penggunaan sumber energi terbarukan yang lebih murah

- Manajemen Energi yang Lebih Efektif

Green building sering dilengkapi dengan sistem manajemen energi cerdas yang memperhatikan dan mengatur pemanfaatan energi secara efisien. Hal ini membantu mengidentifikasi pola konsumsi energi yang tidak efisien dan memberikan solusi untuk mengoptimalkan penggunaan energi.

- Kenyamanan Penghuni

Teknologi listrik dalam green building juga berkontribusi pada kenyamanan dan produktivitas penghuni. Sistem pendingin dan pemanas yang efisien, pencahayaan yang tepat, dan kualitas udara yang baik menciptakan lingkungan yang lebih nyaman dan sehat.

3. Kriteria Green Building

Salah satu contoh bangunan sudah dikatakan green building ialah adanya Efisiensi penggunaan energi. Misalnya, menggunakan dinding kaca agar cahaya alami lebih banyak masuk dan menyediakan solar panel sebagai sumber energi.

E. Komponen Utama yang Digunakan pada PLTS

Berikut ini komponen-komponen yang akan digunakan pada PLTS.

1. Solar Cell

Sel surya ialah peralatan yang digunakan untuk menukar energi dari cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi energi listrik. Solar Cell yang digunakan berjumlah 2 buah dengan daya satuan masing-masing sebesar 100Wp[13], seperti yang ditunjukkan pada gambar. 2

2. Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller dimanfaatkan sebagai pengelola aliran listrik yang didapatkan dari panel surya untuk disimpan ke baterai. Controller akan mengatur agar tenaga listrik yang disimpan tidak mengalami overcharge ataupun undercharge sehingga baterai dapat terisi secara optimal[14]. Dapat dilihat pada gambar 3.

3. Inverter

Inverter digunakan untuk mengonversi daya DC (arus searah) diubah menjadi AC (arus bolak-balik). Penelitian ini, inverter yang dipakai sebesar 1000W dengan tegangan 12 V[15]. Yang akan ditunjukkan melalui gambar. 4



Gambar. 2 Solar Cell



Gambar. 3 Solar Charge Controller



Gambar. 4 Inverter



Gambar. 5 Batrei

4. Baterai

Baterai berfungsi untuk menyediakan energi listrik yang didapatkan oleh panel surya melalui Listrik DC (arus searah). Energi yang ditampung dalam baterai bertindak sebagai cadangan yang dihasilkan dan digunakan pada siang dan malam hari jika panel surya tidak mendapatkan listrik[16]. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

5. MCB DC

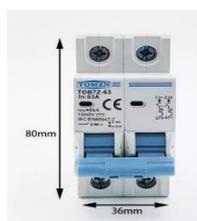
Berfungsi untuk melindungi berbagai alat listrik dan perangkat beban lainnya dari masalah beban dan korsleting, serta melindungi keamanan sirkuit arus DC. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.

6. MCB AC

Fungsinya yaitu untuk menjaga perangkat listrik dan peralatan lainnya dari masalah beban dan korsleting, serta melindungi keamanan sirkuit arus AC. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 7.

7. Saklar Tukar (TPDT)

Saklar TPDT Cam Starter biasanya dioperasikan secara mekanis dengan menggunakan tuas atau tombol. Ketika tuas atau tombol diaktifkan, posisi kontak akan berubah sesuai dengan pengaturan posisi normal tertutup atau terbuka. Seperti yang dapat terlihat pada gambar 8



Gambar. 6 MCB DC



Gambar. 7 MCB AC



Gambar. 8 Saklar Ohm TPDT



Gambar. 9 Terminal Block

8. Terminal Block

Terminal blok adalah tempat perhentian sementara arus listrik, dan kemudian akan dihubungkan ke komponen-komponen lain (komponen outgoing). Seperti yang ditunjukkan pada gambar 9

9. Lampu Pilot

Sebagai lampu indicator untuk panel box Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Yang dapat dilihat melalui gambar 10.

