Analisis Kinerja Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On-Grid* Sebagai Penerangan di Departement Store Area Gedung 2 PT. NOK Freudenberg

Tugas Akhir

Oleh:
KEVIN PRIATAMA (4232111014)

Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul: "Analisis Kinerja Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On-Grid* Sebagai Penerangan di Departement Store Area Gedung 2 PT. NOK Freudenberg" adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan**, dan **bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 8 Januari 2025

Kevin Priatama
NIM: 4232111014

Lembar Pengesahan

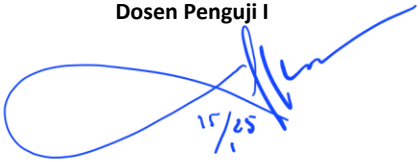
Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Kevin Priatama (4232111014)

Tanggal Sidang: 8 Januari 2025

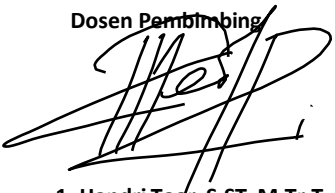
Disetujui oleh:

Dosen Penguji I



1. Ir.Arif Febriansyah Juwito, S.T., M.Eng.
NIK: 114127

Dosen Pembimbing



1. Handri Toar. S.ST, M.Tr.T
NIK: 113114

Dosen Penguji II

TTE oleh:

IRWANTO ZARMA PUTRA
15th January 2025

Perihal:

Pegesahan Tugas Akhir KEVIN PRIATAMA (4232111014) : Analisis Kinerja Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid Sebagai Penerangan di Departement Store Area Gedung 2 PT. NOK Freudenberg

Hashing:

9a8576f6cff763853b3f708ddf27d1e4ed84b6817e5acc5f02833450a54b76d8

2. Irwanto Zarma Putra, S.pd. M.Eng
NIK: 118200

Analisis Kinerja Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On-Grid* Sebagai Penerangan di Departement Store Area Gedung 2 PT. NOK Freudenberg

Abstrak

Kebutuhan energi terus tumbuh seiring berkembangnya sektor industri, transportasi, dan perumahan, yang sebagian besar masih bergantung pada bahan bakar fosil. Energi fosil tidak dapat diperbarui dan memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, pemanfaatan energi terbarukan, khususnya energi surya melalui pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) *On-Grid* merupakan solusi yang menjanjikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem PLTS on-grid pada gedung department store 2 PT. NOK Freudenberg dan kontribusinya dalam mengurangi konsumsi energi dari Batamindo power grid. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi dan pengumpulan data yang difokuskan pada pengukuran energi yang dihasilkan tenaga surya dalam jangka waktu tertentu. Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2024 selama satu bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem PLTS *On-Grid* berkapasitas 16.2 kWp dapat menghasilkan total energi listrik yang didapatkan dalam satu hari rata-rata mencapai 66.34 kW atau 38% dari total konsumsi harian, hasil tersebut dapat berubah-ubah tergantung cuaca dan kondisi. Efisiensi dari modul surya ini sendiri mencapai nilai yang cukup baik yaitu sebesar 20.67%, hal ini sesuai dengan spesifikasi dari modul surya itu sendiri. Hasil penelitian ini menunjukkan pemasangan *solar PV* dengan sistem PLTS *On-Grid* di PT. NOK Freudenberg di area department store memiliki potensi yang sangat besar untuk menghasilkan energi listrik.

Kata Kunci: Solar PV, Batamindo power grid, Sistem PLTS *On-Grid*, Energi Terbarukan

Performance Analysis of the *On-Grid* Solar Power Generation System for Lighting in the Department Store Area of Building 2 PT. NOK Freudenberg

Abstract

Energy needs continue to grow along with the development of the industrial, transportation and housing sectors, most of which still depend on fossil fuels. Fossil energy is non-renewable and has a negative impact on the environment. Therefore, utilizing renewable energy, especially solar energy through on-grid solar power plants (PLTS), is a promising solution. This research aims to analyze the performance of the on-grid PLTS system in department store building 2 PT. NOK Freudenberg and its contribution in reducing energy consumption from the Batamindo power grid. The method used in this research is observation and data collection which focuses on measuring the energy produced by solar power within a certain period of time. This research was conducted in November 2024 for one month. The research results show that an on-grid PLTS system with a capacity of 16.2 kWp can produce an average of 66.34 kW of total electrical energy obtained in one day or 38% of total daily consumption. These results can change depending on weather and conditions. The efficiency of this solar module itself reaches a fairly good value, namely 20.67%, this is in accordance with the specifications of the solar module itself. The results of this research show the installation of solar PV with an on-grid PLTS system at PT. NOK Freudenberg in the department store area has enormous potential to produce electrical energy.

Keywords: Solar PV, Batamindo power grid, On-Grid PLTS System, Renewable Energy

Kata Pengantar

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat ALLAH SWT. Yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan magang di PT. NOK Freudenberg berserta laporan tugas akhir yang berjudul "Analisis Kinerja Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid Sebagai Penerangan di Departement Store Area Gedung 2 PT. NOK Freudenberg". Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat dalam untuk mencapai gelar sarjana terapan teknik (S.Tr.T) pada program studi Teknik Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan laporan tugas akhir ini tidaklah mudah bagi penulis. Oleh karena itu penulis,mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang Tua yang telah mendukung dan membimbing saya yang selalu memberikan kasih sayang, do'a, nasehat, serta kesabarannya yang luar biasa dalamsetiap langkah hidup penulis yang merupakan anugrah terbesar dalam kehidupan.
2. Bapak Uuf Brajawidagda, ST., MT., Ph.D, Selaku Direktur Politeknik Negeri Batam.
3. Bapak Dr.Budi Sugandi, S.T., M.Eng, Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam.
4. Bapak Irwanto Zarma Putra, S.pd. M.Eng, Selaku Ketua Program Studi Teknik Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam.
5. Ibu Hasnira, S.ST., M.Tr.T, Selaku Koordinator magang di Program Studi Teknik Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam
6. Bapak Handri Toar. S.ST, M.Tr.T, selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan memberikan arahan kepada penulisdalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Ibu Maris Girsang Selaku Manager PT. NOK Freudenber di (Perusahaan) Divisi (Process Engineering).
8. Bapak Michael Marolop Selaku Supervisor Process Engineering sekaligus pembimbing dan penanggung jawab magang di perusahaan PT. NOK Freudenberg telah bersedia meluangkan waktu dan memberikan arahan dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Seluruh staff dan karyawan PT. NOK Freudenberg yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan ilmu pengetahuan yang belum pernah penulis terima sebelumnya.

Akhir kata penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, dan penulis berharap semoga laporan ini membantu menambah pengetahuan dan pengalaman bagi para pembaca, sehingga dapat memperbaiki bentuk maupun isi laporan ini agar dapat lebih baik lagi kedepannya. Aamiin

Batam, 8 Januari 2025

Kevin Priatama

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir i
Lembar Pengesahan..... ii
Abstrak iii
Abstract iv
Kata Pengantar v
Daftar Isi vii
Daftar Gambar.....ix
Daftar Tabel..... x
Bab 1. Pendahuluan..... 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah..... 2
1.3. Tujuan..... 2
1.4. Manfaat 2
1.5. Batasan 2
Bab 2. Tinjauan Pustaka..... 3
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 3
2.2 Sistem *On-Grid*..... 3
2.3 Bagian-Bagian PLTS Sistem *On-Grid*..... 4
2.3.1. Energi Matahari..... 4
2.3.2. Solar Modul..... 4
2.3.3. Inverter 5
2.3.4. *Combiner Box*..... 7
2.3.5. kWh Meter..... 8
2.4 Analisa Perfoma Panel Surya 9

2.4.1. Efisiensi Dari Sistem PLTS 9
2.4.2. *Perfomance Ratio* Dari Sistem PLTS 10
Bab 3. Metodologi Penelitian 11
3.1. Perancangan 11
3.1.2. Perancangan Sistem 12
3.2. Metode Penelitian 12
3.3. Waktu Dan Lokasi Pengambilan Data 13
Bab 4. Hasil dan Pembahasan 13
4.1. Hasil Pengumpulan Data 13
4.1.1. Data Pengukuran *Irradiance* Matahari 27
4.2 Efisiensi Panel *(Solar PV)* 27
4.3 *Perfomance Ratio (PR)* Dari Sistem PLTS 29
4.4 Perhitungan Pengurangan Tagihan Listrik Setelah Menggunakan Sistem PLTS *On-Grid* 29
Bab 5. Kesimpulan dan Saran 30
5.1. Kesimpulan 30
5.2. Saran 30
Daftar Pustaka 31
Biodata 32
Lampiran 33

