

Analisis dan Monitoring Utilitas Daya PLTS 618.9 kWp Terhadap Potensi Iradiansi Matahari di Universitas HKBP Nommensen Medan

Ir. Jonner Manihuruk, S.T., M.T., I.P.M., ASEAN Eng¹⁾, Yosua Anugerah Simbolon²⁾

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas HKBP Nommensen

email : jonner.manihuruk@uhn.ac.id

Abstract

One type of renewable energy that has been widely implemented is photovoltaic. This is because photovoltaics are an environmentally friendly energy source and are quite easy to implement. In principle, by converting sunlight energy into electrical energy, photovoltaics are a renewable energy source with low emissions. Until now, the sun is a very suitable new energy source in Indonesia because it is located on the equator and has a long dry season, for the HKBP Nommensen University PLTS itself, the average daily irradiance value during August 2023 was found to be 578.5 W/m² and the potential electrical power resulting from analytical calculations is 261.6 kW. From the results of this research, it was also found that the 618.9 kWp PLTS power utility ratio at HKBP Nommensen University can be considered still very good and efficient because it can reach 98.09% which was found on August 15 2023 and the value is compatible with steady state conditions in the range 2%. It was also found that the power utility value of daily irradiance was better than the monitoring power utility, the peak value of Ut 1 was in the range of 58.17% while for the peak utility of Ut 2 was in the range of 43.9%. This value can be used as a parameter to indicate that at the UHN Medan PLTS there are still processing and power usage problems both technically and systematically.

Keywords : irradiance, power utility, monitoring and power potential

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Intensitas radiasi matahari di Indonesia mencapai 48 kWh/m² per hari di seluruh wilayahnya oleh karena itu di UHN Medan telah dibangun PLTS guna memanfaatkan potensi energi matahari yang ada di Indonesia untuk menghasilkan Listrik yang akan digunakan untuk kebutuhan proses belajar mengajar di UHN, maka perlu dilakukan monitoring terhadap daya dan energy yang dihasilkan PLTS UHN Medan.



Gambar 1. PLTS UHN Medan

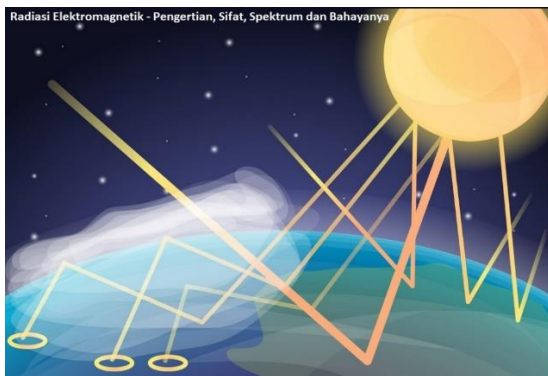
Di Kampus Universitas Nommensen HKBP Medan terdapat 1146 Solar Cell dimana pada gedung I terdapat 580 solar cell ,gedung L terdapat 242 solar cell dan pada Fakultas Kedokteran terdapat 324 solar cell dengan spesifikasi yang dapat menyerap daya sebesar 520Wp sehingga total daya yang dapat dihasilkan adalah 595.920 Wp , untuk mengelola daya tersebut UHN menggunakan inverter dimana pada power house 1 UHN terdapat 3 inverter ;100KTL , 100KTL , 60KTL yang bekerja 12 jam setiap harinya dari sejak terbit matahari sampai terbenamnya. PLTS menghasilkan daya rata rata sebesar 174,328 KW, dengan besar iradiansi rata rata setiap hari adalah 587,505 W/m². PH-1 tersambung parallel dengan 3 transformator distribusi 197 KVA, masing-masing PLTS memiliki kapasitas 160 KW, 100 KW dan 100 KW.

LANDASAN TEORI

1) Iradiansi Matahari

Iradiansi matahari adalah pancaran gelombang surya yang berbentuk sinar UV (ultra-violet) dan bersifat elektromagnetik serta menghasilkan radiasi yang memiliki kecepatan

rambat gelombang berkisar 300.000 Km/s dengan waktu tempuh menuju bumi sekitar delapan menit 20 detik. Intensitas radiasi matahari adalah besar kecilnya sudut datang sinar matahari pada permukaan bumi dan jumlah yang diterima berbanding lurus dengan besarnya sudut datang dengan total energi radiasi matahari secara global berkisar 1353 Wh/m² untuk persentase penyerapan nya ke bumi berada di angka 51%. Sebagaimana diketahui Indonesia terletak di garis khatulistiwa, sehingga Indonesia mempunyai sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata-rata sekitar 4.8 KWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia.



Gambar 2. Pancaran radiasi matahari menuju bumi

2) Solar Cell

Solar cell adalah pembangkit listrik yang mampu mengkonversi sinar matahari menjadi arus listrik. Energi matahari pada faktanya menjadi suatu sumber energi yang paling menjanjikan dibandingkan dengan energi yang lainnya, satu-satunya alasan hal ini diungkapkan karena sampai saat ini sifat energi matahari berkelanjutan (*sustainable*) serta jumlahnya tidak terbatas. Perubahan bentuk energi ini disebut efek fotovoltaik.



