

**ANALISIS POTENSI PLTS ATAP *ON GRID* PELANGGAN PLN DENGAN
DAYA TERPASANG 2200 VA PROVINSI LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

BANI IQBAL RAMADHAN

1815031013



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

ANALISIS POTENSI PLTS ATAP *ON GRID* PELANGGAN PLN DENGAN DAYA TERPASANG 2200 VA PROVINSI LAMPUNG

Oleh :

Bani Iqbal Ramadhan

Penyediaan energi listrik hingga akhir Desember 2021 menurut data statistik PLN 2021 total kapasitas terpasang pembangkit di Indonesia adalah 68,88 GW. Pembangkit dengan bahan bakar fosil gabungan masih mendominasi dengan porsi kapasitas terpasang sebesar 93,51 %, dan sisanya sebesar 6,49 % berasal dari energi baru dan terbarukan. Pemanfaatannya hingga saat ini masih sangat minim. PLTS merupakan pembangkit yang lebih bersih dengan biaya operasinya yang rendah. Mengacu pada outlook BPPT, bahan bakar pembangkit dari surya pada tahun 2025 ditargetkan mencapai porsi 1 % (BPPT, 2019). Jumlah pelanggan PLN yang besar berpotensi untuk penerapan pembangkit PLTS atap *On Grid* untuk mencapai bauran energi terbarukan berdasar RUPTL total rencana pengembangan PLTS diharapkan dapat mencapai target hingga 1047 MW dan bauran Energi Terbarukan ditargetkan mencapai 31% pada tahun 2050. (ESDM, 2018). Jumlah Pelanggan listrik Pelanggan PLN Provinsi Lampung sebesar 72.537 Pelanggan. Dilakukan analisis potensi energi dan reduksi emisi karbon PLTS Atap *On Grid* pada pelanggan PLN dengan daya terpasang 2200 VA menggunakan software PVSyst 7.2. Potensi energi rata-rata tiap wilayah PLTS yang didapat dikalikan dengan jumlah pelanggan. Potensi energi yang dihasilkan sebesar 158,34 GWh/tahun dan dapat memberikan kontribusi sebesar 3,13% dari total kebutuhan energi Provinsi Lampung yang mampu mereduksi emisi karbon pada baseline sebesar 133.005,6 ton CO₂/tahun.

Kata Kunci : PLTS *On Grid*, energi , Potensi Energi , Emisi karbon

ABSTRACT

POTENTIAL ANALYSIS OF *ON GRID* ROOFTOP PLTS FOR PLN CUSTOMERS WITH INSTALLED POWER 2200 VA LAMPUNG PROVINCE

By :

Bani Iqbal Ramadhan

Provision of electrical energy until the end of December 2021 according to PLN 2021 statistical data, the total installed capacity of generators in Indonesia is 68.88 GW. Power plants using combined fossil fuels still dominate with a share of installed capacity of 93.51%, and the remaining 6.49% comes from new and renewable energy. Utilization until now is still very minimal. PLTS is a cleaner generator with low operating costs. Referring to BPPT's outlook, fuel for generators from solar by 2025 is targeted to reach a portion of 1% (BPPT, 2019). The large number of PLN customers has the potential to implement rooftop PLTS generators *On Grid* to achieve the renewable energy mix based on RUPTL the total PLTS development plan is expected to reach the target of up to 1047 MW and the Renewable Energy mix is targeted to reach 31% by 2050. (ESDM, 2018). The number of PLN customers in Lampung Province is 72,537 customers. An analysis of the energy potential and carbon emission reduction of Rooftop PLTS was carried out *On Grid* for PLN customers with installed power of 2200 VA using PVSyst 7.2 software. The average energy potential of each PLTS area obtained is multiplied by the number of subscribers. The energy potential produced is 158.34 GWh/year and can contribute 3.13% of the total energy needs of Lampung Province which is able to reduce carbon emissions at a baseline of 133,005.6 tons of CO₂/year.