Daftar Gambar

Gambar 1. Skema Konfigurasi PLTS On-Grid 3
Gambar 2. Energi Matahari 4
Gambar 3. Panel Surya Monocrystalline [Dokumentasi Pribadi] 5
Gambar 4. Inverter INVT XG17KTR (18.8kVA) [Dokumentasi Pribadi] 6
Gambar 5. kWh Meter [Dokumentasi Pribadi] 8
Gambar 6. Diagram Alir 11
Gambar 7. Diagram Blok Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On-Grid* 12
Gambar 8. Perbandingan daya dari *solar PV* & *grid* batamindo minggu ke - 1 16
Gambar 9. Perbandingan daya dari solar PV & grid batamindo minggu ke - 2 19
Gambar 10. Perbandingan daya dari solar PV & grid batamindo minggu ke - 3 .. 22
Gambar 11. Perbandingan daya dari solar PV & grid batamindo minggu ke - 4 .. 25
Gambar 12. Data Irradiance Matahari 27

Daftar Tabel

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya 5

Tabel 2. Spesifikasi Interver 6

Tabel 3. Hasil pengumpulan data energi yang digunakan dari *solar PV* dan dari batamindo *power grid* pada area store minggu pertama hari Jum'at 1 November s/d Jum'at 8 November 2024..... 13

Tabel 4. Hasil pengumpulan data energi yang digunakan dari *solar PV* dan dari batamindo *power grid* pada area store minggu kedua hari Senin 11 November s/d Jumat 15 November 2024..... 17

Tabel 5. Hasil pengumpulan data energi yang digunakan dari *solar PV* dan dari batamindo *power grid* pada area store minggu ketiga hari Senin 18 November s/d Jum'at 22 November 2024..... 20

Tabel 6. Hasil pengumpulan data energi yang digunakan dari solar PV dan dari batamindo power grid pada area store minggu keempat hari Senin 25 November s/d Jumat 29 November 2024..... 23

Tabel 7. Hasil Pengumpulan Data Energi yang digunakan dari solar PV dan dari power grid Batamindo pada area store selama satu bulan 26

Tabel 8. Perhitungan Penghematan biaya dari pemasangan PLTS..... 29

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi saat ini sangat besar dan terus meningkat seiring waktu, mencakup berbagai sektor seperti instansi, industri, transportasi, perkantoran, dan rumah tangga. Sebagian besar kebutuhan energi tersebut masih dipenuhi oleh sumber energi fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Energi fosil ini bukanlah sumber energi terbarukan dan memerlukan waktu yang sangat lama untuk regenerasinya. Dengan meningkatnya tingkat konsumsi energi, cadangan energi fosil akan habis suatu saat nanti. Selain itu, energi fosil juga berdampak negatif terhadap lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang (CO2) yang tinggi, yang dapat berbahaya dalam jangka panjang. Oleh karena itu, sangat penting untuk menggunakan sumber energi terbarukan sebagai pengganti energi fosil, karena dapat dengan cepat dipulihkan secara alami dan memiliki proses yang berkelanjutan, seperti energi surya [1].

Salah satu solusi yang menjanjikan adalah pemanfaatan energi matahari melalui sistem pembangkit tenaga surya (PLTS). PLTS *On-Grid*, yang terhubung langsung ke jaringan listrik utama, menawarkan efisiensi tinggi dan kemudahan dalam penyimpanan energi. Teknologi ini dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, sekaligus memberikan kontribusi positif terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca[2].

PT. NOK Freudenberg, sebagai perusahaan yang berkomitmen terhadap keberlanjutan, memiliki kesempatan untuk menerapkan sistem PLTS *On-Grid* di departement store area gedung 2. Sejalan dengan hal itu pemerintah Indonesia melalui kementerian ESDM mengeluarkan PERMEN ESDM Nomor 48 tahun 2018 yang mengatur penggunaan sistem PLTS sehingga masyarakat atau badan usaha pengguna energi listrik dapat dipermudah dalam memfaatkan energi surya menjadi energi listrik untuk pemakaian sendiri. Selain itu pemerintah menetapkan target bauran energi nasional sebesar 19.49% pada tahun 2024 dan optimis dapat mencapai 23% pada tahun 2025. Untuk mencapainya, pemerintah akan terus mendukung pengembangan Energi Baru Terbarukan (EBT) dari segi kapasitas terpasang, produksi, dan konsumsi. Dengan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi, perusahaan tidak hanya akan mengurangi biaya operasional, tetapi juga meningkatkan citra perusahaan sebagai pelopor dalam penggunaan energi terbarukan.

Saat ini, PT. NOK Freudenberg telah memanfaatkan PLTS *On-Grid* dengan kapasitas 16.2 kWp sebagai solusi untuk mengurangi konsumsi energi listrik di gedung departement store area Gedung 2. Sistem kelistrikan PLTS ini terhubung langsung dengan jaringan listrik Batamindo di kota Batam. Berdasarkan data pengukuran kWh yang tercatat, sistem ini telah menghasilkan listrik sebesar 3.969 kWh, tetapi belum ada evaluasi mengenai kapasitas daya yang dihasilkan oleh

panel surya *(Solar PV)* dari PLTS ini. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis untuk menilai daya ataupun kinerja yang dihasilkan oleh sistem PLTS yang terpasang saat ini.

1.2. Rumusan Masalah

1. Berapa besar energi yang dihasilkan oleh *solar PV* dalam satu hari selama satu bulan?
2. Bagaimana kinerja *Solar PV* sebagai sumber penerangan energi listrik untuk pemakaian di Gedung 2 area departement store PT. NOK Freudenberg?
3. Apakah dengan pemasangan sistem PLTS *On-Grid* di PT.NOK Freudenberg dapat mengurangi biaya tagihan pemakaian listrik?

1.3. Tujuan

1. Untuk mengetahui rata-rata energi yang dihasilkan oleh sistem *Solar PV* dalam satu hari selama satu bulan.
2. Untuk menganalisis performa maupun kinerja sistem *Solar PV* yang dipasang di Departement Store PT. NOK Freudenberg, khususnya dalam konteks penggunaannya untuk kebutuhan konsumsi listrik tambahan.
3. Untuk mengetahui biaya tagihan penggunaan listrik setelah menggunakan sistem PLTS *On-Grid* dan sebelum menggunakan sistem PLTS *On-Grid* di PT. NOK Freudenberg.

1.4. Manfaat

1. Menganalisa efisiensi dari pemasangan *solar PV On-grid* di area departement store PT. NOK Freudenberg
2. Menjadi acuan bagi PT. NOK Freudenberg Batam dalam meningkatkan kinerja dan efisiensi sistem PLTS yang telah terpasang.
3. Memberikan wawasan bagi peneliti dan praktisi di bidang energi terbarukan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi panel surya.

1.5. Batasan

1. Penelitian ini hanya berfokus pada sistem PLTS *On-grid* (NUSA144H 450 WP) dengan kapasitas 16.2 kWp di PT. NOK Freudenberg Batam.
2. Menganalisa performa energi dari solar PV di area Gedung 2 departement store PT. NOK Freudenberg
3. Pengambilan data hanya dilakukan dari senin s/d jum'at dari jam 09.00 wib s/d 16.00 wib selama satu bulan.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

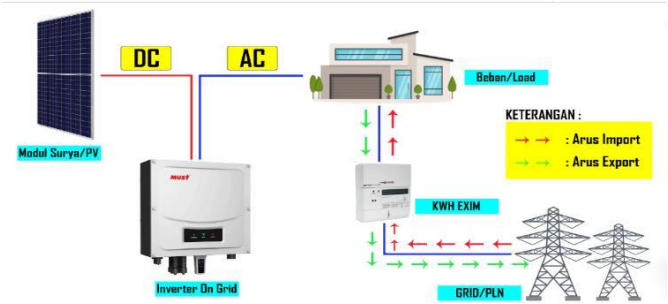
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan suatu pembangkit listrik yang menggunakan sinar matahari sebagai sumber daya utamanya melalui sel surya (*photovoltaic*) untuk mengubah radiasi sinar sinar matahari menjadi energi listrik secara langsung. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik arus searah (DC), arus listrik DC ini dapat diubah menjadi arus listrik bolak balik (AC) sesuai dengan kebutuhan [3].