II. DATA DAN PERHITUNGAN PLTS

A. Perancangan PLTS

Penelitian ini dimulai dengan tinjauan literatur system sel surya, yaitu dengan mengkaji bagaimana cara membuat konsep desain pada PLTS, bagaimana untuk membuat PLTS dalam system hybrid, pengkajian konfigurasi system PLTS, pemilihan konfigurasi yang cocok dan mendapatkan informasi dan pemilihan panel surya, inverter, SCC, dan baterai dari berbagai sumber. Hal ini termasuk dalam spesifikasi teknis yang lengkap dari masing-masing alat-alat yang digunakan.

Pada perancangan PLTS berikut, dibutuhkan beberapa komponen elektronik, tools serta material lainnya sebagai penunjang pembuatan pembangkit listrik tenaga surya, yaitu: Watt, meter, kabel, lampu, terminal, bor, gurinda, mata bor, mata gurinda, multimeter, tespen, mur, serta bout dan untuk materialnya yaitu besi.

B. Perancangan Perhitungan Kebutuhan PLTS

Untuk mencari kebutuhan daya pada green building, maka pada penelitian kali ini saya membuat simulasi dengan menggunakan 6 unit lampu dengan masing – masing daya 10 watt selama 12 jam.

Dalam perancangan dan pemasangan PLTS ini bisa juga dipakai untuk keperluan alat elektronik lain seperti pengecasan hp, kipas angin, dll, tapi tidak melewati batas total energi listrik 720 Wh.



Gambar. 10 Lampu Pilot Perancangan Perhitungan Kebutuhan PLTS

Dalam perancangan dan pemasangan PLTS ini bisa juga dipakai untuk keperluan alat elektronik lain seperti pengecasan hp, kipas angin, dll, tapi tidak melewati batas total energi listrik 720 Wh.

1. Menghitung total Energi Daya Selama 12 Jam Menggunakan persamaan 1 yaitu:

$$\text{Total energi listrik (Wh)} = \text{unit} \times P(\text{watt}) \times \text{jam}(\text{hour}) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Total Energi Listrik} &= 60 \times 12 \\ \text{Total Energi Listrik} &= 720 \text{ Wh} \end{aligned}$$

2. Mencari Jumlah Solar Cell yang akan Dipakai Waktu optimal dalam melakukan pengechargean pada Solar Cell yaitu 5 jam. Dengan demikian untuk menentukan jumlah solar cell yang akan dipakai, kita menggunakan perhitungan:

$$\text{Solar panel (Wp)} = \frac{\text{Total energi listrik}}{\text{Waktu efesien penyinaran} \times \text{Wp}} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Solar panel} &= 720 \text{ Wh} / 5 \text{ jam} \times 100 \text{ Wp} \\ \text{Solar panel} &= 1,44 \text{ Wp} \end{aligned}$$

Dibulatkan menjadi 2 Unit panel surya, jadi total 200 Wp untuk kebutuhan energi listrik 720 Wh

3. Menentukan jumlah SCC yang akan digunakan Untuk mengetahui berapa unit SCC yang dibutuhkan maka dicari terlebih dahulu arus SSC, yaitu sebagai berikut:

$$\text{Arus SCC} = (\text{Wp Panel Surya}) / (\text{Tegangan Baterai}) \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{Arus SCC} &= 100 / 12 \\ \text{Arus SCC} &= 8,3 \text{ A} \end{aligned}$$

SCC yang tersedia yaitu Solar Charge Controller 20A 12V/24V sebanyak 1 unit sudah bisa memenuhi kebutuhan pada PLTS

4. Menentukan Jumlah Baterai Untuk mengetahui berapa kebutuhan kapasitas baterai yang dibutuhkan, maka dilakukan percobaan baterai dengan kapasitas 12 V 120 Ah

$$\text{Jumlah baterai} = \text{Wh} / \text{Kapasitas} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baterai} &= 720 \text{ Wh} / \text{kapasitas } 12 \text{V } 120 \text{Ah} \\ \text{Jumlah baterai} &= 720 \text{ Wh} / 1440 \text{ watt} \\ \text{Jumlah baterai} &= 0,5 \text{ atau } 1 \text{ unit baterai dengan kapasitas } 12 \text{ V } 120 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Dengan demikian, perancangan perhitungan kebutuhan PLTS (Tabel 1) dengan beban 720 Wh memerlukan perlengkapan berikut:

1. Panel surya 100Wp = 2 Unit
2. Baterai = 1 Unit baterai 12V 120Ah
3. Inverter = 1000 Watt
4. Solar charge Controller = 20 A 12/24 V

Table 1. Data Kebutuhan PLTS Yang Akan Dipakai

Daya Lampu	Jumlah (Unit)	Waktu Menyala	Energi Listrik
10 watt	6 Unit	12 jam	720 Wh

Table 2. Spesifikasi Solar Cell

Solar Modul	
Modul Type	SP-100-P36
Rated Max Power (Pmax)	100 W
Open Circuit Voltage (VOC)	22.3 V
Short Circuit Current (ISC)	5.82 A
Current at Pmax (Imp)	5.49 A
Voltage at Pmax (Vmp)	18.2 V
Normal Cell Temp (NOCT)	-45°C ~ + 80°C
Maximum System Voltage	700 V
Max Series Fuse Rating	10 A
Dimension (mm)	1020*670*35
Number of Cells	36

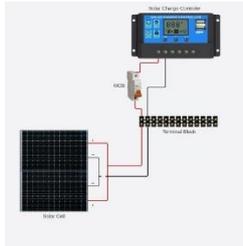
C. Spesifikasi Solar Cell

Berikut Spesifikasi dari panel surya yang akan digunakan yang ditunjukkan pada tabel 2.

D. Mekanisme Perancangan PLTS

Berikut adalah Langkah- Langkah pembuatan skematika wiring diagram untuk PLTS

1. Rangkaian Solar Cell dan Solar Charge Controller Rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 11. Jalur merah adalah kabel positif (+) dari solar cell, terhubung ke terminal block, terhubung dengan MCB DC dan terhubung dengan input solar charge controller positif untuk solar cell, lalu jalur hitam adalah kabel negative dari solar cell yang terhubung langsung dengan terminal block, dan juga terhubung dengan input negative solar charge controller untuk solar cell.
2. Rangkaian Baterai dan Solar Charge Controller Rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 12. Jalur merah adalah kabel positif dari aki terhubung dengan terminal block, MCB DC dan solar charge controller input baterai positif. Lalu jalur hitam adalah kabel negative dari baterai terhubung dengan terminal block, MCB DC dan solar charge controller input negative baterai.
3. Rangkaian Solar Cell, Baterai, Solar Charge Controller, Inverter Rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 13. Jalur merah pada solar cell adalah kabel positif dari solar cell, terhubung ke terminal block, terhubung dengan MCB DC dan terhubung dengan input solar charge controller positif untuk solar cell. Lalu jalur hitam pada solar cell adalah kabel negative dari solar cell yang terhubung langsung dengan terminal block, MCB DC dan juga terhubung dengan input negative solar charge controller untuk solar cell. Jalur merah pada inverter adalah kabel positif input dari inverter terhubung dengan jalur merah atau positif dari kabel yang positif yang menghubungkan antara baterai dan solar charge controller. Lalu jalur hitam pada inverter adalah kabel negative input dari inverter terhubung dengan jalur hitam atau negative dari kabel yang menghubungkan antara negative baterai dan negative solar charge controller.



Gambar. 11 Rangkaian Solar Cell dan Solar Charge Controller



Gambar. 12 Rangkaian Baterai dan Solar Charge Controller

4. Rangkaian Solar Cell, Baterai, Solar Charge Controller, Inverter, dan Input Pertama dari Saklar TPDT

Rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 14. Jalur merah pada solar cell adalah kabel positif dari solar cell, terhubung ke terminal block, terhubung dengan MCB DC dan terhubung dengan input solar charge controller positif untuk solar cell. Lalu jalur hitam pada solar cell adalah kabel negative dari solar cell yang terhubung langsung dengan terminal block, MCB DC dan juga terhubung dengan input negative solar charge controller untuk solar cell.

Jalur merah pada baterai adalah kabel positif dari aki terhubung dengan terminal block, MCB DC dan solar charge controller input baterai positif. Lalu jalur hitam adalah kabel negative dari baterai terhubung dengan terminal block, MCB DC dan solar charge controller input negative baterai.

