

POTENSI PENGEMBANGAN PLTS DI LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SAM RATULANGI

Virgiano M. J. Mamangkey, Glanny M. Ch. Mangindaan , Lily S. Patras
Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado , Jl. Kampus Bahu, 95115
Email : Virgianomamangkey@gmail.com, glanny_m@unsrat.ac.id , Lilys_patras@yahoo.com

ABSTRAK

Kebutuhan energi yang ada saat ini, sebagian besar terpenuhi oleh energi yang bersumber dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batubara dan gas alam. Namun persediaan energi yang ada saat ini semakin berkurang. Jika tak segera ditangani, kemungkinan tak terhindarkan lagi adanya krisis energi. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan untuk permasalahan ini adalah pemanfaatan Matahari atau tenaga surya untuk di konversikan menjadi energi listrik. Dalam penyusunan pengembangan PLTS di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado menggunakan software Helioscope. Dimana hasil dalam penelitian ini Sistem PLTS yang digunakan adalah sistem PLTS On Grid pada atap Gedung (Roof Top) dengan menggunakan software Helioscope berkapasitas total 40 kWp di gedung Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Luas PV area yang di rancang dalam perencanaan ini terbagi dua yaitu area 1 sebesar 300,228m² dan Area 2 sebesar 448.175m² dengan jumlah modul yang di design adalah sebanyak 125 module untuk kedua area yang di orientasikan ke arah utara 10° dengan kemiringan panel 10°, sementara daya yang diperkirakan dapat dibangkitkan PLTS sesuai design adalah 59,9mWh..

Kata Kunci: PLTS, On Grid, Helioscope, Surya, Matahari

I. PENDAHULUAN

Energi adalah kebutuhan pokok setiap manusia. Kebutuhan energi yang ada saat ini, sebagian besar terpenuhi oleh energi yang bersumber dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batubara dan gas alam. Namun persediaan energi yang ada saat ini semakin berkurang. Jika tak segera ditangani, kemungkinan tak terhindarkan lagi adanya krisis energi. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan untuk permasalahan ini adalah pemanfaatan Matahari atau tenaga surya untuk di konversikan menjadi energi listrik.

Matahari adalah sumber energi yang berjumlah besar dan bersifat terus-menerus yang tergolong sebagai energi terbarukan, khususnya energi elektro magnetik yang dipancarkan oleh matahari. Penggunaan tenaga surya tidak membutuhkan pembakaran sehingga tidak menghasilkan gas buang berupa gas rumah kaca. Pemanfaatan energi matahari dilakukan dengan mengubah sinar matahari menjadi energi panas atau listrik untuk memenuhi kebutuhan

energi manusia. Pemanfaatan tenaga surya dilakukan dengan mengubah sinar matahari secara langsung menjadi panas atau energi listrik. Dua tipe dasar tenaga matahari adalah sinar matahari dan photovoltaic, yaitu tenaga matahari. Sel surya adalah perangkat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan mengikuti prinsip fotovoltaiik. Sel surya adalah teknologi energi yang bersifat langsung. Energi listrik dapat diciptakan tanpa adanya bantuan fluida bergerak seperti uap atau gas.

Prinsip dasar dari sel surya adalah efek fotolistrik. Efek fotolistrik ini sendiri sudah mulai diteliti sejak tahun 1839 hingga akhirnya pada tahun 1959 Bell Laboratory mengembangkan dan mempublikasikan sel surya pertama yang terbuat dari silikon dengan efisiensi 6% yang kemudian dengan cepat berkembang hingga memiliki efisiensi 10% (Goetzberger & Hoffman, 2005, hlm. 2).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Energi Surya/Matahari

Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 watt energi matahari per-meter persegi. Sehingga bisa dikatakan bahwa sumber segala energi adalah energi matahari. Hal tersebut menjadi salah satu keuntungan Indonesia sebagai negara beriklim tropis yang menerima banyak cahaya matahari. Dengan keuntungan tersebut Indonesia dapat memanfaatkan sumber energi matahari / surya sebagai pengganti sumber energi konvensional menggunakan teknologi panel surya atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Santhiarsa, I.N.I.W., 2005).

Sumber segala energi adalah energi matahari. Energi matahari dapat dimanfaatkan dengan berbagai cara yang berlainan bahan bakar minyak adalah hasil fotosintesis, tenaga hidro elektrik adalah hasil sirkulasi hujan tenaga angin adalah hasil perbedaan suhu antar daerah dan sel surya (sel fotovoltaik) yang menjanjikan masa depan yang cerah sebagai sumber energi listrik.

B. Intensitas Radiasi Matahari

Sinar matahari merupakan spektrum total dari radiasi elektromagnetik yang disediakan oleh matahari. Di bumi, sinar matahari di filter saat memasuki atmosfer, biasanya pada siang hari, saat matahari berada di atas ufuk, radiasi matahari terlihat jelas.