Sistem PLTS dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis. Berdasarkan konfigurasi dan aplikasinya, secara umum PLTS dibagi menjadi dua, yaitu sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan (*On-grid*) dan sistem PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan (*off-grid*). Ada pula pengembangan lainnya yaitu PLTS yang berdiri sendiri (*stand-alone*). PLTS *stand-alone* ini selain dapat beroperasi secara mandiri, juga dapat ditunjang oleh berbagai sumber daya lain seperti tenaga angin, generator, maupun tenaga air yang disebut sebagai sistem PLTS *hybrid.*

2.2 Sistem *On-Grid*

PLTS *On-Grid* merupakan sebuah model instalasi yang menggabungkan dua sumber energi listrik, yaitu jaringan listrik PLN dan panel surya seperti pada Gambar 1. Sistem ini memanfaatkan panel surya yang terhubung ke jaringan listrik untuk menyuplai energi di rumah atau industri. Dengan menggunakan panel surya sebagai pembangkit yang ramah lingkungan, sistem ini tidak menghasilkan emisi gas buang. Selain itu, sistem *Grid Connection* tetap terhubung dengan jaringan PLN untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi dari panel surya, sehingga dapat memaksimalkan produksi energi dan mengurangi biaya Listrik.



Gambar 1. Skema Konfigurasi PLTS On-Grid
(Sumber: Sistem PLTS ON-GRID)

2.3 Bagian-Bagian PLTS Sistem *On-Grid*

2.3.1. Energi Matahari

Energi surya merupakan sumber energi terbarukan yang berlimpah dan berkelanjutan yang dapat dimanfaatkan melalui pembangkit listrik tenaga *fotovoltaik* (PLTS). Energi ini diperoleh dari radiasi matahari dan diubah menjadi energi listrik oleh panel surya menggunakan teknologi *fotovoltaik* [4]. PLTS mengubah energi matahari menjadi energi Listrik yang ramah lingkungan, bebas emisi gas rumah kaca, dan biaya operasional rendah. Oleh karena itu, PLTS menjadi solusi strategis untuk memenuhi kebutuhan listrik di Indonesia yang terus meningkat, mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, dan mendukung pengembangan energi terbarukan.

Gambar 2. Energi Matahari
(Sumber: Barang-Barang Di Sekitar Kita Yang Menggunakan Panel Surya)

2.3.2. Solar Modul

Solar modul adalah kumpulan dari beberapa panel surya yang berfungsi sebagai perangkat untuk mengubah energi matahari menjadi listrik. Modul ini merupakan komponen paling vital dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Tanpa adanya modul ini, produksi listrik tidak dapat dilakukan [5]. Gambar 3 adalah salah satu contoh solar modul *Monocrystalline* yang di gunakan di area departement store PT. NOK Freudenberg.

Gambar 3. Panel Surya Monocrystalline [Dokumentasi Pribadi]

Monocrytalline biasanya dibuat menggunakan proses *Czochralski*. Lapisan ini cenderung mahal karena dipotong *silinderingot* (mirip bundar/lingkaran), ciri–ciri fisik solar cell ini adalah bentuknya yang segidelapan cenderung bulat dan warnanya yang agak gelap. Sekarang *Mono-crystalline* dapat dibuat setebal 200 mikron, dengan nilai effisiensi sekitar 24%. Pada tabel 1 dibawah merupakan spesifikasi dari panel surya *monocrystalline* yang di gunakan di PT. NOK Freudenberg.

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya

Maximum Power (Pmax)(W)	450
Power Tolerance	0~+5W
Open Circuit Voltage (Voc)(V)	46.20V
Short Circuit Current (Isc)(A)	9.37A
Module Efficiency (%)	20.67%
Temperatur Coefficient	-0.35%/^{o}C

2.3.3. Inverter

Inverter adalah komponen krusial dalam sistem PLTS yang spesifikasinya perlu diperhatikan dengan seksama agar sesuai dengan kebutuhan. Komponen ini merupakan bagian dari pengaturan daya yang berfungsi untuk mengubah tegangan *output* DC dari panel surya atau baterai menjadi tegangan AC [6]. *Inverter* terdiri dari sakelar elektronik dan filter pasif. Di bagian input, terdapat kapasitor elektrolit besar yang bertugas menghasilkan tegangan DC yang stabil. Pada Gambar 4 merupakan jenis *Inverter* INVT XG17KTR (18.8 kVa)

Gambar 4. Inverter INVT XG17KTR (18.8kVA) [Dokumentasi Pribadi]

Saat ini, ada dua jenis *inverter* yang digunakan dalam PLTS yaitu *inverter* yang beroperasi secara mandiri (*Off-Grid*) dan *inverter* yang terhubung dengan jaringan listrik di batamindo (*On-Grid*). Untuk PLTS *Off-Grid*, biasanya digunakan *inverter* biasa, sedangkan untuk PLTS *On-Grid*, digunakan *Grid Tied Inverter* (GTI). GTI adalah jenis *inverter* yang secara otomatis dapat menyinkronkan tegangan DC dari panel PV dengan tegangan dari jaringan listrik batamindo. GTI mampu menghasilkan tegangan yang persis sama dengan tegangan jaringan pada saat bersamaan dan mengoptimalkan luaran energi yang dihasilkan oleh panel surya. Pada tabel 2 dibawah merupakan spesifikasi dari *inverter* INVT XG17KTR yang di gunakan di PT. NOK Freudenberg.

Tabel 2. Spesifikasi Interver

Max. Input Voltage (V)	1100V
Rated Voltage (V)	600V
Start-up Voltage (V)	250V
MPPT Voltage Range	200V~1000V
Max. Input Current	32A
Rated Output Power (kW)	17kW
Max. Apparent Output Power (kVA)	18.8kVA
Max. Output Current (A)	27.2A
Rated Grid Voltage	230Vac / 400Vac, 3L / N / PE
Rated Grid Frequency (Hz)	50Hz / 60Hz
Power Factor	>0.99 (0.8 leading~0.8 lagging)
THDi (%)	<3% (Rated Power)
Max. Efficiency (%)	98.40%
EU Efficieny (%)	98.00%

2.3.4. *Combiner Box*

Salah satu komponen penting dalam perencanaan PLTS adalah *Combiner Box*. *Combiner Box*, atau panel penggabung, berfungsi untuk mengkombinasikan string panel surya guna meningkatkan arus keluaran dari sistem panel surya.

Berikut adalah komponen-komponen yang terdapat dalam Combiner Box:

a. Perangkat proteksi *string* panel surya digunakan untuk melindungi setiap *string* panel surya dari arus berlebih, biasanya dengan menggunakan sekering atau MCB.

b. Busbar adalah titik sambungan untuk beberapa *string* panel surya, yang menghubungkan beberapa *string* ke konduktor yang sama. Busbar DC umumnya terbuat dari konduktor tembaga yang dilapisi timah untuk mencegah korosi.

c. Sakelar pemutus memungkinkan *Combiner Box* terputus dengan aman dari *Solar Charge Controller* atau *inverter* saat melakukan pemeliharaan.

d. Perangkat proteksi petir *(Surge Protection Device)* berfungsi melindungi sistem dari lonjakan tegangan akibat sambaran petir, dan dihubungkan ke kutub positif dan negatif bus DC serta ke sistem pembumian.

e. Selungkup pelindung *(Enclosure)* adalah wadah untuk komponen listrik, berfungsi melindungi komponen dari paparan lingkungan dan mencegah gangguan dari luar.

2.3.5. kWh Meter

kWh meter adalah alat untuk mencatat kWh yang diimpor dari PLTS ke jaringan listrik Batamindo. Gambar 5 adalah kWh meter dari solar panel. Dengan cara ini, pelanggan yang memiliki PLTS dapat menghitung pengurangan tagihan listrik mereka melalui sistem yang dikenal sebagai *Net Metering*. *Net Metering* adalah sistem yang memungkinkan transmisi kelebihan daya yang dihasilkan oleh PLTS ke jaringan distribusi Batamindo.

Gambar 5. kWh Meter [Dokumentasi Pribadi]

2.4 Analisa Perfoma Panel Surya

Untuk mengetahui analisis dari performa oleh pembangkit listrik tenaga surya *On-grid* yang ada pada department store area gedung 2 PT. NOK Freudenberg, maka ada beberapa sejumlah parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja sebuah sistem PLTS sebagai berikut.