Jalur merah pada inverter adalah kabel positif input dari inverter terhubung dengan jalur merah atau positif dari kabel yang positif yang menghubungkan antara baterai dan solar charge controller. Lalu jalur hitam pada inverter adalah kabel negative input dari inverter terhubung dengan jalur hitam atau negative dari kabel yang menghubungkan antara negative baterai dan negative solar charge controller.

Jalur merah pada Cam stater adalah kabel fasa dari input pertama cam stater untuk fasa terhubung dengan output fasa dari inverter. Lalu jalur biru pada cam stater adalah kabel netral dari input pertama cam stater untuk netral dan terhubung dengan output netral dari inverter.



Gambar. 13 Rangkaian Solar Cell, Baterai, Solar Charge Controller, dan Inverter



Gambar. 14 Rangkaian Solar Cell, Baterai, Solar Charge Controller, Inverter, dan Input Pertama dari Saklar TPDT

5. Rangkaian Solar Cell, Baterai, Solar Charge Controller, Inverter, Cam Stater, PLN

Rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 15. Jalur merah pada solar cell adalah kabel positif dari solar cell, terhubung ke terminal block, terhubung dengan MCB DC dan terhubung dengan input solar charge controller positif untuk solar cell. Lalu jalur hitam pada solar cell adalah kabel negative dari solar cell yang terhubung langsung dengan terminal block, MCB DC dan juga terhubung dengan input negative solar charge controller untuk solar cell.

Jalur merah pada baterai adalah kabel positif dari aki terhubung dengan terminal block, MCB DC dan solar charge controller input baterai positif. Lalu jalur hitam adalah kabel negative dari baterai terhubung dengan terminal block, MCB DC dan solar charge controller input negative baterai.

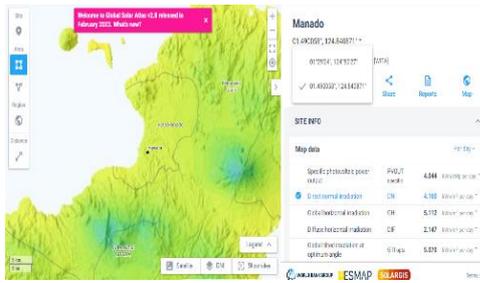
Jalur merah pada inverter adalah kabel positif input dari inverter terhubung dengan jalur merah atau positif dari kabel yang positif yang menghubungkan antara baterai dan solar charge controller. Lalu jalur hitam pada inverter adalah kabel negative input dari inverter terhubung dengan jalur hitam atau negative dari kabel yang menghubungkan antara negative baterai dan negative solar charge controller.

Jalur merah pada Cam stater adalah kabel fasa dari input pertama cam stater untuk fasa terhubung dengan output fasa dari inverter. Lalu jalur biru pada cam stater adalah kabel netral dari input pertama cam stater untuk netral dan terhubung dengan output netral dari inverter.

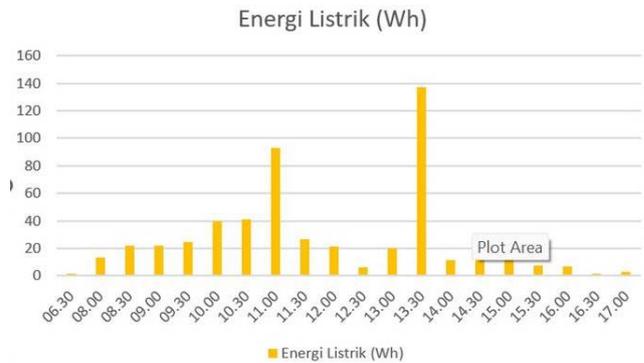
Jalur merah pada PLN adalah output fasa yang dihasilkan PLN terhubung dengan terminal block dan terhubung dengan input fasa kedua dari cam starter. Lalu jalur biru dari PLN adalah output kabel Netral yang dihasilkan PLN terhubung dengan terminal block dan terhubung dengan input netral kedua dari cam stater.

6. Rangkaian Keseluruhan

Rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 16. Rangkaian keseluruhan adalah rangkaian gabungan dari rangkaian-rangkaian sebelum hingga sampai pada output beban yang dimana jalur merah pada output cam starter adalah kabel fasa dari output cam stater terhubung dengan MCB AC, serta terhubung dengan terminal block dan terakhir terhubung pada stop kontak. Lalu jalur biru pada output cam starter adalah kabel netral dari output cam starter terhubung dengan terminal block, dan terakhir terhubung dengan kabel netral stop kontak.