Ketika awan tidak menghalangi radiasi langsung, maka bisa dikatakan sebagai sinar matahari, yang menggabungkan cahaya terang dan panas. Radiasi panas yang dihasilkan langsung oleh matahari berbeda dengan kenaikan suhu atmosfer karena radiasi panas dari atmosfer disebabkan oleh radiasi matahari. Anda dapat menggunakan perekam siang hari, piranometer, dan pirometer untuk merekam sinar matahari. Organisasi Meteorologi Dunia (WMO) mendefinisikan sinar matahari, dan radiasi langsungnya dari matahari diukur berdasarkan

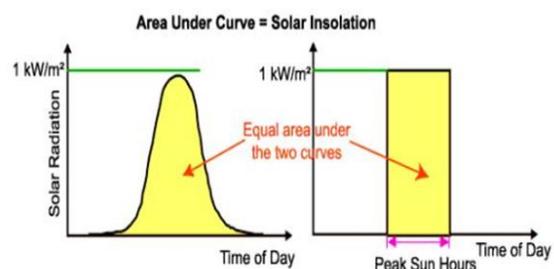
setidaknya 120 WM^2 . Penyinaran matahari secara langsung dapat memberi penerangan sebanyak 93 lux per watt daya.

Elektromagnetik (termasuk inframerah dan ultraviolet). Sinar matahari yang terik memberi sebanyak 100.000 lux per meter persegi di permukaan bumi. Sinar matahari adalah juru kunci dalam proses fotosintesis. (Dubey, 2010)

C. Jam Puncak Matahari (Sun Peak Hour)

Jam puncak matahari atau yang lebih dikenal dengan istilah solar peak hour (PSH) merupakan istilah di bidang energi matahari, istilah tersebut biasa digunakan untuk memperkirakan lamanya waktu radiasi matahari efektif digunakan dalam sehari. Satuan PSH adalah hours (jam). Secara definisi, PSH sama dengan jumlah jam radiasi matahari ($1 \text{ kW} / \text{m}^2$) dari 1 matahari untuk menghasilkan energi matahari (kWh / m^2) yang diterima bumi dalam sehari. Dengan kata lain, PSH berbanding lurus dengan besarnya paparan radiasi matahari yang di terima permukaan bumi dibagi $1 \text{ kW} / \text{m}^2$.

Intensitas tersebut melakukan penyinaran matahari yang diterima permukaan tidak konstan, tetapi mengalami kenaikan pada pagi hari, memuncak pada siang hari, selanjutnya menurun sampai dengan terbenamnya matahari. bila intensitas radiasi ini diintegrasikan dengan waktu dalam sehari, dapat diperoleh energi per satuan luas permukaan. Lalu dimisalkan jika intensitas konstan pada 1 matahari, jumlah jam yang diperoleh akan menerima energi yang sama dengan energi radiasi dalam sehari. (Ajiwiguna, 2019).



Gambar 1 Sun Peak Hour

Sumber (<http://www.aurorasolarenergy.com>)

D. Pemanfaatan Energi Surya dengan Menggunakan PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) termasuk dalam salah satu sumber energi baru dan terbarukan. PLTS memanfaatkan sumber energi matahari dalam bentuk cahaya matahari untuk diubah langsung menjadi energi listrik. Pada dasarnya matahari membawa energi yang dibagi menjadi dua bentuk, yaitu energi panas dan cahaya. Dari dua bentuk energi tersebut dibagi menjadi dua sistem tenaga surya, yaitu sistem tenaga panas matahari (solar thermal) dan sistem tenaga surya (PLTS). Sistem tenaga surya mengubah cahaya matahari langsung menjadi listrik. Ketika photovoltaic module (PV) terkena cahaya matahari, modul akan menghasilkan listrik searah atau direct current (DC). Listrik DC akan dikonversi menjadi listrik bolak-balik atau alternating current (AC) oleh inverter, yang selanjutnya di distribusikan ke beban.

E. Prinsip Kerja Panel Surya (PV Panel)

Photovoltaic (Sel surya) adalah alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik menggunakan efek fotoelektrik. Dibuat pertama kali pada tahun 1880 oleh Charles Fritts. Pembangkit listrik tenaga surya tipe photovoltaica adalah pembangkit listrik yang menggunakan perbedaan tegangan akibat efek fotoelektrik untuk menghasilkan listrik. Solar panel terdiri dari 3 lapisan, lapisan panel P di bagian atas, lapisan pembatas di tengah, dan lapisan panel N di bagian bawah. Efek fotoelektrik adalah saat sinar matahari menyebabkan elektron di lapisan panel P terlepas, sehingga hal ini menyebabkan proton mengalir ke lapisan panel N di bagian bawah dan perpindahan arus proton ini adalah arus listrik (KemESDM, 2014). Secara umum, konstruksi sebuah fotovoltaiik terdiri dari 3 bagian, yaitu Lapisan penerima radiasi, Lapisan tempat terjadinya pemisahan muatan akibat fotoinduksi, dan Lapisan Kontaktor.

F. Pemanfaatan Area Bangunan (Roof Top)

PLTS rooftop merupakan PLTS yang dipasang di atas atap bangunan, baik rumah maupun komersial. PLTS rooftop merupakan PLTS skala kecil, yang biasanya berkapasitas 20 kW. Di beberapa gedung komersial, PLTS rooftop dapat memiliki kapasitas mendekati 1 MW. Meskipun memiliki kapasitas yang lebih kecil, namun PLTS rooftop memiliki beberapa keunggulan, diantaranya Lahan yang ada dapat digunakan juga untuk mengurangi biaya pada investasi lahan. Keunggulan lainnya adalah lebih mudah dan murah untuk disambungkan ke sistem kelistrikan yang ada. (I Dewa Gede Yaya Putra Pratama, 2018).