2.4.1. Efisiensi Dari Sistem PLTS

Berdasarkan iradiasi global STC sebesar 1000W/m^2 dan data spesifikasi modul panel surya, maka dari kedua data tersebut digunakan untuk malakukan perhitungan efisiensi panel. Perhitungan untuk mencari nilai efisiensi panel menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} \; x \; 100\% \quad \text{.....(1)}$$

Dengan,

$$P_{in} = J \; x \; A \quad \text{.....(2)}$$

Keterangan:
J = Iradiasi global STC (1000W/m^2)
A = Luas Panel (m^2)

Karena Vmax, Imax, Voc, dan Isc didapatkan dari spesifikasi modul panel surya yang terpasang, maka:

$$FF = \frac{V_{max} \, x \, I_{max}}{V_{OC} \, x \, I_{SC}} \quad \text{.....(3)}$$

Keterangan:
V_{max} = Maximum Power Voltage (V)
I_{max} = Maximum Power Current (A)
V_{OC} = Open Circuit Voltage (V)
I_{SC} = Short Circuit Current (A)

Dan,

$$P_{MAX} = V_{OC} \; x \; I_{SC} \; x \; FF \quad \text{.....(4)}$$

2.4.2. *Perfomance Ratio* Dari Sistem PLTS

Untuk mengetahui berapakah perfoma dari kinerja sistem PLTS *On-Grid* yang telah terpasang di PT. NOK Freudenberg, maka bisa dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Perfoma} = \frac{Energi\ x\ 1000}{Irradiasi\ x\ Luas\ Panel\ x\ Jumlah\ Panel\ x\ Effisiensi\ Panel} \text{ x } 100 \ldots\ldots (5)$$

Keterangan:

Energi	:	Total Energi Yang Dihasilkan Solar PV (kW)
Iradiasi	:	Iradiasi Matahari (W/m^2)
Luas Panel	:	Luas Permukaan *PV Module* (78.3 m^2)
Efisiensi Panel	:	Evisiensi PV Module Berdasarkan Spesifikasi (20.67%)

Bab 3. Metodologi Penelitian

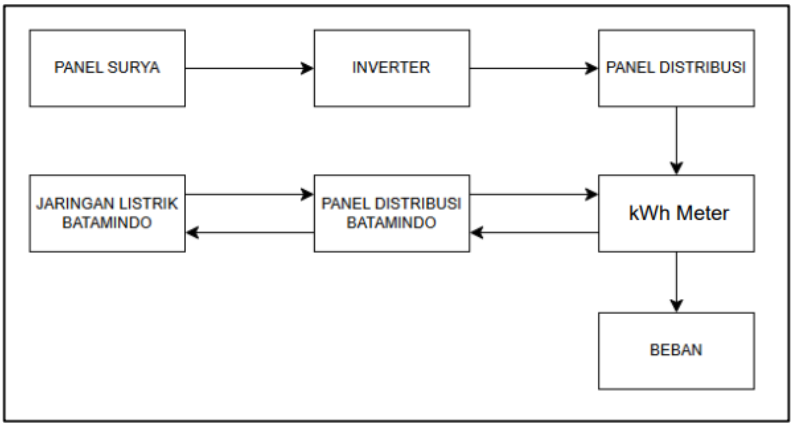
3.1. Perancangan

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu penelitian Studi Pustaka (Literatur) dan Observasi [7]. Tujuan penelitian ini difokuskan pada Analisa Daya Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On-Grid* sebagai penerangan di departement store area gedung 2 PT. NOK Freudenberg. Berikut tahap-tahap yang telah tersusun kedalam diagram alir:

Gambar 6. Diagram Alir

3.1.2. Perancangan Sistem

Karena sistem pembangkit listrik tenaga surya ini telah dibangun, maka penulis akan menjelaskan tentang perancangan sistem secara aktual yang sudah berjalan. Gambar 7 adalah gambaran diagram pembangkit listrik tenaga surya *On-grid* yang ada di department store area gedung 2 PT. NOK Freudenberg.



Gambar 7. Diagram Blok Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On-Grid*

3.2. Metode Penelitian

Metode pengumpulan data dalam tugas akhir ini menentukan keberhasilan, oleh karena itu perlu direncanakan dengan tepat dalam memilih metode untuk pengumpulan data [8]. Metode-metode yang digunakan untuk memperoleh data tersebut adalah sebagai berikut:

a. Studi Pustaka (Literatur)
   Studi pustaka adalah suatu teknik pengumpulan data dengan cara mengumpulkan, mempelajari berkas - berkas, jurnal dan arsip - arsip yang ada di perpustakaan serta buku - buku penunjang lainnya.

b. Observasi
   Metode observasi langsung merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan mengamati objek atau fenomena secara langsung [9]. Dalam pendekatan ini, peneliti berada di lokasi dan menyaksikan sendiri aktivitas atau situasi yang terjadi, sehingga informasi yang diperoleh lebih akurat dan mencerminkan kondisi sebenarnya.

3.3. Waktu Dan Lokasi Pengambilan Data

Proses pengambilan data akan dilakukan selama kurang lebih satu bulan dari senin s/d jum'at. Dalam pengamatan penulis secara visual terhadap kondisi cuaca dan parameter kerja sistem pembangkit listrik maka penulis menetapkan pengambilan data dilakukan setiap (satu) 1 jam dimulai dari pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 16.00 WIB. Dalam waktu ini kondisi pencahayaan cukup stabil dan optimal sehingga pengambilan data dapat dilakukan dengan akurat dan baik.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

Sistem PLTS *On-Grid* di PT. NOK Freudenberg mempunyai kapasitas daya total terpasang sebanyak 16.2 kWp yg terdiri berdasarkan 36 pcs modul kapasitas masing-masing 450 WP yang terhubung secara seri.

4.1. Hasil Pengumpulan Data

Dari pendataan yang tercatat dapat diketahui kebutuhan energi dari *solar PV* dan dari batamindo *power grid* untuk penerangan area department store gedung 2 pada minggu pertama adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil pengumpulan data energi yang digunakan dari *solar PV* dan dari batamindo *power grid* pada area store minggu pertama hari Jum'at 1 November s/d Jum'at 8 November 2024

Jum'at, 1 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	13.55	393	7.38	31.87	390	17.22	24.60	30%
10.00 WIB	19.20	392	10.43	23.41	393	12.75	23.18	45%
11.00 WIB	14.45	393	7.87	23.70	391	12.84	20.71	38%
12.00 WIB	14.80	390	8.00	30.12	389	16.23	24.23	33%
13.00 WIB	14.15	389	7.63	25.03	391	13.56	21.19	36%
14.00 WIB	19.65	391	10.65	22.16	391	12.00	22.65	47%
15.00 WIB	21.54	394	11.76	19.98	392	10.85	22.61	52%
16.00 WIB	15.91	391	8.62	25.82	393	14.06	22.68	38%
	Total		72,33	Total		109,52	181,85	
	Rata-Rata		9,04	Rata-Rata		13,69	22,37	40 %

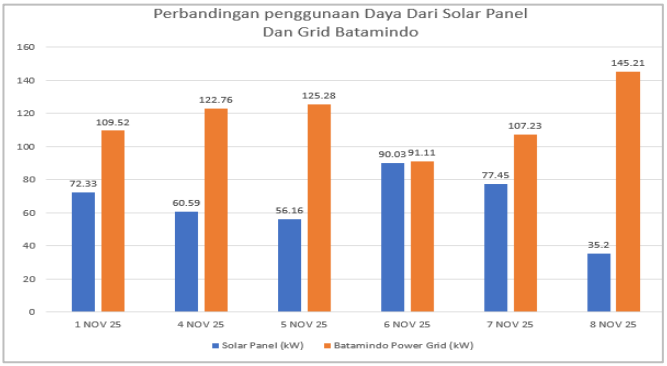
Senin, 4 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	21.37	390	11.55	22.92	394	12.51	24.06	48%
10.00 WIB	21.32	390	11.52	19.73	389	10.64	22.16	52%
11.00 WIB	17.72	389	9.55	27.43	393	14.94	24.49	39%
12.00 WIB	6.27	391	3.40	32.85	392	17.84	21.24	16%
13.00 WIB	5.84	394	3.19	39.16	393	21.32	24.51	13%
14.00 WIB	9.07	394	4.95	34.40	391	18.64	23.59	21%
15.00 WIB	15.47	391	8.38	23.14	392	12.57	20.95	40%
16.00 WIB	14.74	394	8.05	26.20	394	14.30	22.35	36%
	Total		60.59	Total		122.76	183.35	
	Rata-Rata		7.57	Rata-Rata		15.35	22.92	33%
Selasa, 5 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	2.39	390	1.29	37.00	394	20.20	21.49	6%
10.00 WIB	4.82	392	2.62	35.61	389	19.19	21.81	12%
11.00 WIB	9.40	394	5.13	33.32	394	18.19	23.32	22%
12.00 WIB	13.69	390	7.40	24.34	390	13.15	20.55	36%
13.00 WIB	16.90	389	9.11	27.36	392	14.86	23.97	38%
14.00 WIB	18.45	391	10.00	24.52	390	13.25	23.25	43%
15.00 WIB	19.16	392	10.41	21.66	391	11.73	22.14	47%
16.00 WIB	18.71	394	10.21	27.06	392	14.70	24.91	41%
	Total		56.16	Total		125.28	181.44	
	Rata-Rata		7.02	Rata-Rata		15.66	22.68	31%