Keyword : *On Grid Solar Power Plant, renewable energy, Energy Potency, carbon Emissions*

**ANALISIS POTENSI PLTS ATAP *ON GRID* PELANGGAN PLN DENGAN
DAYA TERPASANG 2200 VA PROVINSI LAMPUNG**

**Oleh
BANI IQBAL RAMADHAN**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
SARJANA TEKNIK

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **ANALISIS POTENSI PLTS ATAP ON GRID
PELANGGAN PLN DENGAN DAYA
TERPASANG 2200 VA PROVINSI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Bani Iqbal Ramadhan**

No. Pokok Mahasiswa : **1815031013**

Jurusan : **Teknik Elektro**

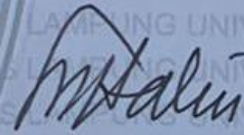
Fakultas : **Teknik**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Ir. Herri Gusmedi, S.T., M.T
197108131999031003



Dr. Eng., Lukmanul Hakim, S.T.,M.Sc.
197209232000121002

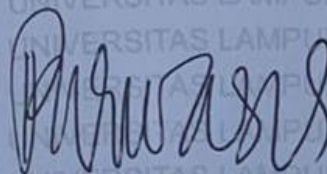
2. Mengetahui

**Ketua Jurusan
Teknik Elektro**



Herlinawati, S.T., M.T.
197103141999032001

**Ketua Program Studi
Teknik Elektro**

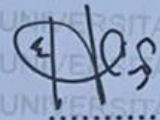


Dr. Nining Purwasih, S.T.,M.T.
197404222000122001

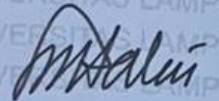
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

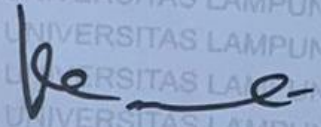
Ketua : Ir. Herri Gusmedi, S.T., M.T.



Sekretaris : Dr. Eng., Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Khairuddin, S.T., M.Sc., Ph.D. Eng**



2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. y
NIP. 197509282001121002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 13 Januari 2023



SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak ada terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan di dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 23 Februari 2023



Bani Iqbal Ramadhan



Penulis dilahirkan di Talang Padang, Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung pada tanggal 30 November 2000. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Alm. Bapak Purwadi dan Ibu Milyati yang diberi nama Bani Iqbal Ramadhan. Mengenai riwayat pendidikan, penulis lulus Sekolah Dasar di SDN 1 Banding Agung pada tahun 2012, lulus Sekolah Menengah Pertama di MTS N 2 Tanggamus pada tahun 2015, lulus Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Pringsewu pada tahun 2018, dan diterima di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama masa perkuliahan penulis telah melaksanakan Kerja Praktik di PT. Syntek Otomasi Indonesia Jakarta Selatan, dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Suka Bandung, Kecamatan Talang Padang, Kabupaten Tanggamus. Penulis merupakan asisten Laboratorium Konversi Energi Elektrik, Teknik Elektro, Universitas Lampung. Penulis aktif dalam kegiatan Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Fakultas Teknik Universitas Lampung sebagai anggota Komunikasi dan Informasi Organisasi pada periode 2019-2020.

SEBUAH KARYA

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Kuucapkan puji syukur kepada **Allah SWT** atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta shalawatku kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi pedoman hidupku

Alm. Bapak Purwadi dan Ibu Milyati, yang tiada henti selalu berkorban untuk anakmu sampai berada di titik ini, terimakasih tidak pernah putus doa, kasih sayang dan pengorbanannya selama ini.

Kakak Tersayang Adam Bayu Setiadi dan Vita Larasati, terimakasih bisa menjadi kakak yang selalu mendukung dan memberi solusi disaat adikmu sedang banyak masalah.

Bapak dan Ibu Dosen selaku orangtua di kampus, terimakasih atas bimbingan, nasehat, dan dukungan yang telah diberikan selama menempuh pendidikan.

Sahabat-Sahabat Terbaik, terimakasih telah menjadi bagian hidupku selama ini. Tanpa kalian, hidupku mungkin tidak akan ada cerita. Semoga suatu saat nanti kita bertemu kembali dengan kebahagiaan.

MOTTO

“Wahai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan salat sebagai penolongmu. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.”

- (QS Al Baqarah : 153) -

“Orang yang jatuh dan bangkit lebih kuat dari orang yang tidak pernah mencoba. Jangan takut gagal, tapi takutlah untuk tidak mencoba.”

- Roy T. Bennett –

“Yakinlah, ada sesuatu yang menanti selepas banyak kesabaran yang dijalani, hingga kau lupa betapa pedihnya rasa sakit”

(Ali bin Abi Thalib)

“Tanpa doa dan ridho ibu, kau bukanlah apa-apa dan tidak akan menjadi siapa-siapa.”