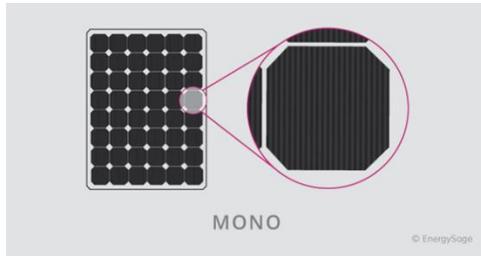
G. Jenis – Jenis Panel Surya

Sel surya salah satunya terbuat dari teknologi irisan silikon (silikon wafers), pembuatannya dengan cara memotong/mengiris tipis silikon dari balok batang silikon. Sel surya juga bisa terbuat dari teknologi film tipis biasa disebut thin film technologies, dimana lapisan tipis dari bahan semikonduktor diendapkan pada low-cost substrates. Sel surya selanjutnya digolongkan sesuai dengan batasan struktur dari bahan semikonduktornya seperti, mono-crystalline, multicrystalline (polycrystalline) atau amorphous material (Setiawan, Agus (2014))

Perkembangan teknologi pembuatan panel surya dapat menghasilkan terobosan dalam produk - produk panel surya yang ditemui di pasaran. Adapun jenis jenis dari panel surya terbagi 3 yaitu jenis Monocrystalline, Polycrystalline, dan jenis Film Fotovoltaiik.

1. MonoKristal (Monocrystalline)

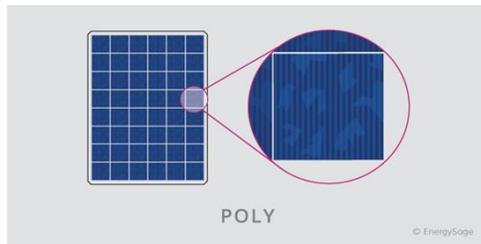
Merupakan panel paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi dan memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.



Gambar 3. Panel Monokristal

2. Polycrystalline / Multicrystalline

Panel ini memiliki level silikon yang lebih rendah dari panel monocrystalline, maka panel ini sedikit lebih murah dan sedikit lebih rendah efisiensinya dari panel monocrystalline. Panel polycrystalline merupakan panel surya (solar cell) yang memiliki susunan kristal acak. Tipe polycrystalline memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.



Gambar 4 Panel Polycrystaliine

3. Film Fotovoltaic

Jenis panel surya (dua lapis) dengan tipisnya struktur lapisan silikon mikrokristalin serta silikon amorf, dan efisiensi modul setinggi 8,5%. Oleh karena itu, luas permukaan yang dibutuhkan per watt daya yang dihasilkan lebih besar dari kristal tunggal dan polikristalin. Inovasi terbaru adalah fotovoltaiik sambungan tiga lapis film tipis (tiga lapis). Panel surya jenis ini dapat bekerja dengan sangat efisien di udara yang sangat mendung, dan dapat menghasilkan listrik hingga 45% lebih banyak daripada jenis panel lain dengan daya yang sama.

H. Faktor – Faktor Pengoperasian Sel Surya

Dalam sistem kerja PLTS terdapat beberapa komponen komponen yang merupakan bagian dari sistem pembangkitan yang bertujuan untuk

memaksimalkan sistem kerja PLTS dalam mengonversikan energi matahari menjadi energi listrik.

1. Temperatur
2. Radiasi Temperature (w/m^2)
3. Kecepatan Angin
4. Atmosfir Bumi
5. Orientasi Panel
6. Sudut Kemiringan Panel Surya (Tilt Angel)

I. Sistem PLTS

PLTS memiliki dua system kerja yang berbeda yaitu system yang tersambung ke jaringan listrik PLN (on-Grid) maupun system PLTS yang berdiri sendiri (off Grid) .

1. PLTS Grid Connection

Sistem PLTS-Grid Connected pada dasarnya adalah menggabungkan PLTS dengan jaringan listrik (PLN) . Komponen utama dalam system ini adalah inverter grid atau Power Conditiong Unit (PCU). Inverter inilah yang berfungsi mengubah daya DC yang dihasilkan oleh PLTS menjadi daya AC sesuai dengan persyaratan dari jaringan listrik yang terhubung.

2. PLTS Off-Grid (Stand Alone)

PLTS off-grid atau PLTS berdiri sendiri (stand-alone), beroperasi tanpa terhubung dengan jaringan PLN. Energi listrik yang dihasilkan di siang hari akan disimpan dalam baterai sebelum digunakan. Ada dua konfigurasi sistem PLTS offgrid yang umum digunakan, yaitu sistem penyambungan AC atau AC-Coupling dan penyambungan DC atau DC-coupling. Sistem AC-coupling menghubungkan rangkaian modul surya dan baterai ke sisi AC melalui inverter jaringan dan inverter baterai. Jika ada kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban, maka kelebihan daya akan dikonversi kembali ke DC oleh inverter baterai dan energi akan disimpan dalam baterai. Sistem DC-coupling menghubungkan rangkaian modaul fotovoltaiik ke sisi DC system PLTS melalui solar change controller.