Rabu, 6 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	14.16	393	7.71	23.10	393	12.58	20.29	38%
10.00 WIB	16.93	394	9.24	25.66	390	13.87	23.11	40%
11.00 WIB	20.29	390	10.97	23.76	391	12.87	23.84	46%
12.00 WIB	20.87	391	11.31	21.56	394	11.77	23.08	49%
13.00 WIB	16.83	392	9.14	20.52	393	11.18	20.32	45%
14.00 WIB	21.94	393	11.95	19.55	391	10.59	22.54	53%
15.00 WIB	26.66	390	14.41	18.53	390	10.01	24.42	59%
16.00 WIB	28.39	389	15.30	15.25	390	8.24	23.54	65%
	Total		90.03	Total		91.11	181.14	
	Rata-Rata		11.25	Rata-Rata		11.39	22.64	49%
Kamis, 7 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	18.00	393	9.80	26.94	394	14.71	24.51	40%
10.00 WIB	17.54	392	9.53	23.25	392	12.63	22.16	43%
11.00 WIB	19.18	389	10.34	24.17	393	13.16	23.50	44%
12.00 WIB	13.35	394	7.29	23.91	391	12.95	20.24	36%
13.00 WIB	16.73	391	9.07	28.64	389	15.44	24.50	37%
14.00 WIB	17.24	389	9.29	24.74	390	13.37	22.66	41%
15.00 WIB	20.18	391	10.93	23.69	391	12.84	23.77	46%
16.00 WIB	20.52	394	11.20	22.40	391	12.14	23.34	48%
	Total		77.45	Total		107.23	184.68	
	Rata-Rata		9.68	Rata-Rata		13.40	23.09	42%

Jum'at, 8 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	18.27	389	9.85	24.09	391	13.05	22.90	43%
10.00 WIB	14.94	392	8.11	24.43	391	13.24	21.35	38%
11.00 WIB	6.19	394	3.38	32.56	393	17.73	21.11	16%
12.00 WIB	3.38	391	1.83	38.97	390	21.06	22.89	8%
13.00 WIB	5.83	391	3.16	38.79	393	21.12	24.28	13%
14.00 WIB	10.73	390	5.80	27.45	392	14.91	20.71	28%
15.00 WIB	3.54	390	1.91	40.76	389	21.97	23.88	8%
16.00 WIB	2.14	393	1.16	40.84	391	22.13	23.29	5%
	Total		35.20	Total		145.21	180.41	
	Rata-Rata		4.40	Rata-Rata		18.15	22.55	20%

Berdasarkan hasil pendataan selama minggu pertama menunjukkan konsumsi listrik dari panel surya dan jaringan listrik berbeda. Tabel 1 menunjukkan bahwa porsi panel surya dalam konsumsi listrik belum sepenuhnya digantikan oleh jaringan listrik. Namun, tidak dapat di pungkiri bahwa panel surya berguna untuk memberi daya pada sistem penerangan yang cukup relatif besar.

Adapun perbandingan penggunaan daya dari solar PV dan grid dari Batamindo seperti yang tertera pada Gambar 8 di bawah.



Gambar 8. Perbandingan daya dari *solar PV* & *grid* batamindo minggu ke - 1

Tabel 4. Hasil pengumpulan data energi yang digunakan dari *solar PV* dan dari batamindo *power grid* pada area store minggu kedua hari Senin 11 November s/d Jumat 15 November 2024

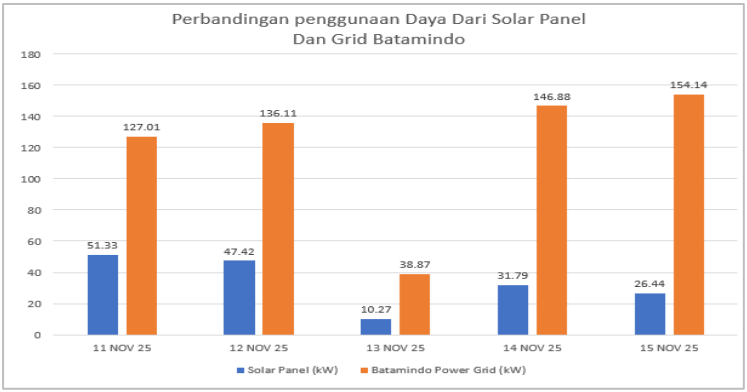
Senin, 11 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	17.85	393	9.72	25.95	389	13.99	23.71	41%
10.00 WIB	3.72	393	2.03	33.69	391	18.25	20.28	10%
11.00 WIB	5.33	389	2.87	35.38	392	19.22	22.09	13%
12.00 WIB	7.89	389	4.25	29.39	393	16.01	20.26	21%
13.00 WIB	15.42	390	8.33	27.49	389	14.82	23.15	36%
14.00 WIB	16.83	390	9.09	27.38	391	14.84	23.93	38%
15.00 WIB	12.72	390	6.87	24.49	393	13.34	20.21	34%
16.00 WIB	15.05	391	8.15	30.56	391	16.56	24.71	33%
	Total		51.33	Total		127.01	178.34	
	Rata-Rata		6.42	Rata-Rata		15.88	22.29	28%
Selasa, 12 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	15.78	389	8.50	27.90	391	15.12	23.62	36%
10.00 WIB	16.23	392	8.82	26.62	390	14.38	23.20	38%
11.00 WIB	16.42	389	8.85	24.56	390	13.27	22.12	40%
12.00 WIB	13.14	389	7.08	31.92	392	17.34	24.42	29%
13.00 WIB	8.26	393	4.50	33.14	392	18.00	22.50	20%
14.00 WIB	3.82	391	2.07	38.52	392	20.92	22.99	9%
15.00 WIB	4.11	391	2.23	37.11	390	20.05	22.28	10%
16.00 WIB	9.87	393	5.38	31.42	391	17.02	22.40	24%
	Total		47.42	Total		136.11	183.53	
	Rata-Rata		5.93	Rata-Rata		17.01	22.94	26%

Rabu, 13 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	2.39	391	1.30	8.93	394	4.87	6.17	21%
10.00 WIB	3.23	389	1.74	8.20	394	4.48	6.22	28%
11.00 WIB	2.95	393	1.61	7.22	393	3.93	5.54	29%
12.00 WIB	3.09	394	1.69	9.35	390	5.06	6.74	25%
13.00 WIB	2.93	391	1.59	9.77	393	5.32	6.91	23%
14.00 WIB	1.39	390	0.75	9.25	391	5.01	5.76	13%
15.00 WIB	1.20	393	0.65	10.75	394	5.87	6.52	10%
16.00 WIB	1.75	393	0.95	8.01	390	4.33	5.28	18%
	Total		10.27	Total		38.87	49.14	
	Rata-Rata		1.28	Rata-Rata		4.86	6.14	21%
Kamis, 14 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	7.99	390	4.32	36.12	393	19.67	23.99	18%
10.00 WIB	10.30	391	5.58	34.67	389	18.69	24.27	23%
11.00 WIB	10.89	391	5.90	28.00	391	15.17	21.07	28%
12.00 WIB	10.35	391	5.61	28.04	390	15.15	20.76	27%
13.00 WIB	4.00	393	2.18	36.37	389	19.60	21.78	10%
14.00 WIB	6.72	389	3.62	35.18	390	19.01	22.63	16%
15.00 WIB	4.50	394	2.46	33.00	394	18.01	20.47	12%
16.00 WIB	3.94	391	2.13	39.50	394	21.57	23.70	9%
	Total		31.79	Total		146.88	178.67	
	Rata-Rata		3.97	Rata-Rata		18.36	22.33	18%

Jum'at, 15 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	1.32	393	0.72	43.28	389	23.33	24.05	3%
10.00 WIB	2.34	390	1.26	36.26	394	19.80	21.06	6%
11.00 WIB	2.58	393	1.40	34.59	389	18.65	20.05	7%
12.00 WIB	1.61	390	0.87	38.74	390	20.94	21.81	4%
13.00 WIB	6.56	394	3.58	34.51	393	18.79	22.37	16%
14.00 WIB	9.15	392	4.97	32.61	390	17.62	22.59	22%
15.00 WIB	13.21	390	7.14	32.01	394	17.47	24.61	29%
16.00 WIB	11.95	392	6.49	32.31	392	17.55	24.04	27%
	Total		26.44	Total		154.14	180.58	
	Rata-Rata		3.30	Rata-Rata		19.27	22.57	14%

Dari hasil pengumpulan data selama minggu kedua periode 11 November hingga 15 November menunjukkan bahwa penggunaan daya dari panel surya dan penggunaan daya dari jaringan listrik di area store berbeda secara signifikan dan selalu rendah kurang dari 50%. Karena hujan terus turun, dan sebagian besar energi listrik berasal dari *power grid.*

Adapun perbandingan penggunaan daya dari *solar PV* dan *grid* dari Batamindo seperti yang tertera pada Gambar 9 di bawah.