Gambar 3. modul sel surya

Bidang riset berhubungan dengan sel surya dikenal sebagai fotovoltaik. Energi matahari. Sel surya memiliki banyak aplikasi. Mereka terutama cocok untuk digunakan bila tenaga listrik dari grid tidak tersedia, seperti di wilayah terpencil, satelit pengorbit bumi, kalkulator genggam, pompa air, dll. Sel surya (dalam bentuk modul atau panel surya) dapat dipasang di atap gedung di mana mereka berhubungan dengan inverter ke grid listrik dalam sebuah pengaturan net metering.

Prinsip Kerja Sel Surya (*Solar Cell*)

Sel surya bekerja berdasarkan efek fotoelektrik yang dimana bahan semikonduktor mengubah energy cahaya menjadi energy listrik. Berdasarkan teori Maxwell menyebutkan cahaya yang di anggap sebagai spectrum gelombang electromagnetic dengan panjang gelombang berbeda yang menandakan bahwa cahaya merupakan partikel diskrit atau quanta energy sehingga dapat di jabarkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$E = h \cdot f = h \cdot c / \lambda \quad (1)$$

Dimana

E = Medan Listrik (Volt)

h = Konstanta Planck ($6,625 \times 10^{-34} Js$)

f = Frekuensi (Hz)

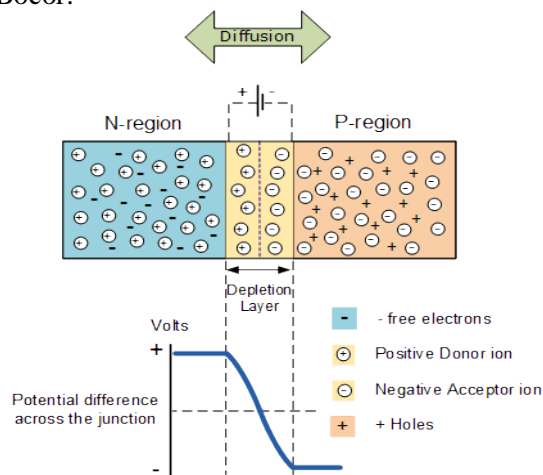
c = Kecepatan cahaya ($3 \times 10^8 m/s$)

λ = Panjang gelombang (m)

Pada Persamaan 1 menjelaskan bahwa sifat cahaya merupakan energy yang diterapkan pada sel surya yang tergabung dalam foton foton. Namun, seiring berjalannya waktu tidak penjelasan mengenai sifat fotoelektrik tersebut tetapi perkembangannya material yang dipakai yaitu semikonduktor, terutama silicon. Material ini dapat bersifat insulator pada temperatur rendah, dan juga sebagai konduktor bila tersedia energy

Prinsip kerja Semikonduktor sebagai sel surya hampir sama dengan dioda sebagai pn-junction. pn-junction merupakan gabungan antara dioda jenis P dan dioda N yang di peroleh dengan cara pencampuran pada silicon murni. Pada diode ini juga sel surya membentuk selective contact yang dimana mengumpulkan beberapa electron tersebut pada pita konduksi. elektron yang bergerak inilah yang disebut sebagai arus listrik. Dan pada saat penggabungan dengan silicon tersebut dioda P terbentuk sebuah hole (muatan positif) dan dioda N (muatan negatif) sehingga dapat disebut kondisi panjar maju

Dalam hal ini Kondisi panjar maju merupakan dimana Dioda jenis P membawa neutron yang mayoritas, sedangkan elektron yang minoritas dengan cara menghubungkan diode pn-junction ke baterai muatan positif dan Dioda jenis N di hubungkan ke baterai muatan negative, sehingga membentuk arus yang melewati pn-junction. Begitu juga sebaliknya apabila Kondisi panjar mundur merupakan dimana Dioda jenis N membawa electron yang mayoritas, sedangkan neutron yang minoritas dengan menghubungkan ke diode pn-junction ke baterai muatan Positif dan Dioda jenis P di hubungkan ke baterai muatan negative, sehingga tidak dapat mengalir arus yang melewati pn-junction. Namun, adanya arus yang sangat kecil masih dapat mengalir yang disebut dengan Arus Bocor.



Gambar 4. P-N Junction

Pada dasarnya prinsip kerja dari *Solar Cell*/Sel Surya terjadi ketika cahaya matahari mengenai sel, maka sebagian dari cahaya tersebut diserap oleh bahan semikonduktor tersebut. Energi yang diserap tersebut membuat elektron menjadi menjauh dan menyebabkan elektron menjadi bebas bergerak. PV cells juga mempunyai satu atau lebih medan listrik yang memaksa elektron untuk bergerak dengan arah tertentu. Aliran elektron ini merupakan arus listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh satu sel surya sangat kecil, maka beberapa sel surya harus digabungkan sehingga terbentuklah satuan komponen yang disebut *module*. Jika ada elektron bebas yang sifatnya negatif, maka bisa menjadi pendonor elektron atau disebut dengan semikonduktor tipe “n”. Dan untuk semikonduktor dengan hole bermuatan positif akan menjadi penerima elektron atau semikonduktor

tipe “p”. Antara daerah positif dan negatif itulah bisa memunculkan energi yang kemudian mendorong elektron dan hole menjadi berlawanan. Di mana elektron akan jauh dari daerah negatif dan hole akan jauh dari daerah positif