J. Menentukan Kapasitas PLTS

Dalam perencanaan pembangunan pembangkit listrik tenaga surya memiliki beberapa poin penting yang harus di hitung dan di tentukan untuk menentukan

kapasitas PLTS, selain faktor - faktor pengoperasian yang sudah tertulis di atas yang lebih ke pengaruh PV panel terhadap kondisi lingkungan yaitu, Jumlah Panel Surya yang dibutuhkan, Menentukan Aera Array, Daya Produksi Tertinggi Panel Surya (Watt Peak), Besar Solar Charge Controller, Menentukan Kapasitas Inverter, Arah dan Sudut Kemiringan Panel Surya.

K. Software Helioscope

Software Helioscope merupakan perangkat lunak yang berfungsi merancang sistem fotovoltaik terhadap suatu bangunan. Sistem perangkat lunak dibuat untuk 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). Difungsikan untuk perancangan sistem fotovoltaik, produksi energi dapat di perkirakan dengan penggunaan aplikasi ini dengan menghitung kerugian yang disebabkan oleh cuaca dan iklim. Itu juga dapat menganalisis bayangan, kabel, efisiensi komponen, ketidakcocokan panel dan umur (penuaan) sebagai bentuk rekomendasi tentang komponen dan tata letak. Alat ini menyuguhkan keluaran tahunan, kumpulan data cuaca, rasio kinerja, dan sistem parameter berbeda - beda untuk mendapatkan hasil simulasi (Umar, 2018). Pada Tampilannya menggunakan HelioScope, desainer dimungkinkan memasuki lokasi bangunan yang akan dipelajari serta menghubungkannya real time ke Google Earth, sehingga memudahkan desainer untuk mendesain sistem PLTS pada gedung yang akan diimplementasikan. Kumpulan data dari inverter dan panel surya juga disediakan sehingga desainer dapat selectible dalam menyusun rangkaian PLTS.

L. Komponen – Komponen PLTS

Dalam sistem kerja PLTS terdapat beberapa komponen komponen yang merupakan bagian dari sistem pembangkitan yang bertujuan untuk memaksimalkan sistem kerja PLTS dalam

mengonversikan energi matahari menjadi energi listrik. Yaitu, Panel Surya (Solar Cell), Baterai, Controller Panel Surya, Inverter, dan Lampu/Beban.

III. DATA DAN METODE PENELITIAN

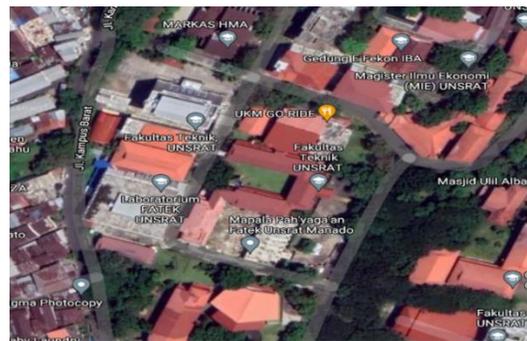
A. Metode Penelitian

- Pengukuran di lapangan menggunakan alat ukur Solar Power Meter dan Digital Anemometer di titik penelitian.
- Pengukuran dan uji coba menggunakan Panel Surya di titik penelitian.
- Software Helioscope sebagai penunjang dalam proses pembuatan Design panel Surya di lokasi penelitian. .

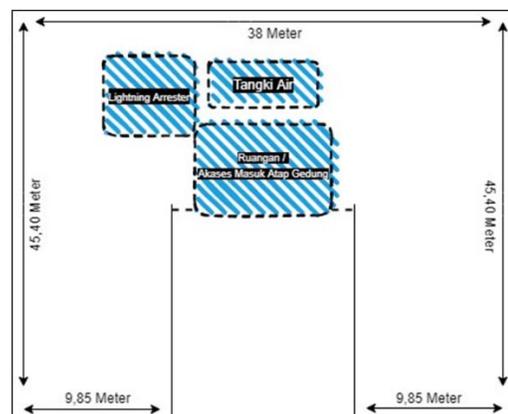
B. Lokasi, Denah, dan Luas Tempat Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan pada Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado . dengan titik pasti sebagai berikut :

Lokasi : Jl. Kampus Barat No. 91 Bahu, Kec. Malalayang, Kota Manado, Latitude : 1.45805 °N (1°27'29"N'), Longitude: 124.82523 °E (124°49'31"E).



Gambar 5 Denah Lokasi Penelitian, Laboratorium Fakultas Teknik



Gambar 6 Luas Lokasi Penelitian

C. Data – Data Penelitian

1. Dalam penelitian ini data yang diambil dari pengukuran intensitas cahaya matahari dengan satuan (W/m^2), temperature ($^{\circ}C$), kecepatan angin (m/s), dan kelembapan (%) menggunakan alat ukur Solar Power Meter dan Anemometer .
2. Pengukuran di lakukan selama 1 bulan per tanggal 12 mei 2021 sampai dengan 24 Juni 2021. Pengukuran di lakukan pada jam tertentu dimana di sesuaikan dengan Jam Puncak Matahari antara puku 09.00 sampai dengan 15.00 (Peak Sun Hour)
3. Pengukuran langsung menggunakan komponen – komponen sederhana PLTS guna untuk melihat besar potensi energi matahari yang bisa di konversikan menjadi energi listrik. Design, penentuan komponen yang akan di gunakan dan Simulasi PLTS Menggunakan Software Helioscope.