Gambar 9. Perbandingan daya dari solar PV & grid batamindo minggu ke - 2

Tabel 5. Hasil pengumpulan data energi yang digunakan dari *solar PV* dan dari batamindo *power grid* pada area store minggu ketiga hari Senin 18 November s/d Jum'at 22 November 2024

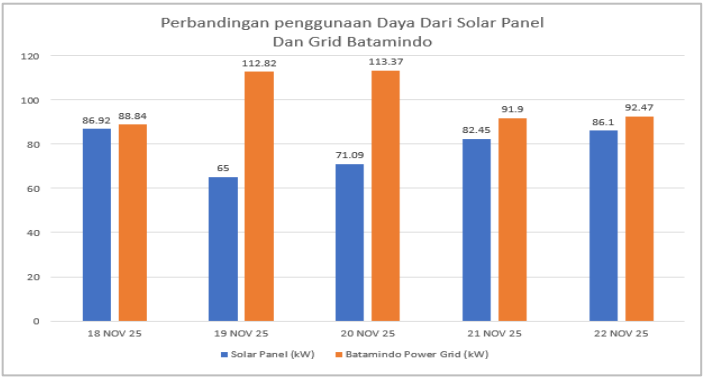
Senin, 18 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	17.76	390	9.60	22.37	394	12.21	21.81	44%
10.00 WIB	17.75	391	9.62	19.28	390	10.42	20.04	48%
11.00 WIB	21.88	389	11.79	20.20	389	10.89	22.68	52%
12.00 WIB	20.62	392	11.20	16.91	391	9.16	20.36	55%
13.00 WIB	21.31	392	11.58	21.20	394	11.58	23.15	50%
14.00 WIB	19.34	390	10.45	22.59	392	12.27	22.72	46%
15.00 WIB	20.52	389	11.06	18.94	389	10.21	21.27	52%
16.00 WIB	21.35	393	11.63	22.40	390	12.10	23.73	49%
	Total		86.92	Total		88.84	175.76	
	Rata-Rata		10.87	Rata-Rata		11.10	21.97	50%
Selasa, 19 Novewmber 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	13.49	393	7.35	23.99	393	13.06	20.41	36%
10.00 WIB	16.10	393	8.77	26.40	391	14.30	23.07	38%
11.00 WIB	13.26	392	7.20	25.88	390	13.99	21.19	34%
12.00 WIB	15.71	389	8.47	23.44	391	12.70	21.17	40%
13.00 WIB	15.55	394	8.49	26.74	390	14.45	22.94	37%
14.00 WIB	17.39	389	9.37	28.01	394	15.29	24.66	38%
15.00 WIB	12.73	390	6.88	25.92	389	13.97	20.85	33%
16.00 WIB	15.60	392	8.47	27.87	390	15.06	23.53	36%
	Total		65.00	Total		112.82	177.82	
	Rata-Rata		8.12	Rata-Rata		14.10	22.23	37%

Rabu, 20 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	17.54	390	9.48	26.38	389	14.22	23.70	40%
10.00 WIB	16.59	392	9.01	26.14	389	14.09	23.10	39%
11.00 WIB	16.17	389	8.72	28.45	393	15.49	24.21	36%
12.00 WIB	14.62	390	7.90	28.37	390	15.33	23.23	34%
13.00 WIB	16.89	390	9.13	22.45	389	12.10	21.23	43%
14.00 WIB	18.77	391	10.17	22.83	393	12.43	22.60	45%
15.00 WIB	15.25	394	8.32	28.68	389	15.46	23.78	35%
16.00 WIB	15.44	391	8.37	26.43	389	14.24	22.61	37%
	Total		71.09	Total		113.37	184.46	
	Rata-Rata		8.89	Rata-Rata		14.17	23.06	39%
Kamis, 21 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	16.56	392	9.00	23.89	391	12.94	21.94	41%
10.00 WIB	19.19	389	10.34	21.64	389	11.67	22.01	47%
11.00 WIB	22.04	389	11.88	22.76	392	12.36	24.24	49%
12.00 WIB	21.35	391	11.56	18.83	393	10.26	21.82	53%
13.00 WIB	18.57	390	10.04	20.12	390	10.87	20.91	48%
14.00 WIB	17.46	390	9.44	19.69	390	10.64	20.08	47%
15.00 WIB	20.48	391	11.10	20.32	394	11.10	22.19	50%
16.00 WIB	16.67	394	9.10	22.38	389	12.06	21.16	43%
	Total		82.45	Total		91.90	174.35	
	Rata-Rata		10.31	Rata-Rata		11.49	21.79	47%

Jum'at, 22 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	16.99	391	9.20	26.71	389	14.40	23.60	39%
10.00 WIB	17.38	391	9.41	21.18	392	11.51	20.92	45%
11.00 WIB	20.17	390	10.90	20.17	390	10.90	21.80	50%
12.00 WIB	24.24	391	13.13	21.55	390	11.65	24.78	53%
13.00 WIB	24.97	389	13.46	20.27	392	11.01	24.47	55%
14.00 WIB	18.93	389	10.20	20.46	390	11.06	21.26	48%
15.00 WIB	18.51	390	10.01	18.47	391	10.01	20.01	50%
16.00 WIB	18.14	389	9.78	21.89	394	11.95	21.73	45%
	Total		86.10	Total		92.47	178.57	
	Rata-Rata		10.76	Rata-Rata		11.56	22.32	48%

Hasil pendataan pada minggu ketiga periode 18-22 November menunjukkan bahwa konsumsi daya dari panel surya dan konsumsi daya dari jaringan listrik dalam area store sangat berbeda dibandingkan dengan minggu sbelumnya. Karena cuaca yang cukup panas pada periode tersebut dan tidak ada hujan pada siang hari, sehingga konsumsi yang didapat daya panel surya cukup maksimal.

Adapun perbandingan penggunaan daya dari *solar PV* dan *grid* dari Batamindo seperti yang tertera pada Gambar 10 di bawah.



Gambar 10. Perbandingan daya dari solar PV & grid batamindo minggu ke - 3

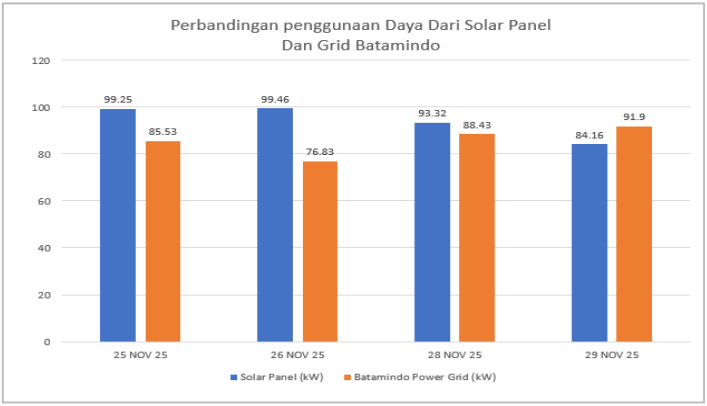
Tabel 6. Hasil pengumpulan data energi yang digunakan dari solar PV dan dari batamindo power grid pada area store minggu keempat hari Senin 25 November s/d Jumat 29 November 2024