3. Inverter

Inverter adalah salah satu komponen terpenting dan paling kompleks dari sistem independen. Meski Anda tidak harus selalu memahami cara kerja bagian dalam inverter, namun Anda harus memahami beberapa fungsi, kemampuan, dan batasan dasar dari komponen ini. Sistem tenaga listrik independen adalah sistem yang terlepas dari jaringan utilitas listrik. Sistem seperti itu bervariasi ukurannya dari lampu halaman kecil hingga rumah-rumah di lokasi terpencil, desa, taman nasional, fasilitas medis, dan militer. Mereka juga mencakup sistem cadangan seluler, portabel, dan darurat.

Komponen umum dari sistem tersebut adalah baterai penyimpanan, yang menyerap dan melepaskan daya dalam bentuk arus searah (DC). Sebaliknya, jaringan utilitas menyuplai konsumen dengan daya arus bolak-balik (AC). AC adalah bentuk standar kelistrikan untuk segala sesuatu yang "dihubungkan" ke sumber listrik (lebih praktis untuk transmisi jarak jauh). *Inverter* mengubah DC ke AC, dan juga mengubah tegangan. Dengan kata lain, ini adalah adaptor daya. Ini dapat memungkinkan sistem daya independen berbasis baterai untuk menjalankan peralatan konvensional melalui kabel rumah konvensional.

Fungsi utama *inverter* adalah untuk mengubah daya Arus Searah (DC) menjadi arus bolak-balik standar (AC) seperti yang dilansir dari *SF Gate*. Ini dikarenakan AC adalah daya yang dipasok ke industri dan rumah oleh jaringan listrik utama atau utilitas publik, baterai sistem tenaga bolak-balik hanya menyimpan daya DC. Selain itu, hampir semua peralatan rumah tangga dan perlengkapan serta peralatan listrik lainnya hanya bergantung pada daya AC untuk bekerja. Ukuran *inverter* berkisar dari serendah 100W, hingga lebih dari 5000W. Peringkat ini merupakan indikasi kapasitas *inverter* dapat secara bersamaan dan terus menerus memberi daya pada peralatan atau perkakas dengan watt tinggi atau kombinasi dari beberapa unit item semacam itu.

4. Solar Power Meter

Solar power meter adalah sebuah alat untuk menguji, mengukur intensitas energi surya. Energi surya sendiri merupakan energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui perangkat lain menjadi sumber daya energi dalam bentuk lain. Energi surya sendiri menjadi salah satu sumber daya energi selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi. Teknik pemanfaatan energi matahari mulai muncul pada tahun 1839, ditemukan oleh *A.C. Becquerel*. Dimana beliau menggunakan kristal silikon untuk mengkonversi radiasi matahari, namun sampai tahun 1955 metode itu belum banyak dikembangkan. Selama kurun waktu lebih dari satu abad itu, sumber energi yang banyak digunakan adalah minyak bumi dan batu bara, seiring waktu kebutuhan akan sumber daya energi makin meningkat maka dibutuhkan alternatif sumber energi selain yang sudah ada. Perangkat alat uji *Solar Power* meter adalah inovasi dalam industri test & measurement sebagai alat ukur untuk tenaga matahari ini atau perangkat solar cell.

5. AC Combiner

Combiner Box adalah komponen yang penting pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) karena Combiner Box melindungi PLTS dari gangguan-gangguan yang dapat merusak komponen lainnya di dalam sistem PLTS. Fungsi utama dari Combiner Box adalah untuk menggabungkan beberapa string panel surya menjadi satu output yang lalu dihubungkan ke Inverter

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di lingkungan sekitar Kampus Universitas HKBP Nomensen Medan terutama difokuskan di daerah lapangan bendera, atap gedung I dan L dan ruang Power House 1 PLTS. Kegiatan Penelitian dilakukan mulai Bulan Mei s.d. Agustus 2023

Metode Pengumpulan Data

Adapun data yang digunakan pada penelitian adalah data primer yang diperoleh dari pengamatan secara langsung yang dilakukan oleh peneliti. Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode yaitu :

a) Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan cara mengambil bahan-bahan dari kajian literatur untuk mendapatkan informasi yang mendukung dengan permasalahan yang dibahas. Dari studi pustaka ini peneliti memperoleh data apa saja yang diperlukan dalam penelitian yang dilakukan

b) Observasi

Metode Observasi dilakukan dengan melihat secara langsung PLTS Atap UHN dan peralatan Kontrolnya, hingga proses pengoperasian dan pengawasannya secara rinci.

c) Survey

Survey dilakukan untuk menetapkan lokasi dan waktu pengambilan data yang dilakukan secara berkala dan teratur dalam jangka atau kurun waktu tertentu. Dalam penelitian ini pengambilan data dilakukan setiap 15 menit sekali atau data setiap hari nya selama 1 bulan

d) Pengambilan Data dan Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan untuk mengambil gambar lingkungan kerja dan kegiatan saat survey dan pengambilan data-data yang diperlukan untuk dianalisa.