IV. HASIL DAN ANALISA PERHITUNGAN

A. Pengukuran Potensi PLTS di Titik Penelitian

Pengukuran potensi pembangkitan energi listrik di titik penelitian terbagi menjadi 3 tahapan, pengukuran menggunakan solar power meter yang di lakukan dalam periode 12 mei 2021 sampai dengan 24 juni 2021, pengukuran langsung menggunakan komponen – komponen sederhana PLTS guna untuk melihat besar potensi energi matahari yang bisa di konversikan menjadi energi listrik, dan pengambilan data irradiasi matahari yang di ambil dari software Helioscope pada periode tahun 2021 .

B. Pengukuran Menggunakan Solar Power Meter

Solar power meter adalah alat yang di gunakan untuk melakukan pengukuran intensitas cahaya matahari di posisi yang akan di tempatkan panel PV dimana satuan atau keluaran yang di ukur dari solar power meter adalah w/m^2

Tabel 1. Hasil Pengukuran Solar Power Meter

Hari / Tanggal	Jam	Cuaca	Irradiasi Matahari (w/m^2)	Panel Orientation / Panel Tilt Angel
Rabu 23 juni 2021	9:00:00	Cerah	1102.8	$10^{\circ}N / 10^{\circ}$
	10:00:00	Cerah	1175	$10^{\circ}N / 10^{\circ}$
	11:00:00	Cerah	1217.9	$10^{\circ}N / 10^{\circ}$
	12:00:00	Cerah	1119.4	$10^{\circ}N / 10^{\circ}$
	13:00:00	Cerah	1030.2	$10^{\circ}N / 10^{\circ}$
	14:00:00	Cerah	1014.4	$10^{\circ}N / 10^{\circ}$
	15:00:00	Cerah	1001.7	$10^{\circ}N / 10^{\circ}$
	16:00:00	Cerah	158.8	$10^{\circ}N / 10^{\circ}$
	17:00:00	Cerah	154.7	$10^{\circ}N / 10^{\circ}$
	17:50:00	Cerah	157.7	$10^{\circ}N / 10^{\circ}$

Tabel di atas adalah pengukuran dengan solar power meter yang di ukur pada rabu 23 juni 2021 , dimana pengukuran di mulai pada jam 9.00 sampai dengan jam terbenam matahari pada hari itu 17.50. Luas titik penelitian di bagi menjadi 2 area dengan luas area 1 yaitu $300,228 m^2$ dan luas area 2 yaitu $448,175 m^2$. Dari tabel di atas dapat di tentukan besar irradiasi matahari per jam pada luas titik penelitian yang sudah di tentukan dengan menggunakan rumus :

$$E_{(wh)} = P_{(w)} \times t_{(h)}$$

- a. Jam 9.00 :

$$E_{(wh)} = 1102,8_{(w)} \times 1_{(h)} = 1102,8_{wh}$$

$$\text{Luas Area 1 : } 300,228 m^2 \times 1102,8 wh = 331.091,438 Wh/m^2$$

$$\text{Luas Area 2 : } 448,175 m^2 \times 1102,8 wh = 494.247,39 Wh/m^2$$

- b. Jam 10.00 :

$$E_{(wh)} = 1175_{(w)} \times 1_{(h)} = 1175_{wh}$$

$$\text{Luas Area 1 : } 300,228 m^2 \times 1175 wh = 352.767,9 Wh/m^2$$

$$\text{Luas Area 2 : } 448,175 m^2 \times 1175 wh = 526.605,625 Wh/m^2$$

- c. Jam 11.00 :

$$E_{(wh)} = 1217,9_{(w)} \times 1_{(h)} = 1217,9_{wh}$$

$$\text{Luas Area 1 : } 300,228 m^2 \times 1217,9 wh = 365.647,681 Wh/m^2$$

$$\text{Luas Area 2 : } 448,175 m^2 \times 1217,9 wh = 545.832,332 Wh/m^2$$

- d. Jam 12.00 :

$$E_{(wh)} = 1119,4_{(w)} \times 1_{(h)} = 1119,4_{wh}$$

$$\text{Luas Area 1 : } 300,228 m^2 \times 1119,4 wh = 336.075,223 Wh/m^2$$

$$\text{Luas Area 2 : } 448,175 m^2 \times 1119,4 wh = 501.683,736 Wh/m^2$$

- e. Jam 13.00 :

$$E_{(wh)} = 1030,2_{(w)} \times 1_{(h)} = 1030,2_{wh}$$

Luas Area 1 : $300,228 \text{ m}^2 \times 1030,2 \text{ wh} = 309.294,885 \text{ Wh/m}^2$

Luas Area 2 : $448,175 \text{ m}^2 \times 1030,2 \text{ wh} = 461.706,885 \text{ Wh/m}^2$

f. Jam 14.00 :

$$E_{(wh)} = 1014,4_{(w)} \times 1_{(h)} = 1014,4_{wh}$$

Luas Area 1 : $300,228 \text{ m}^2 \times 1014,4 \text{ wh} = 304.551,283 \text{ Wh/m}^2$

Luas Area 2 : $448,175 \text{ m}^2 \times 1014,4 \text{ wh} = 454.628,72 \text{ Wh/m}^2$

g. Jam 15.00 :

$$E_{(wh)} = 1001,7_{(w)} \times 1_{(h)} = 1001,7_{wh}$$

Luas Area 1 : $300,228 \text{ m}^2 \times 1001,7 \text{ wh} = 300.738,387 \text{ Wh/m}^2$