-Bani Iqbal Ramadhan-

SANWACANA

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Allhamdulillah puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT atas segala karunia, hidayah, serta nikmat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “**Analisis Potensi PLTS Atap *On Grid* Pelanggan PLN dengan Daya Terpasang 2200 VA Provinsi Lampung**” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama menjalani pengerjaan Skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Pak Meizano Ardhi Muhammad, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Yetti Yuniati, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik penulis atas saran yang membangun dan arahan yang telah diberikan kepada penulis.
4. Bapak Ir. Herri Gusmedi, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama tugas akhir saya terimakasih atas masukan, bimbingan, arahan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Dr. Eng. Lukmanul Hakim, S.T.,M.Sc. selaku Pembimbing Pendamping tugas akhir saya terima kasih atas masukan, bimbingan, arahan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Khairudin, Ph.D.Eng. selaku Penguji Utama, terima kasih atas masukannya guna membuat skripsi ini menjadi lebih baik lagi.

7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro, terima kasih atas didikannya, arahan dan bimbingan yang telah diberikan.
8. Mbak Nurul dan jajaran staf administrasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
9. Alm. Bapak Purwadi dan Ibu Milyati yang sangat saya sayangi, Kakak Adam Bayu Setiadi , Kakak Vita Larasati yang sangat saya banggakan serta semua keluarga yang telah mendukung penuh sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Rekan seperjuangan Nanda Safitriyani yang selalu mendukung penulis dalam suka maupun duka dan tidak pernah menyerah.
11. Sahabat dekat penulis Nizma Fadhilah dan Wahyuni yang selalu memberikan doa dan semangat buat penulis.
12. Teman-teman 3rd Bilingual (Aden, Ghifari, Fadil, Habib dkk) dan Anak MAMA (Billi, Upik, Agil ,Opan, Umar, Fadil dkk) yang selalu memberikan dukungan dan memotivasi sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
13. SINS 2018 (Nabil, Nopal, Suja, Osan, Ali , Mbel, Raden, Athalla, Jili, Arlex, Arfa, Azzam, Jamali, Tama, Syamil dan Aweng) teman seperjuangan dari maba yang selalu berbagi cerita dan canda tawa dimanapun kapanpun.
14. Bang Dendi, Bang Alif, Bang Aby, Bang Ramadhan, Bang Ogi, Bang Rahmat yang telah memberikan ilmu, saran dan kritik sejak penulis memulai penelitian.
15. Seluruh Keluarga Eltics 2018 atas waktu, senang dan sedih saat pengkaderan yang telah dirasakan bersama-sama selama perkuliahan ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.

Bandar Lampung, 12 Maret 2023

Penulis,

Bani Iqbal Ramadhan

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Hipotesis	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	4
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) <i>On Grid</i>	5
2.3 Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	7
2.3.1 PV Module	7
2.3.2 Inverter <i>On Grid</i>	10
2.4 Jenis Pemasangan PV Module	10
2.4.1 Ballast.....	10
2.4.2 Ground Mounted	11
2.4.3 Rooftop Rack	12
2.4.4 Floating	12

2.5	Software Perancang PLTS.....	13
2.5.1	Google Earth Pro.....	13
2.5.2	Meteonorm.....	14
2.5.3	PVSyst.....	15
2.6	Emisi Baseline.....	15
BAB III METODE PENELITIAN		20
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
3.2	Alat dan Bahan.....	20
3.3	Tahapan Penelitian.....	18
3.4	Diagram Penelitian.....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		20
4.1	Data.....	20
4.1.1	Data Iradiasi Dan Temperatur.....	20
4.1.2	Data Jumlah Pelanggan.....	36
4.1.3	Data Konsumsi Energi.....	38
4.2	Perancangan PLTS.....	39
4.2.1	Menghitung Daya yang Dibangkitkan.....	39
4.2.2	Menentukan Kapasitas Inverter.....	39
4.2.3	Pemilihan Komponen.....	40
4.2.4	Pemodelan Simulasi.....	43
4.2.5	Hasil Simulasi PVSyst.....	44
4.3	Potensi Energi PLTS 2200 VA.....	51
4.3.1	UP3 Tanjung Karang.....	51
4.3.2	UP3 Metro.....	53
4.3.3	UP3 Kotabumi.....	55