e) Menganalisa Hasil Data Survey

Data hasil pengukuran yang didapatkan selama masa survey dihitung dan dianalisa menggunakan rumus dan teori untuk menghasilkan hasil yang diinginkan

f) Pengambilan Kesimpulan dari Hasil Analisa
Dari hasil Analisa digunakan sebagai penilaian untuk membuat hasil akhir atau kesimpulan dari masalah yang ada

Spesifikasi Modul Surya

Modul surya yang digunakan selama penelitian ini adalah dengan type JAM72S30-540/MR JA dengan spesifikasi :

- *Dimension (Volume/mm³)* : 2278 x 1134 x 30
- *Wide (mm²/m²)* : 2583,2 / 2,58
- *Maksimum Power (P_{max}/W)* : 540
- *Open Circuit Voltage (V_{oc}/v)* : 49,60
- *Short Circuit Current (I_{sc}/A)* : 13,86
- *Voltage at Max Power (V_{mp}/v)*: 41,64
- *Current at Max Power (I_{mp}/A)*: 12,97
- *Efficiency (%)* : 21
- *Power Selection (W)* : 0± 5



Gambar 5. Modul Type JAM72S30-540/MR

Spesifikasi Inverter

Model Inverter yang digunakan dalam riset ini adalah Inverter 100 KTL dengan spesifikasi :

- *d.c. Max Input Voltage* : 1100 Vdc
 - *d.c Max Input Current* : 10×26A
 - *isc* : 10 x 40 A
 - *d.c. MPPT Range* : 200-1000 Vdc
 - *d.c Output Nominal Voltage* : 380 / 400 Vac; 3(N) 480 Vac ; 3
 - *a.c Nominal Operating Frequency* : 50/60 Hz
 - *a.c Output Rated power* : 100 kw
 - *a.c Output Max Apparent power*: 110 k.VA
 - *a.c Output Max. Current* : 168.8A ; 380 Vac 160.4 A ; 400 Vac 133.7A ; 400 Vac
 - *Operating Temperature range* : -25 - +60°C
- Inverter 60 KTL**
- *d.c. Max Input Voltage* : 1100 Vdc
 - *d.c Max Input Current* : 22A /22A /22A /22A /22A /22A
 - *isc* : 30A/ 30A/ 30A /30A /30A /30A
 - *d.c. MPPT Range* : 200-1000 Vdc
 - *d.c Output Nominal Voltage* : 380 / 400 Vac ; 3(N) 480 Vac ; 3
 - *a.c Nominal Operating Frequency* : 50/60 Hz
 - *a.c Output Rated power* : 60 kw
 - *a.c Output Max Apparent power*: 66 k.VA
 - *a.c Output Max. Current* : 100A; 380Vac /95.3A; 400Vac/79.4A; 480Vac
 - *Operating Temperature range* : -25 - +60°C



Gambar 6. Inverter 100 KTL di power house

Spesifikasi Solar Power Meter

Solar power meter yang digunakan untuk mengukur daya iradians sinar matahari adalah type SM 206 dengan spesifikasi :

- *Resolusi* : 0.1W / M², 0.1Btu / (ft²-h)
- *Kisaran Kesalahan*: ± 10W / M²; ± 3Btu / (ft²-h) atau ± 5% dari nilai yang diukur
- *error Suhu*: ± 0.38W / M² / °C; ± 0.12Btu / (ft²-h) / °C; deviasi pada 25 ° C
- *Tampilan* : 3-3 / 4 layar LCD, maksimum ditampilkan nilai numerik 3999
- *Shift*: <± 3% / tahun
- *Display Overload* “OL”
- *Rentang* : 0,1-399,9 W / M², 1-3999 W / M², 0,1-399,9 Btu / (ft²-h), 1-3999 Btu / (ft²-h)
- *Waktu Sampling*: 0,5 detik
- *Pengoperasian pada suhu dan kelembaban*: 0 ° C hingga 50 ° C; <80% RH
- *Suhu penyimpanan dan kelembaban*: -10 ° C hingga 60 ° C; <70% RH
- *Dimensi dan berat*: 132 x 60 x 38mm
- *Berat* : approx. 150 g
- *Baterai dibutuhkan untuk pengoperasian* : baterai 9V



Gambar 7. Solar Power Meter

Panel Box Listrik

Panel Box Listrik yang digunakan di dalam Power House PLTS UHN dilengkapi peralatan ukur dan kendali yaitu :

- *Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)*
- *Miniature Circuit Board (MCB)*
- *Residual Current Device (RCD)*
- *Surge Arrester*
- Kabel untuk Netral (warna biru muda)
- Kabel untuk Fase (warna merah, kuning, hitam)
- Kabel untuk Ground (warna hijau atau kuning)
- *Grounding*
- *Current Transformer (CT)*