Gambar. 15 Data Hasil Intensitas Cahaya Kota Manado Berdasarkan Global Solar Atlas



Gambar. 16 Karakteristik Hasil Energi Listrik

III. HASIL PENGKAJIAN PLTS

A. Intensitas Cahaya

Berdasarkan data yang di ambil pada web global solar atlas, seperti yang telah ditunjukkan pada gambar 17. Kota Manado, memiliki output daya fotovoltaik sebesar 4.044 kWh/kWp/hari dan iradiasi horizontal global sebesar 4.160 kW/m²/hari.

B. Hasil Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Berikut ini spesifikasi ukuran dari hasil desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang telah dibuat, yang akan ditunjukkan pada tabel 3.

C. Data Hasil Pengisian Baterai

Data-data hasil pengisian baterai yang telah dilakukan dari pukul 06.30 hingga pukul 17.00 WITA akan ditunjukkan pada tabel 4.

Table 3. Spesifikasi Ukuran Hasil Desain PLTS

No	Nama	Ukuran		
		Panjang	Lebar	Tinggi
1.	Box Panel	50 cm	30 cm	70 cm
2.	Dudukan Solar Cell	102 cm	134 cm	7,5 cm

Table 4. Data Hasil Pengisian Baterai

Pukul (WITA)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Energi Listrik (Wh)
06.30	0,93	12,43	11,6	1,2
08.00	1,08	12,48	13,5	13,6
08.30	1,60	12,56	20,3	21,7
09.00	1,75	12,74	22,3	21,9
09.30	1,96	12,78	25,1	24,6
10.00	3,23	12,92	41,7	39,6
10.30	3,46	12,94	42,8	40,7
11.00	1,81	12,95	23,5	93,1
11.30	1,91	13,53	26,1	26,6
12.00	1,45	13,45	19,6	21,0
12.30	1,80	13,40	24,4	6,32
13.00	0,89	13,41	12,0	20,2
13.30	0,83	12,92	10,8	137,1
14.00	0,95	12,90	12,3	11,3
14.30	1,01	12,2	13,1	12,9
15.00	1,13	12,97	14,7	14,2
15.30	0,62	12,87	8,0	7,6
16.00	0,55	12,85	6,1	6,8
16.30	0,12	12,72	1,5	1,7
17.00	0,00	12,69	0,0	2,8

D. Karakteristik Hasil Energi Listrik yang Dihasilkan

Dari data penelitian yang sudah diperoleh, maka didapat grafik untuk energi listrik yang diperoleh dari panel surya, dapat dilihat pada gambar 18.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Melalui data penelitian yang telah dilakukan pada bulan April 2023, maka dapat kita ambil beberapa kesimpulannya, yaitu:

1. Implementasi PLTS sementara dilakukan di area sekitar fakultas teknik dikarenakan belum ada bangunan yang memenuhi parameter green building di daerah Manado, untuk mengatasi masalah tersebut maka telah dibuat desain perancangan alat dan wiring diagram agar mudah dipindahkan diberbagai tempat.
2. Energi listrik yang dihasilkan lewat hasil pengambilan data yang dilakukan sebesar 131,7 Wh pengambilan data ini saat kondisi sedikit mendung sehingga pengisian baterai kurang maksimal

B. Saran

Dari kesimpulan yang ada, dapat diambil saran yaitu sebagai berikut:

1. Untuk lebih mengoptimalkan system PLTS yang sudah ada, maka sebaiknya ditambah panel surya dan juga baterai, sehingga energi listrik yang tersimpan lebih banyak dan baterai lebih lama
2. Untuk penempatan solar cell, sebaiknya diletakkan ditempat yang tinggi agar hasil dari konversi matahari mendapat hasil yang maksimal