Luas Area 2 : $448,175 \text{ m}^2 \times 1001,7 \text{ wh} = 448.936,897 \text{ Wh/m}^2$

h. Jam 16.00 :

$$E_{(wh)} = 158,8_{(w)} \times 1_{(h)} = 158,8_{wh}$$

Luas Area 1 : $300,228 \text{ m}^2 \times 158,8 \text{ wh} = 47.676,206 \text{ Wh/m}^2$

Luas Area 2 : $448,175 \text{ m}^2 \times 158,8 \text{ wh} = 71.170,19 \text{ Wh/m}^2$

i. Jam 17.00 :

$$E_{(wh)} = 154,7_{(w)} \times 1_{(h)} = 154,7_{wh}$$

Luas Area 1 : $300,228 \text{ m}^2 \times 154,7 \text{ wh} = 46.445,271 \text{ Wh/m}^2$

Luas Area 2 : $448,175 \text{ m}^2 \times 154,7 \text{ wh} = 69.332,672 \text{ Wh/m}^2$

j. Jam 17.50 :

$$E_{(wh)} = 157,7_{(w)} \times 1_{(h)} = 157,7_{wh}$$

Luas Area 1 : $300,228 \text{ m}^2 \times 157,7 \text{ wh} = 47.345,955 \text{ Wh/m}^2$

Luas Area 2 : $448,175 \text{ m}^2 \times 157,7 \text{ wh} = 76.985,197 \text{ Wh/m}^2$

C. Pengukuran Langsung Menggunakan Panel Surya

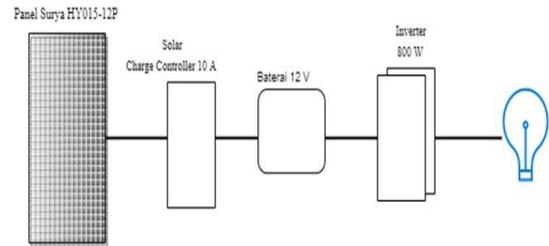
Pengukuran langsung di lakukan untuk menguatkan data data yang sudah di ukur di lokasi penelitian, pada pengukuran ini Peneliti menggunakan beberapa komponen utama dalam pengoperasian PLTS untuk melihat besar energy matahari yang bisa di dihasilkan di lokasi penelitian secara langsung.

Komponen yang di gunakan :

1. Panel Surya HY015-12P (Peak Circuit Voltage 21.7 V)
2. Solar Charge Controller 10 A / Rated Voltage 12/24 V
3. Baterai 12 V
4. Inverter 800 W Nilai laju kegagalan untuk *load point* 2

hingga 28 adalah sama dengan jumlah kegagalan *load point* 1, karena nilai laju kegagalan tiap-tiap trafo diasumsikan sama.

Diagram Pengukuran Langsung :



Gambar 7 Diagram Pengukuran Langsung

Dari pengukuran langsung yang menggunakan Panel surya HY015-12P yang memiliki kapasitas Output / Max Power Voltage (V_{mp}) 17,5 V dan baterai berkapasitas 12 V yang di rangkai dengan rangkaian Paralel, didapat tegangan yang di dihasilkan pada saat baterai di isi penuh adalah 12,6 V dengan menggunakan Solar Charge Controller 10 A, sementara Inverter yang di gunakan adalah inverter 12 DC ke 220 V AC dengan daya maksimal keluaran adalah 800 w.

D. Total energy yang dihasilkan PLTS selama periode Januari sampai dengan Desember 2021

Dilihat dari data radiasi matahari pada periode Januari sampai Desember 2021 yang ada di daerah Sekitar Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Unsrat. Pada gambar dibawah simulasi dari energi yang di produksi oleh panel surya menggunakan radiasi matahari rata-rata (menggunakan software Helioscope).



Gambar 8. Hasil Report Software Helioscope

Dari gambar diatas dapat di ketahui Jumlah

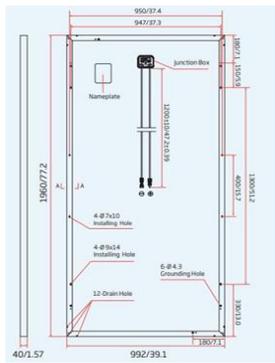
keluaran energy listrik yang bisa di hasilkan pada titik penelitian dalam periode Januari sampai dengan Desember 2021 adalah sebesar 59.910,6 kWh, dengan irradiansi maksimum terdapat pada bulan Juli sebesar 171,1 kWh/m² (GHI) dan terendah sebesar 131,4 kWh.m² (GHI) pada bulan Februari

E. Komponen Utama Rangkaian PLTS yang digunakan dalam design

a. Jenis panel surya yang akan di gunakan

Input (DC)	
Max. array power	36000 Wp STC
Max. DC voltage	1000 V
Rated MPPT voltage range	450 V - 800 V
MPPT operating voltage range	150 V - 1000 V
Min. DC voltage / start voltage	150 V / 188 V
Number of MPP tracker inputs	2
Max. operating input current / per MPP tracker	66 A / 33 A
Max. short circuit current per MPPT / string input	53 A / 53 A

Jenis Panel : Polycrystalline Silicon, Trina Solar TSM – 320PD14 (320W) 0.992m x 1.956m