Senin, 25 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	23.52	392	12.78	19.15	394	10.45	23.23	55%
10.00 WIB	22.86	393	12.45	17.20	394	9.39	21.84	57%
11.00 WIB	24.85	389	13.39	16.48	391	8.93	22.32	60%
12.00 WIB	26.12	393	14.22	18.25	391	9.89	24.11	59%
13.00 WIB	23.45	390	12.67	20.74	391	11.24	23.91	53%
14.00 WIB	19.55	390	10.56	20.40	389	11.00	21.56	49%
15.00 WIB	21.16	390	11.44	23.80	391	12.89	24.33	47%
16.00 WIB	21.78	389	11.74	21.67	391	11.74	23.48	50%
	Total		99.25	Total		85.53	184.78	
	Rata-Rata		12.41	Rata-Rata		10.69	23.10	54%
Selasa, 26 Nowvember 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	24.82	393	13.51	18.67	394	10.20	23.71	57%
10.00 WIB	25.68	391	13.91	17.75	393	9.67	23.58	59%
11.00 WIB	24.99	391	13.54	17.24	394	9.41	22.95	59%
12.00 WIB	22.99	393	12.52	14.81	390	8.00	20.52	61%
13.00 WIB	20.65	394	11.27	16.43	389	8.86	20.13	56%
14.00 WIB	23.40	393	12.74	19.10	394	10.43	23.17	55%
15.00 WIB	20.96	390	11.33	19.30	391	10.45	21.78	52%
16.00 WIB	19.68	390	10.63	17.98	394	9.82	20.45	52%
	Total		99.46	Total		76.83	176.29	
	Rata-Rata		12.43	Rata-Rata		9.60	22.04	56%

Kamis, 28 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	21.29	392	11.56	18.22	390	9.85	21.41	54%
10.00 WIB	23.53	389	12.68	17.61	392	9.57	22.25	57%
11.00 WIB	25.75	393	14.02	18.65	393	10.16	24.18	58%
12.00 WIB	22.04	391	11.94	19.54	391	10.59	22.53	53%
13.00 WIB	20.00	394	10.92	20.16	391	10.92	21.84	50%
14.00 WIB	20.86	390	11.27	23.28	394	12.71	23.98	47%
15.00 WIB	20.66	391	11.19	25.18	392	13.68	24.87	45%
16.00 WIB	17.86	393	9.72	20.09	394	10.97	20.69	47%
	Total		93.32	Total		88.43	181.75	
	Rata-Rata		11.66	Rata-Rata		11.05	22.72	51%
Kamis, 29 November 2024								
JAM	Solar Inverter			Batamindo Power Grid			Total Konsumsi Daya (kW)	Persentase Penggunaan Solar
	I (A)	V	P (kW)	I (A)	V	P (kW)		
09.00 WIB	25.11	390	13.57	13.45	392	7.31	20.88	65%
10.00 WIB	26.19	391	14.19	16.05	391	8.70	22.89	62%
11.00 WIB	23.04	389	12.42	17.92	393	9.76	22.18	56%
12.00 WIB	20.11	391	10.90	19.96	394	10.90	21.79	50%
13.00 WIB	20.67	394	11.28	23.31	394	12.73	24.01	47%
14.00 WIB	16.09	392	8.74	22.39	389	12.07	20.81	42%
15.00 WIB	12.93	393	7.04	27.68	390	14.96	22.00	32%
16.00 WIB	11.17	389	6.02	28.57	391	15.48	21.50	28%
	Total		84.16	Total		91.90	176.06	
	Rata-Rata		10.52	Rata-Rata		11.49	22.01	48%

Hasil pengumpulan data pada minggu keempat periode 25 November - 29 November menunjukkan bahwa penggunaan listrik dari panel surya dan dari *power grid* pada store sangat bervariasi, cukup tinggi (rata-rata 50%) karna cuaca yang panas dan tidak ada hujan pada siang hari selama periode ini, sehingga penggunaan daya yang lebih maksimal didapatkan dari Panel Surya.

Adapun perbandingan penggunaan daya dari *solar PV* dan *grid* dari Batamindo seperti yang tertera pada Gambar 11 di bawah.



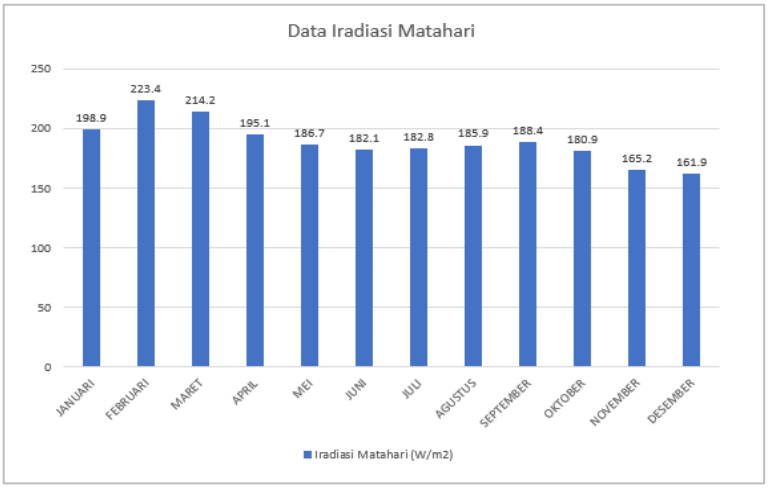
Gambar 11. Perbandingan daya dari solar PV & grid batamindo minggu ke - 4

Tabel 7. Hasil Pengumpulan Data Energi yang digunakan dari solar PV dan dari power grid Batamindo pada area store selama satu bulan

Tanggal	Daya Solar PV (kW)		Batamindo Power Grid		Konsumsi Daya (kW)		Persentase Penggunaan Solar PV
	Total	Rata-Rata	Total	Rata-Rata	Total	Rata-Rata	
1 Nov 2024	72.33	9.04	109.52	13.69	181.85	22.73	40%
4 Nov 2024	60.59	7.57	122.76	15.35	183.35	22.92	33%
5 Nov 2024	56.16	7.02	125.28	15.66	181.44	22.68	31%
6 Nov 2024	90.03	11.25	91.11	11.39	181.14	22.64	49%
7 Nov 2024	77.45	9.68	107.23	13.40	184.68	23.09	42%
8 Nov 2024	35.20	4.40	145.21	18.15	180.41	22.55	20%
11 Nov 2024	51.33	6.42	127.01	15.88	178.34	22.29	28%
12 Nov 2024	47.42	5.93	136.11	17.01	183.53	22.94	26%
13 Nov 2024	10.27	1.28	38.87	4.86	49.14	6.14	21%
14 Nov 2024	31.79	3.97	146.88	18.36	178.67	22.33	18%
15 Nov 2024	26.44	3.30	154.14	19.27	180.58	22.57	14%
18 Nov 2024	86.92	10.87	88.84	11.10	175.76	21.97	50%
19 Nov 2024	65.00	8.12	112.82	14.10	177.82	22.23	37%
20 Nov 2024	71.09	8.89	113.37	14.17	184.46	23.06	39%
21 Nov 2024	82.45	10.31	91.90	11.49	174.35	21.79	47%
22 Nov 2024	86.10	10.76	92.47	11.56	178.57	22.32	48%
25 Nov 2024	99.25	12.41	85.53	10.69	184.78	23.10	54%
26 Nov 2024	99.46	12.43	76.83	9.60	176.29	22.04	56%
28 Nov 2024	93.32	11.66	88.43	11.05	181.75	22.72	51%
29 Nov 2024	84.16	10.52	91.90	11.49	176.06	22.01	48%
Total	**1326.76**	**165.84**	**2146.21**	**268.28**	**3472.97**	**434.12**	
Rata-Rata	**66.34**	**8.29**	**107.31**	**13.41**	**173.65**	**21.71**	**38%**

4.1.1. Data Pengukuran *Irradiance* Matahari

Data iradiasi matahari dari sistem PLTS digunakan untuk memprediksi jumlah energi yang dihasilkan dan untuk meningkatkan efisiensi dalam mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Berdasarkan hasil pengumpulan data dan pengukuran, rata-rata data radiasi matahari pada bulan November didapatkan sebesar 165.2 W/m^2, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12 pada grafik dibawah.