V. KUTIPAN

- [1] R. Fernandes and M. Yuhendri, "Implementasi Solar Tracker Tanpa Sensor pada Panel Surya".
- [2] R. T. Jurnal, "STUDI PENYIMPANAN ENERGI PADA BATERAI PLTS," *Energi Kelistrikan*, vol. 9, no. 2, pp. 120–125, Nov. 2018, doi: 10.33322/energi.v9i2.48.
- [3] R. F. Harris and M. F. A. Ramadhan, "Formulasi Yuridis Terhadap Urgensi Perancangan Kebijakan Pajak Karbon Sebagai Pendorong Transisi Energi Terbarukan Berdasarkan Pancasila," vol. 2, 2022.
- [4] P. Ricardianto, L. Ningrum, S. Hendradewi, and T. R. Dewi, "Penerapan Konsep Hotel Green Building di Kota dan Daerah Wisata, Aman Pada Masa Pandemi," vol. 27, 2022.
- [5] A. Hafid, Z. Abidin, S. Husain, and R. Umar, "ANALISA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PULAU BALANG LOMPO," 2017.
- [6] L. Halim, "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI AWAL SOLAR INVERTER UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA

- SURYA OFF GRID,” *J. Teknol.*, vol. 12, no. 1, 2020.
- [7] M. M. Sudarwani, “PENERAPAN GREEN ARCHITECTURE DAN GREEN BUILDING SEBAGAI UPAYA PENCAPAIAN SUSTAINABLE ARCHITECTURE”.
- [8] I. Kholiq, “PEMANFAATAN ENERGI ALTERNATIF SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN UNTUK Mendukung Substitusi BBM,” no. 2, 2015.
- [9] A. I. Ramadhan, E. Diniardi, and S. H. Mukti, “Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP,” *Teknik*, vol. 37, no. 2, p. 59, Dec. 2016, doi: 10.14710/teknik.v37i2.9011.
- [10] B. Yuwono, “OPTIMALISASI PANEL SEL SURYA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM PELACAK BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C5”.
- [11] F. Y. Massie, A. K. T. Dundu, and J. Tjakra, “PENERAPAN KONSEP GREEN BUILDING PADA INDUSTRI JASA KONSTRUKSI DI MANADO,” 2018.
- [12] J. Abda, R. Fernando, N. Sindhu, V. Rusdiana, and T. Leony, “RUMAH MINIMALIS BERKONSEP GREEN BUILDING,” vol. 18, no. 3, 2022.
- [13] F. I. Pasaribu and M. Reza, “Rancang Bangun Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50 WP,” *J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, 2021.
- [14] S. Hani, “PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI MATAHARI SEBAGAI PENGGERAK POMPA AIR DENGAN MENGGUNAKAN SOLAR CELL,” vol. 7, no. 2, 2015.
- [15] R. B. P. Simanjuntak, M. Safii, F. Anggraini, S. Sumarno, and I. Gunawan, “Rancang Bangun Inverter Mengubah Arus Listrik DC ke AC Berbasis Arduino Uno,” *J. Comput. Syst. Inform. JoSYC*, vol. 2, no. 4, pp. 295–299, Aug. 2021, doi: 10.47065/josyc.v2i4.838.
- [16] M. K. Usman, “ANALISIS INTENSITAS CAHAYA TERHADAP ENERGI LISTRIK YANG DIHASILKAN PANEL SURYA,” 2020.



Syallomitha Gratiella Bella,

penulis adalah anak pertama dari tiga orang bersaudara, lahir di Amurang, kecamatan Amurang, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara pada tanggal 01 maret 2002. Penulis menjalani pendidikan pertama di sekolah Taman Kanak-kanak GMIM Bitung pada tahun 2006 sampai tahun 2007, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 1 Amurang pada tahun 2007 sampai tahun 2013. Setelah itu penulis masuk ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Amurang pada tahun 2013 sampai tahun 2016, setelah itu melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Amurang pada tahun 2016 hingga lulus di tahun 2019. Kemudian pada tahun 2019, penulis mengawali jenjang Pendidikan yang lebih tinggi di Universitas Sam Ratulangi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro yang kemudian mengambil Konsentrasi Minat Teknik Tenaga Listrik pada tahun 2021. Dalam menempuh pendidikan, penulis pernah melaksanakan Praktek Kerja Lapangan di PT. Pertamina Geothermal Energy Lahendong pada bulan april hingga bulan juni 2022, dan tergabung dalam kepengurusan organisasi Himpunan Mahasiswa Elektro.