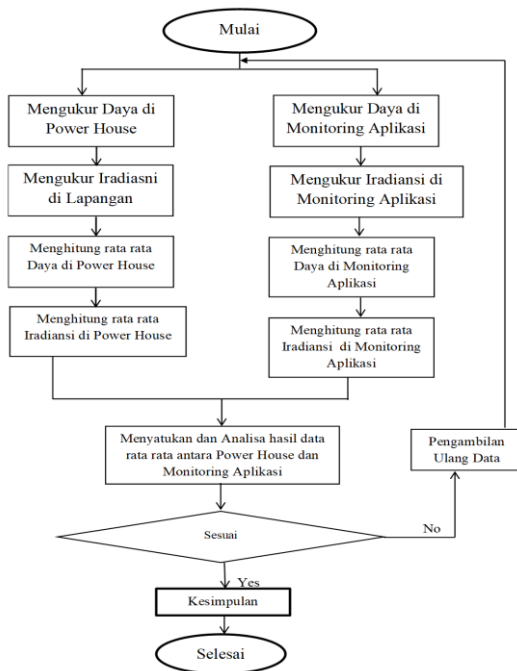
Gambar 8. Panel Box Listrik riset

Data Daya di tanggal 15 Agustus 2023

Tabel 1. Data Daya (KW) pada tanggal 15 Agustus 2023

No.	Jam	Inverter 1			Inverter 2			Inverter 3			Total
1	08:00	6	7	7	8	8	8	13	14	14	85
2	08:30	10	11	11	12	12	12	16	17	17	118
3	09:00	13	14	14	14	15	15	18	18	18	138
4	09:30	16	17	17	16	17	17	18	18	17	153
5	10:00	19	18	18	16	17	17	19	20	19	164
6	10:30	19	19	19	17	17	17	22	22	21	174
7	11:00	28	28	27	28	28	28	39	40	40	284
8	11:30	30	30	30	30	30	30	32	43	42	309
9	12:00	31	30	30	29	29	29	42	43	42	306
10	12:30	10	10	10	10	11	15	14	15	106	
11	13:00	32	31	31	35	35	35	48	47	47	341
12	13:30	25	25	26	33	33	34	51	51	51	330
13	14:00	25	26	25	33	33	34	51	51	51	328
14	14:30	10	10	10	10	11	11	15	16	15	109
15	15:00	30	30	30	29	39	39	44	45	44	313
16	15:30	13	13	13	16	16	17	26	26	26	166
17	16:00	12	12	12	13	13	13	20	20	21	138
18	16:30	10	11	11	11	10	10	16	16	17	112
19	17:00	8	9	8	9	9	8	19	18	18	106

Diagram Alir Langkah Kerja



Gambar 9. Diagram Alir Langkah Kerja Pengambilan Data

Tabel 2. Monitoring Daya di Aplikasi pada tanggal 15 Agustus 2023

WAKTU	DAYA TOTAL (KW)
08.00	80
08.30	108
09.00	120
09.30	140
10.00	164
10.30	174
11.00	284
11.30	309
12.00	306
12.30	106
13.00	341
13.30	330
14.00	328
14.30	109
15.00	313
15.30	150
16.00	130
16.30	111
17.00	105
RATA-RATA DAYA	195,15
TOTAL DAYA	3708

Berdasarkan data dari tabel di atas dapat di ambil hasil sebagai berikut :

Rata rata daya yang dihasilkan pada tanggal 15 agustus 2023 dari power house satu pada aplikasi fussion solar sebesar 198,9 KW dan memiliki daya total sebesar 3.780 KW sedangkan rata rata daya yang terdapat di monitoring sebesar 195,1 dan memiliki total daya 3.708 bisa dilihat dan perbandingan hasil daya monitoring langsung dengan cara manual dengan daya dari aplikasi fusion solar adalah sebesar :

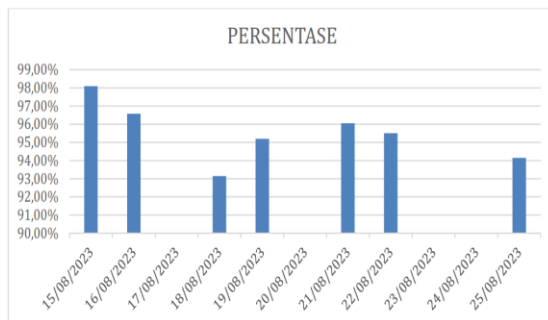
$$\frac{3708}{3780} * 100\% = 98.09\%$$

Artinya akurasi data monitoring langsung dapat dibenarkan, karena perbedaannya dalam batas steady state sebesar 2 %.

Dengan cara yang sama dilakukan pengambilan data untuk Tanggal 16, 18, 19, 21, 22, dan 25 Agustus 2023. Setelah menganalisa data tersebut diperoleh nilai Perbandingan Utilitas Daya Monitoring Fusion dan Manual untuk setiap tanggal pengukuran sebagai berikut:

- 1) 15 Agustus 2023 = 98,09%
- 2) 16 Agustus 2023 = 96,57%
- 3) 18 Agustus 2023 = 93,14%
- 4) 19 Agustus 2023 = 95,19%
- 5) 21 Agustus 2023 = 96,05%
- 6) 22 Agustus 2023 = 95,5%
- 7) 25 Agustus 2023 = 94,14%

Dengan grafik, data hasil perhitungan ini digambarkan pada gambar 10



Gambar 10. Grafik Ratio Perbandingan Daya Dalam Porsen

Bisa dilihat dari hasil analisis bahwa utilitas daya di PLTS 618,9 kWp Universitas HKBP Nommensen masih terbilang bagus dan dengan data di atas berada di kisaran 90% dan juga analisa ratio daya yang benar adanya dalam kondisi steady state hanya terdapat di tanggal 15 agustus 2023 dan selebihnya sebatas hanya mendekati kondisi steady state dimana kondisi steady state sendiri berada di ambang batas 2%.