4.3.4	Total Produksi Energi PLTS Pelanggan PLN 2200 VA Provinsi Lampung	57
4.4	Perhitungan Reduksi Emisi Karbon	58
4.5	Persentase Jumlah Pelanggan 2200 VA	58
4.6	Persentase Energi PLTS terhadap Konsumsi Energi Lampung	58
BAB V PENUTUP		59
5.1	Kesimpulan.....	59
5.2	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA		60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	4
Gambar 2. 2 Cara kerja sistem PLTS On Grid	6
Gambar 2. 3 Diagram Panel Surya.....	8
Gambar 2. 4 Solar Cell jenis Polycrystalline	8
Gambar 2. 5 Solar Cell jenis Monocrystalline	9
Gambar 2. 6 Metode pemasangan ballast	11
Gambar 2. 7 Metode pemasangan ground mounted.....	12
Gambar 2. 8 Metode pemasangan rooftop rack	12
Gambar 2. 9 Metode pemasangan floating	13
Gambar 2. 10 Tampilan software Google Earth Pro.....	14
Gambar 2. 11 Tampilan Software Meteonorm	15
Gambar 2. 12 Software PVSyst	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 4. 1 Kurva Karakteristik Arus Tegangan berdasarkan Iradiasi.....	41
Gambar 4. 2 Kurva Karakteristik Daya Tegangan berdasarkan Iradiasi	42
Gambar 4. 3 Kurva Karakteristik Arus dan Tegangan berdasarkan Temperatur..	42

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan	20
Tabel 4. 1 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Karang	20
Tabel 4. 2 Data Iradiasi ULP dan Temperatur Teluk Betung	21
Tabel 4. 3 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Way Halim.....	22
Tabel 4. 4 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Natar	22
Tabel 4. 5 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Sutami.....	23
Tabel 4. 6 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Kalianda.....	24
Tabel 4. 7 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Sidomulyo.....	24
Tabel 4. 8 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Metro	25
Tabel 4. 9 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Bandar Jaya	26
Tabel 4. 10 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Kalirejo	27
Tabel 4. 11 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Kota Agung	27
Tabel 4. 12 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Pringsewu	28
Tabel 4. 13 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Rumbia	29
Tabel 4. 14 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Sribhawono.....	30
Tabel 4. 15 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Sukadana.....	30
Tabel 4. 16 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Talang Padang	31
Tabel 4. 17 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Bumi Abung	32
Tabel 4. 18 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Bukit Kemuning	33
Tabel 4. 19 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Blambangan Umpu.....	33
Tabel 4. 20 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Menggala	34
Tabel 4. 21 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Pulung Kencana.....	35
Tabel 4. 22 Data Iradiasi dan Temperatur ULP Liwa.....	36
Tabel 4. 23 Jumlah Seluruh Pelanggan PLN Provinsi Lampung.....	36
Tabel 4. 24 Jumlah Pelanggan PLN 2200 VA Provinsi Lampung	37
Tabel 4. 25 Jumlah Pelanggan PLN 2200 VA UP3 Tanjung Karang	37

Tabel 4. 26 Jumlah Pelanggan PLN 2200 VA UP3 Metro	38
Tabel 4. 27 Jumlah Pelanggan PLN 2200 VA UP3 Kotabumi	38
Tabel 4. 28 Konsumsi Energi Lampung	39
Tabel 4. 29 Data Spesifikasi Panel Surya	40
Tabel 4. 30 Data Spesifikasi Inverter	40
Tabel 4. 31 Perancangan Sistem PLTS Pelanggan PLN 2200 VA Provinsi Lampung	43
Tabel 4. 32 Produksi Energi PLTS Per Pelanggan 2200 VA UP3 Tanjung Karang	44
Tabel 4. 33 Hasil Simulasi PVSyst Energi PLTS UP3 Tanjung Karang	45
Tabel 4. 34 Produksi Energi PLTS Per Pelanggan 2200 VA UP3 Metro.....	46
Tabel 4. 35 Hasil Simulasi PVSyst Energi PLTS Tertinggi UP3 Metro	48
Tabel 4. 36. Produksi Energi PLTS Per Pelanggan 2200 VA Kotabumi.....	48
Tabel 4. 37 Hasil Simulasi PVSyst Energi PLTS Tertinggi UP3 Kotabumi	50
Tabel 4. 38 Produksi Energi PLTS per Pelanggan Golongan Tarif 2200 VA UP3 Tanjung Karang.....	51
Tabel 4. 39 Total Produksi Energi PLTS 2200 VA UP3 Tanjung Karang	52
Tabel 4. 40 Produksi Energi PLTS per Pelanggan Golongan Tarif 2200 VA UP3 Metro	53
Tabel 4. 41 Total Produksi Energi PLTS 2200 VA UP3 Metro	55
Tabel 4. 42 Produksi Energi PLTS per Pelanggan golongan Tarif 2200 VA UP3 Metro	55
Tabel 4. 43 Total Produksi Energi PLTS UP3 Kotabumi	57
Tabel 4. 44 Total Produksi Energi PLTS Pelanggan PLN Provinsi Lampung	57