Gambar 9. Trina Solar TSM – 320PD14 (320W)

Spesifikasi PV Modul :

Tabel 2. Trina Solar TSM – 320PD14 (320W)

Electrical Data STC

Electrical Data STC	
Peak Power Watt Pmax (WP)	320
Power Output Tolerance (W)	0 ~ +5
Maximum Power Voltage Vmp (V)	37,100
Maximum Power Current Imp (A)	8,630
Open Circuit Voltage Voc (V)	45,800
Short Circuit Current Isc (A)	9,100
Module Efficiency Nm (%)	16.5
STC : Irradiance 1000W/m ² , Cell Temperature 25° *Measuring tolerance : ±3%	

Tabel 3. Trina Solar TSM – 320PD14 (320W) Mechanical Data

Mechanical Data	
Solar Cell Type	Polycrystalline Silicon 156 × 156 mm (6 inches)
Modul Dimension	0.992m x 1.956m
Cell Orientation	156.75 × 156.75 mm (6 inches), 72 cells (6 × 12)
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² , 1200 mm
Weight	22.5 Kg
Connector	Trina TS4
Output Terminal Type	Multicontact Connector Type 4

b. Jenis Inverter yang digunakan

Jenis Inverter yang akan di gunakan Sunny Tripower 24000TL-US



Gambar 10. Inverter Sunny Tripower 24000TL-US
Tabel 3.Input (DC) Inverter Sunny Tripower 24000TL-US

Tabel 4. Output (AC) Inverter Sunny Tripower 24000TL-US

Output (AC)	
AC nominal power	24000 W
Max. AC apparent power	24000 VA
Output phases / line connections	3 Phases
Nominal AC voltage	480 / 277 V
AC voltage range	244 V - 305 V
AC grid frequency	60 Hz
Max. output current	29

F. Perhitungan Solar Charge Controller

Berikut spesifikasi solar panel yang di gunakan :

- Pm = 320 wp
- Imp = 8,63
- Isc = 9,15
- Voc = 45,5

Rumus menentukan kapasitas Solar Charge Controller :

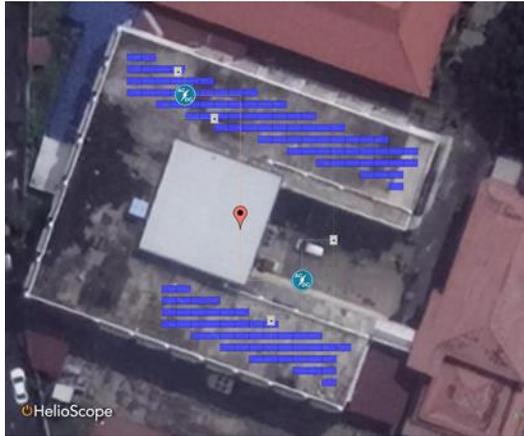
$$I_{(maks)} = I_{(mp)} \times N_{modul}$$

Dimana :

I_{maks} = Kapasitas arus Charge Controller
 I_{mp} = Arus maksimum PV modul
 N_{modul} = Jumlah PV modul yang digunakan
 (N)
 $I_{(maks)} = 8,63 \times 48 = 414,24$

G. Menentukan Penempatan Modul Surya

Pada penelitian ini penempatan modul surya dibagi menjadi dua bagian, Area 1 dan Area 2. Dimana area A memiliki luas 300,228 m² dan Area B memiliki luas 447,19 m². Penentuan banyaknya PV modul sesuai dengan design di bawah ini menggunakan software Helioscope.



Gambar 11. Wiring PV ke Panel Proteksi

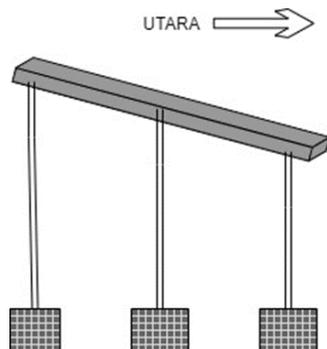
H. Arah dan sudut kemiringan Panel Surya

Pada penelitian ini arah orientasi panel dan titik sudut panel telah di tentukan sebagai berikut :

Panel Orientasi = 10° Utara

Sudut kemiringan Panel (Panel Tilt Angel) = 10°

Gambar 12. Arah dan Sudut Kemiringan panel



I. Luas dan jumlah panel yang dapat di gunakan pada tempat penelitian Area 1 dan Area 2

Luas titik penelitian di bagi menjadi 2 area dengan luas area 1 yaitu 300,228 m² dan luas area 2 yaitu 448,175 m².