Data Pengukuran Iradiansi Monitoring

Pengambilan data iradiansi matahari diambil dari pukul 08.00 WIB sampai dengan pukul 17.00 WIB. Berikut hasil dari analisis data monitoring iradiansi matahari di PLTS 618,9 KWp Universitas HKBP Nommensen selama seminggu :

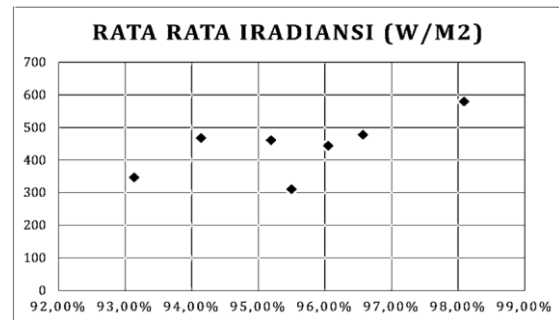
- 1) 15 Agustus 2023 = 579,99 W/m²
- 2) 16 Agustus 2023 = 477,94 W/m²
- 3) 18 Agustus 2023 = 346,86 W/m²
- 4) 19 Agustus 2023 = 460,87 W/m²

$$5) 21 Agustus 2023 = 344,31 \text{ W/m}^2$$

$$6) 22 Agustus 2023 = 310,77 \text{ W/m}^2$$

$$7) 25 Agustus 2023 = 467,73 \text{ W/m}^2$$

Dengan grafik, data hasil perhitungan ini digambarkan pada gambar 11



Gambar 11. Grafik Ratio Perbandingan Persentase Daya Dengan Iradiansi Matahari

Perhitungan & Perbandingan Utilitas Daya

Setelah data daya dan data iradiansi di dapatkan maka secara teori kita bisa memprediksikan atau mencari tahu besaran Utilitas daya terhadap intensitas iradiansi matahari yang dihasilkan di sekitaran lokasi PLTS Universitas HKBP Nommensen dengan menganalisis dan menghitung data iradiansi rata rata harian dan mengakumulasi dengan perhitungan terhadap dimensi modul surya dalam efisiensinya (540 Wp / 21%), Jumlah modul surya di sektor PLTS 1 (Gedung I & L) adalah 822 buah modul surya dari 1146 total keseluruhan. Kemudian total jumlah semua modul surya yang terkait dikalikan dengan dimensi luas modul surya itu sendiri, setelah mendapat hasil total dimensi luas modul surya maka dilanjutkan dengan mengkalikannya dengan setiap nilai data iradiansi rata rata harian. Selanjutnya data dikali persentase efisiensi modul surya berdasarkan spesifikasinya untuk mendapatkan data tujuan akhir berupa utilitas daya terhadap potensi intensitas iradiansi matahari, digunakan rumus:

$$(\text{Jumlah Modul Surya}) \times (\text{Iradiansi rata-rata}) \times (\text{Luas Modul Surya}) \times (\text{Efisiensi Modul surya})$$

Dimana :

Iradiansi rata – rata : (W/m²)

Luas Modul Surya : 2583,2/2,58 (mm²/m²)

Efisiensi Modul Surya : 21 %

Jumlah Modul Surya : 822 buah

Daya Modul Surya : 540 W

Dengan rumus tersebut bisa di cari nilai Utilitas daya terhadap potensi iradiansi matahari berdasarkan nilai Iradiansi rata-rata per hari. Sebagai sampel perhitungan diambil data di tanggal 15 Agustus 2023.

- Daya berdasarkan iradiansi per hari
 $= 822 \times 579,9 \text{ W/m}^2 \times 25,8 \text{ W/m}^2 \times 21\%$
 $= 258,2 \text{ KW}$
- Daya berdasarkan spesifikasi modul surya
 $= 822 \times 540 \text{ W} = 443,8 \text{ KW}$

Maka utilitas daya yang didapat terhadap iradiansi hariannya (Ut1) adalah :

$$Ut1 = \frac{258,2}{443,8} * 100\% = 58,17\%$$

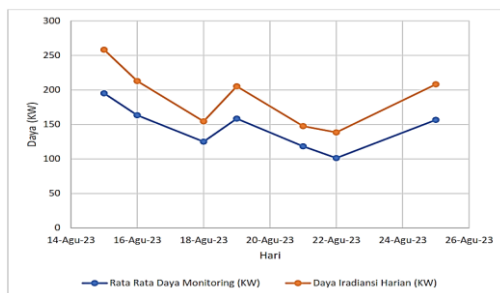
Sedangkan utilitas daya yang didapat terhadap daya monitoring (Ut2), daya diambil dari data rata-rata daya monitoring setiap hari.

$$Ut2 = \frac{195,15}{443,8} * 100\% = 43,9\%$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan utilitas daya setiap hari yang telah dijadwal. Hasil utilitas daya yang diperoleh dibandingkan terhadap iradiansi hariannya (Ut 1) dan utilitas daya yang diperoleh dibandingkan terhadap daya monitoring (Ut 2) serta perbandingan terhadap kedua utilitas tersebut. Hasilnya bisa dilihat dari tabel 3.