Gambar 12. Data Irradiance Matahari

4.2 Efisiensi Panel *(Solar PV)*

Berdasarkan *iradiasi global STC* sebesar 1000 W/m². Efisiensi modul surya kemudian dihitung dari data radiasi. Panel surya yang terpasang di PT. NOK Freudenberg memiliki luas panel 78.3 m². Dari kedua data tersebut maka dapat menghitung efisiensi panel surya menggunakan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} \; x \; 100\%$$

Dimana,

Pin : J x A

: 1000 W/m^2 x 78.3 m^2

: 78300 Watt

Ket,

J : iradiasi global STC (1000W/m²)

A : Luas panel (m^2)

Karena Vmp, Imp, Voc, dan Isc didapatkan dari spesifikasi modul panel surya yang terpasang, maka:

$$FF = \frac{V_{max}\ x\ I_{max}}{V_{OC}\ x\ I_{SC}}$$

$$= \frac{41.6\ x\ 10.82}{50.30\ x\ 11.36}$$

= 0.787

Dan

$$P_{MAX} = V_{OC}\ x\ I_{SC}\ x\ FF$$

= 50.30 x 11.36 x 0.787

= 449,69 Watt

Kemudian dilakukan perhitungan efisiensi panel surya dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{449.69\ x\ 36}{78300}$$ x 100%

= 20.67 %

Maka efisiensi keseluruhan modul surya yang dipasang di department store area gedung 2 PT NOK Freudenberg adalah 20.67%. Sesuai dengan spesifikasi modul suryanya sendiri, yaitu efisiensinya bisa mencapai 20.67% sehingga hasil ini sesuai dengan spesifikasi modul dari panel surya.

4.3 *Perfomance Ratio (PR)* Dari Sistem PLTS

Menghitung *performance ratio* dari sistem PLTS berdasarkan dengan parameter - parameter real yang ada di PT. NOK Freudenberg sesuai dengan spesifikasi modul surya, maka dapat dihutung dengan rumus sebagai berikut:

$$PR = \frac{Energi\ x\ 1000}{Irradiasi\ x\ Luas\ Panel\ x\ Jumlah\ Panel\ x\ Effisiensi\ Panel} \text{ x } 100\%$$

$$PR = \frac{66.34\ kW\ x\ 1000}{165.2\ \frac{W}{m2}\ x\ 78.3m2\ x\ 36\ x\ 0.20} \text{ x } 100\%$$

PR = 71.23%

4.4 Perhitungan Pengurangan Tagihan Listrik Setelah Menggunakan Sistem PLTS *On-Grid*

Berdasarkan tarif listrik per kWh untuk industri besar, yaitu di PT. NOK Freudenberg termasuk golongan I-3/TM daya di atas 200 kVA: Rp 1.114,74 per kWh, maka penghematan pengurangan biaya tagihan listrik PT. NOK Freudenberg sebagai berikut:

Tabel 8. Perhitungan Penghematan biaya dari pemasangan PLTS

Total konsumsi daya (kWh) bulan November 2024	Total (kWh)	Total Biaya
Konsumsi daya keseluruhan (kWh)	3471,97	Rp 3.871.459
Batamindo Power Grid	2146,21	Rp 2.392.470
Panel Surya (kWh)	1326,76	Rp 1.478.989

Berdasarkan data pada Tabel 8 terlihat bahwa tagihan listrik dibulan November tanpa pemasangan PLTS sebesar Rp. 3.871.459, sedangkan penghematan tagihan listrik setelah pemasangan PLTS sebesar Rp. 1.478.989. Artinya, dengan pemasangan PLTS di PT. NOK Freudenberg akan mampu menekan biaya listrik hingga 38% untuk penerangan di area department store.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

1. Kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terpasang di PT. NOK Freudenberg di area department store adalah sebesar 16.2 kWp. Dengan kapasitas tersebut, PLTS ini mampu memenuhi sekitar 66.34 kWh atau sekitar 38% dari kebutuhan penerangan area store setiap harinya dari total penggunaan daya melalui power grid Batamindo.

2. Perhitungan rasio kinerja yang dilakukan dapat menghasilkan angka 71.23%. Ini merupakan hasil yang baik, karena standar yang baik biasanya antara 70-80%. Namun nilai ini bervariasi tergantung faktor lokasi geografis, kondisi cuaca, serta ukuran dan kualitas panel surya yang digunakan. Semakin tinggi rasio kinerjanya, maka semakin efisien dan produktif sistem PLTS tersebut. Dari segi efisiensi, *Solar PV* yang telah dipasang di PT. NOK Freudenberg menunjukkan hasil yang cukup baik yaitu sebesar 20.67%. Hasil ini sesuai berdasarkan dengan spesifikasi dari modul suryanya sendiri.

3. Dengan pemasangan PLTS *On-Grid* kapasitas 16.2 kWp di PT. NOK Freudenberg untuk penerangan di area departement store dapat menguragi biaya penghematan tagihan penggunaan listrik dibulan November sebesar Rp 1.478.989 yang pada awalnya jika tidak menggunakan pemasangan PLTS biaya penggunaan tagihan listriknya bisa mencapai Rp 3.871.459.

5.2. Saran

Saran kepada PT. NOK Freudenburg untuk menggunakan perangkat pemantauan cuaca yang dapat digunakan untuk memprediksi dan menganalisis dampak variabel lingkungan terhadap produksi energi surya serta melakukan perawatan rutin untuk memastikan kinerja optimal.

Daftar Pustaka

[1] P. Gunoto and H. D. Hutapea, “Analisa Daya Pada Panel Surya Di Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop on Grid Kapasitas 30 Kva Gedung Kantor Pt. Energi Listrik Batam,” *Sigma Tek.*, vol. 5, no. 1, pp. 057–069, 2022, doi: 10.33373/sigmateknika.v5i1.4180.

[2] E. P. Aji, P. Wibowo, and J. Windarta, “Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Sistem On Grid di BPR BKK Mandiraja Cabang Wanayasa Kabupaten Banjarnegara,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 1, pp. 15–27, 2022, doi: 10.14710/jebt.2022.13158.

[3] W. T. Vol, “(Sun-Tracking Solar System),” vol. 24, no. 2, pp. 50–58, 2016.

[4] N. Nugroho, K. H. Khwee, and Yandri, “Studi Teknis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Off Grid Dan On Grid (Studi kasus :PT Arif Borneo Azzara),” *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2022.

[5] S. On-grid and U. Kristen, “Perancangan dan Pembuatan Photovoltaic 90 Wp dengan,” pp. 303–311.

[6] 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.

[7] A. Setyawan, A. Gulton, and G. Simamora, “Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Surya on Grid Pada Gedung Mal QBIG BSD City Universitas Tama Jagakarsa , Indonesia PENDAHULUAN Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari . Pertumbuhan populasi dan,” pp. 2393–2405.

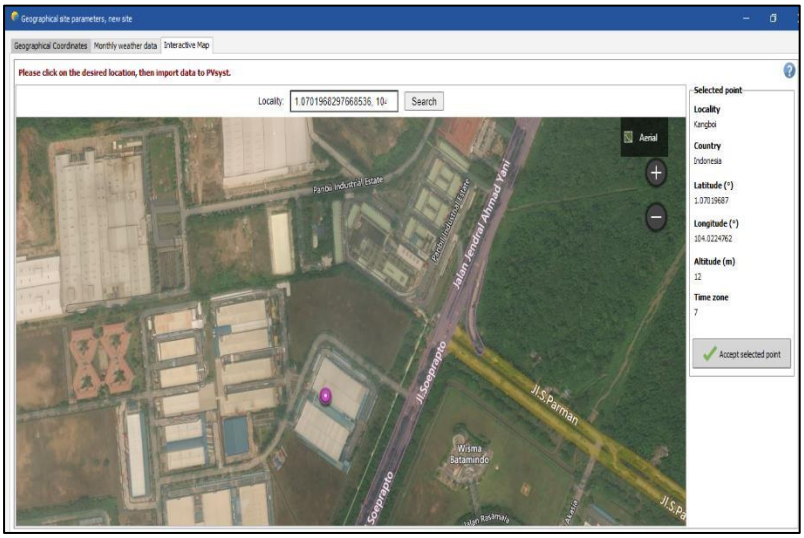
[8] D. Herliyanso and O. A. Rozak, “Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-grid Sebagai Suplai Daya Listrik Perpustakaan Universitas Pamulang,” *Electrices*, vol. 5, no. 1, pp. 20–29, 2023, doi: 10.32722/ees.v5i1.5612.

[9] A. D. Sri Utami, “Pengaruh Temperatur Panel Surya terhadap Efisiensi Panel Surya Sistem Monitoring menggunakan Internet of Things (IoT),” *Energi*, vol. 10, no. 1, pp. 7–10, 2020.

Biodata

Nama	: Kevin Priatama
TTL	: Ponorogo, 4 Februari 1998
Agama	: Islam
Alamat	: Komp. Bidadari Blok B No.64, Tanjung Piayu
Email	: Kevinpriatama82@Gmail.com
Riwayat Pendidikan	: SMKN 3 Batam

Lampiran

1. Solar PV di Departement Store area Gedung 2 PT. NOK Freudenberg

2. Lokasi PT. NOK Freudenberg berdasarkan dari PVsyst