Gambar 13. Area 1 Penempatan panel



Luas Area 1

Panjang = 100 ft / 30.48 m

Lebar = 32.3 ft / 9.85 m

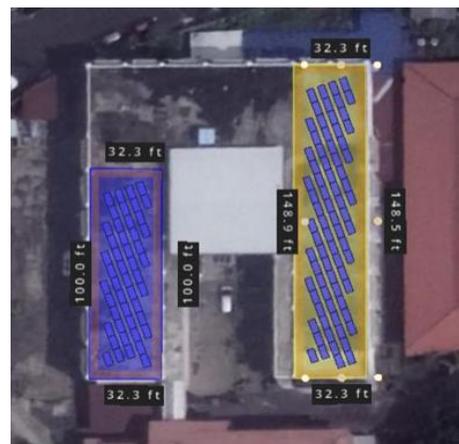
Jarak antar Modul di tiap baris : 0,04ft / 0,101 cm

Jarak baris antar modul : 2 ft / 5,08 cm

Luas area = P×L
 = 30.48 ×9,85
 = 300,228 m²

Jumlah Panel : 48 Modul / 15,4 kWp

Gambar 14. Area 2 Penempatan Panel



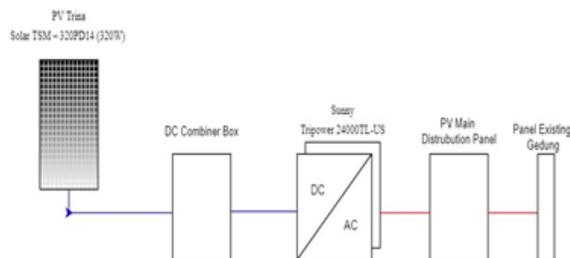
Luas area 2

Panjang = 148,9 ft / m 45,50 m

Lebar = 32.3 ft / 9.85 m
 Jarak antar Modul di tiap baris : 0,04ft / 0,101 cm
 Jarak baris antar modul : 2 ft / 5,08 cm
 Luas area = $P \times L$
 = $45,50 \times 9,85$
 = 448.175 m²
 Jumlah Panel : 77 Modul / 24,6 kWp

J. Blok Diagram Design Helioscope

Gambar 15. Blok Diagram



Pada siang hari, radiasi matahari ditangkap oleh modul surya untuk dikonversi hingga jadi energi listrik. Energi listrik dari rangkaian modul surya disalurkan menuju DC protection box. Dari DC protection box, disalurkan menuju inverter, input listrik DC dirubah menjadi output AC oleh inverter. Energi listrik keluaran dari inverter disalurkan menuju AC protection dan kwh meter yang kemudian disalurkan ke panel distribusi.

K. Output Yang di Hasilkan PLTS

Tabel 5. Output PLTS

	Tilt (°)	Panel Orientatiion (°N)	Name Plate PV (kWp)	AC Energy (mWh)	Module
Area 1	10	10	15.4	23	48
Area 2	10	10	24.6	36.9	77
Total Weigth , by kWp	10	10	40	59.9	125

Berdasarkan tabel di atas jumlah AC energi yang dapat di hasilkan dari design Panel surya yang telah di ukur dari 125 Modul adalah 59,9 mWh.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan tentang Potensi Pengembangan PLTS di Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Sistem PLTS yang digunakan adalah sistem PLTS On Grid pada atap Gedung (Roof Top) dengan menggunakan software Helioscope berkapasitas total 40 kWp di gedung Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.
- Luas PV area yang di rancang dalam perencanaan ini terbagi dua yaitu area 1 sebesar 300,228 m² dan Area 2 sebesar 448.175 m² dengan jumlah modul yang di design adalah sebanyak 125 module untuk kedua area yang di orientasikan ke arah utara 10 ° dengan kemiringan panel 10°, sementara daya yang diperkirakan dapat dibangkitkan PLTS sesuai design adalah 59,9 mWh .

B. Saran

- Dalam pemasangan modul surya disarankan mencari tempat yang tidak terkena bayangan (shadding) agar kinerja PLTS tidak terganggu
- Untuk penelitian selanjutnya perlu dianalisa soal biaya investasi awal supaya diketahui total biaya yang digunakan untuk membuat PLTS di tempat penelitian
- Untuk pengerjaan awal PLTS perlu dicari harga komponen PLTS yang ekonomis dan berkualitas tinggi agar didapati performance ratio yang lebih tinggi dan juga didapati hasil output yang diinginkan lebih besar dibandingkan dengan komponen - komponen yang sudah penulis uraikan

DAFTAR PUSTAKA

- a) Dubey, S., & Tiwari, G. N. (2010). Energy and exergy analysis of hybrid photovoltaic/thermal solar water heater considering with and without withdrawal from tank. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 2(4), 043106. <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.3464754>
- b) Goetzberger, A., & Hoffmann, V. U. (2005). *Photovoltaic solar energy generation* (Vol. 112). Springer Science & Business Media. https://www.researchgate.net/publication/43184988_Photovoltaic_Solar_Energy_Generation
- c) Hanif, Muhammad. 2012. "Studying Power Output of PV Solar Panels at Different Temperatures and Tilt Angel". Khyber Pakhtunkhwa Agricultural University, Peshawar, Pakistan. https://www.researchgate.net/publication/258705716_Studying_Power_Output_of_PV_Solar_Panels_at_Different_Temperatures_and_Tilt_Angles
- d) Ramadhan, S. G., & Rangkuti, C. (2016, August). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti. In *Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan* . <https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/semnas/article/view/905>
- e) Imawan, R., Kirom, M. R., & Ajiwiguna, T. A. (2019). Analisis Performansi Sistem Tandem Panel Surya-termoelektrik Skala Lab. *eProceedings of Engineering*, 6(2). Sun peak <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/9591>



Virgiano Mamangkey lahir pada 17 Oktober 1998 di Manado 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 di PLTP lahendong Unit 1 dan 2 pada bulan Mei-Juli tahun 2019. Penulis selesai menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado pada tahun 2021, dengan judul penelitian yaitu Potensi Pengembangan PLTS di Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.