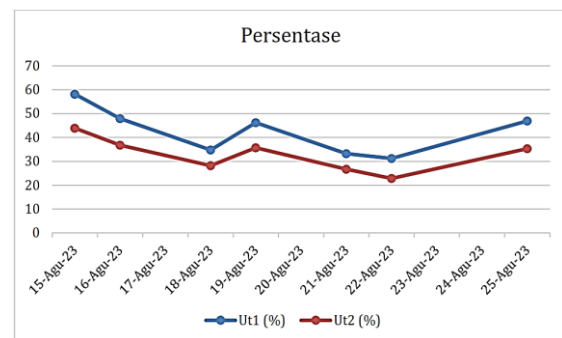
Tabel 3. Hasil Perhitungan Daya Monitoring Dan Iradiansi terhadap Utilitasnya

Hari	Rata-Rata Daya Monitoring (kW)	Daya Iradiansi Harian (kW)	Ut1 (%)	Ut2 (%)
15/08/2023	195,1	258,20	58,17	43,9
16/08/2023	163,31	212,80	47,94	36,79
18/08/2023	125,1	154,4	34,79	28,18
19/08/2023	158,42	205,2	46,23	35,69
21/08/2023	118,42	147,6	33,25	26,68
22/08/2023	101,3	138,5	31,2	22,82
25/08/2023	156,68	208,2	46,91	35,3



Gambar 12. Grafik Perbandingan Daya Iradiansi Dan Daya Monitoring

Bisa dilihat dari grafik pada gambar 12 di atas bahwa terjadi perbedaan output daya baik secara perhitungan iradiansi hariannya dan monitoring daya di PLTS UHN Medan terhadap daya spesifikasi modul surya 540 W dimana perhitungan dari daya iradiansi hariannya lebih tinggi dari pada daya monitoring dayanya.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Persentase Ut1 dan Ut2

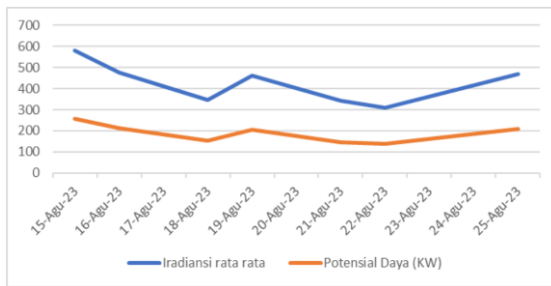
Bisa dilihat dan dipastikan dari utilitas daya yang didapat terhadap iradiansi hariannya (Ut 1) dan utilitas daya yang didapat terhadap daya monitoring (Ut 2) bahwa nilai utilitas daya yang didapat terhadap iradiansi hariannya (Ut 1) lebih tinggi nilai dan grafik perbandingannya dari pada ini utilitas daya yang didapat terhadap daya monitoring (Ut 2). Karena utilitas puncak Ut 1 berada di kisaran 58,17 % sedangkan untuk utilitas puncak Ut 2 berada di kisaran 43,9 % artinya secara utilitas daya nilai dari iradiansi lebih baik.

Data Hasil Potensial Daya Dan Perbandingan Pengukuran

Data hasil potensial dayanya di ambil juga dari perhitungan sebelumnya dan menghasilkan perbandingan dalam bentuk tabel dan grafik seperti berikut ini.

Tabel 4. Tabel Perhitungan Daya Potensial Dengan Iradiansi Rata-Rata Harian

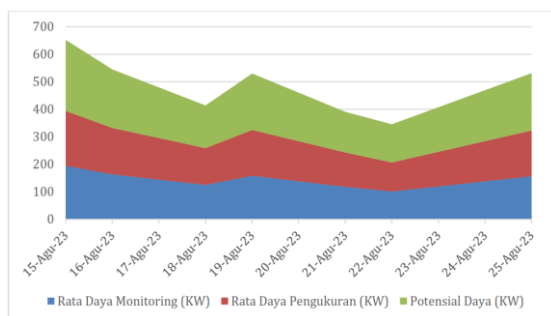
Hari	Jumlah Modul Surya	Iradiansi Rata-Rata (W/m ²)	Luas Modul Surya	Potensial Daya (kW)
15/08/2023	822	579,9	2,58	258,2
16/08/2023	822	477,94	2,58	212,8
18/08/2023	822	346,86	2,58	154,4
19/08/2023	822	460,87	2,58	205,2
21/08/2023	822	344,31	2,58	147,6
22/08/2023	822	310,77	2,58	138,5
25/08/2023	822	467,73	2,58	208,2



Gambar 14. Grafik Perbandingan Iradiansi Dan Potensial Daya

Tabel 5. Tabel Perbandingan Utilitas Daya Dan Daya Potensialnya

Hari	Rerata Daya Monitoring (kW)	Rerata Daya Pengukuran (kW)	Potensial Daya (kW)
15/08/2023	195,1	198,9	258,2
16/08/2023	163,31	168,9	212,8
18/08/2023	125,1	134,05	154,4
19/08/2023	158,42	166,4	205,2
21/08/2023	118,42	124,8	147,6
22/08/2023	101,3	105,6	138,5
25/08/2023	156,68	166,4	208,2
Jumlah Modul Surya	822	2,58	261,60
	Iradiansi Rata-Rata (W/m ²)	Luas Modul Surya	Potensial Daya (kW)
	578,5	2,58	261,60



Gambar 15. Grafik Daya Monitoring, Iradiansi, Dan Potensialnya

Secara keseluruhan jika dilihat dari semua grafik dan tabel sebelumnya bisa diamati bahwa potensial daya yang dihasilkan dari intensitas radiansi matahari yang berada di lingkungan PLTS UHN Medan tabel cukup tinggi yang berada di kisaran 261,6 KW untuk rata-rata setiap harinya dan tertinggi dalam satu hari di tanggal 15 Agustus 2023.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil data Perhitungan output panel box surya, Intensitas iradiansi matahari dan data monitoring selama tujuh hari penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Penilaian Utilitas daya PLTS 618,9 kWp Universitas HKBP Nommensen bisa dinilai

masih sangat bagus dan efisien karena bisa mencapai 98,09% yang di dapati pada tanggal 15 Agustus 2023 nilainya kompatible dengan kondisi steady state di kisaran 2% dan juga nilai terendah nya juga tidak turun dari 90% yang di dapati pada tanggal 18 Agustus 2023.

- 2) Rata-rata intensitas iradiansi matahari yang diterima modul surya di PLTS satu selama bulan Agustus adalah 578,5 W/m² dan juga iradiansi tertinggi yang dihasilkan dalam satu hari berada di kisaran 579,9 W/m² dimana potensial dayanya di temukan 261,6 KW dari akumulasi rata-rata.

Hasil analisis dan perhitungan yang di lakukan di temukan bahwa nilai utilitas daya dari radiansi hariannya di dapati memiliki nilai yang lebih baik dari pada utilitas daya monitoring, nilai puncak Ut 1 berada di kisaran 58,17 % sedangkan untuk utilitas puncak Ut 2 berada di kisaran 43,9 %. Ini bisa saja menjadi salah satu parameter indikasi jika di PLTS UHN Medan terjadi kendala pengolahan dan penggunaan daya baik secara teknis maupun sistematis

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ari Rahayuningtyas, Seri Intan Kuala, Ign Fajar Apriyanto, (2014), STUDI PERENCANAAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) SKALA RUMAH SEDERHANA DI DAERAH PEDESAAN SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF UNTUK Mendukung Program Ramah Lingkungan dan Energi Terbarukan
- [2] Data Logger Ekonomi dan Hukum Energy Meter (Agustus 2023)
- [3] Data Logger Rektorat Energy Meter (Agustus 2023)
- [4] Data Logger Teknik Energy Meter (Agustus 2023)
- [5] EMI – Data Logger Teknik Wheeler Station (Agustus 2023)
- [6] Handoko Bayu, Jaka Windarta, (2021), Tinjauan Kebijakan dan Regulasi Pengembangan PLTS di Indonesia.
- [7] Hafidz, Mohammad, (2016) . Research and Training Center for Renewable
- [8] Energy Power System.

- [9] Habib Satria, Syafii Syafii, (2018), Sistem Monitoring Online dan Analisa Performansi PLTS Rooftop Terhubung ke Grid PLN.
- [10] Hamdi,(2015). Energi Terbarukan. Jakarta: Kencana.
- [11] Himran, Syukri, (2019). Energi surya Konversi Termal dan Fotovoltaik. Yogyakarta: Andi.
- [12] Ketut Vidhia Kumara, I Nyoman Satya Kumara, Wayan Gede Ariastina,(2018), TINJAUAN TERHADAP PLTS 24 KW ATAP GEDUNG PT INDONESIA POWER PESANGGARAN BALI.
- [13] Muhammad Naim, (2020), RANCANGAN SISTEM KELISTRIKAN PLTS OFF GRID 1000 WATT DI DESA LOEHA KECAMATAN TOWUTI.
- [14] Mohamad Sidik Boedoyo, (2013), POTENSI DAN PERANAN PLTS SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF MASA DEPAN DI INDONESIA.
- [15] Ramadhan S.G dan Rangkuti, (2016). Teknik Mesin Universitas Trisakti. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di atap gedung.
- [16] R. L. Rusby, M. Durieux, A. L. Reesink, R. P. Hudson, G. Schuster, M. Kühne, W. E. Fogle, R. J. Soulen & E. D. Adams , (2002), The Provisional Low Temperature Scale from 0.9 mK to 1 K, PLTS-2000.