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan peningkatan kebutuhan energi dunia semakin meningkat yang di dalamnya terdapat kebutuhan energi listrik. Indonesia memiliki potensi yang besar sebagai negara dengan perekonomian terbesar di wilayah Asia Tenggara di mana pada tahun 2021, pertumbuhan ekonomi naik sebesar 3,51%. [Berita Resmi Statistik, (2021)].

Indonesia adalah negara tropis yang letak geografisnya dilalui oleh garis khatulistiwa sehingga memiliki potensi energi panas matahari yang cukup besar. Intensitas radiasi matahari yang dimiliki oleh Indonesia rata-rata sebesar 4,8 kWh/m² atau setara dengan 112.000 GWp perhari dengan variasi rata-rata 9% tiap bulannya [2]. Khususnya pada Provinsi Lampung memiliki intensitas radiasi matahari rata-rata sebesar 4,43 kWh/m²/hari dengan rata-rata variasi perbulan 7% [3]. Ini memperlihatkan potensi yang besar dalam melakukan pengembangan dan pemanfaatan PLTS di kemudian hari. Pelanggan PLN Provinsi Lampung dengan daya 2200 VA memasang PLTS untuk investasi kedepannya dan dapat mereduksi karbon.

Penyediaan energi baru dan terbarukan yang lebih ramah terhadap lingkungan akhir-akhir ini lebih mengemuka tidak hanya karena energi fosil yang semakin menipis tapi sebagai bentuk tanggung jawab terhadap energi berkelanjutan. Lebih khusus terhadap pemanfaatan energi surya yang secara ironis yang berpotensi terbesar justru pemanfaatannya paling sedikit. Khususnya di Provinsi Lampung sumber energi listrik masih bersumber dari bahan bakar seperti batu bara dan solar

yang semakin menipis. Maka diperlukan adanya PLTS atap *On Grid* untuk pelanggan PLN dengan daya terpasang 2200 VA Provinsi Lampung.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang PLTS Atap *On Grid* pada Pelanggan PLN 2200 VA Provinsi Lampung menggunakan PVSyst
2. Menghitung potensi energi yang dihasilkan dan potensi reduksi emisi karbon dari PLTS atap *On Grid* Pelanggan PLN 2200 VA Provinsi Lampung

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merancang PLTS Atap *On Grid* Pelanggan PLN 2200 VA Provinsi Lampung?
2. Bagaimana cara menghitung potensi energi yang dihasilkan dan potensi reduksi emisi karbon dari PLTS atap *On Grid* Pelanggan PLN 2200 VA Provinsi Lampung?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Iradiasi dan temperatur menggunakan rata-rata bulanan Provinsi Lampung
2. Pelanggan PLN Provinsi Lampung dengan daya terpasang 2200 VA

1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini dapat diambil beberapa manfaat yang mencakup hal berikut:

1. Menjadikan penelitian ini sebagai referensi bagi masyarakat Lampung untuk memasang PLTS.
2. Menjadikan rekomendasi bacaan mengenai sebuah perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber pemasok energi terbarukan.
3. Mendapatkan pengalaman serta pembelajaran penting bagi penulis mengenai perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid*.

1.6 Hipotesis

Pemanfaatan PLTS Atap *On Grid* Pelanggan PLN 2200 VA Provinsi Lampung berpotensi menghemat sebesar 2,97% konsumsi energi Lampung.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas dalam penulisan dan pemahaman mengenai materi dalam penelitian ini, maka dibagi menjadi 5 bab, yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memaparkan beberapa teori pendukung dan referensi materi yang diperoleh dari berbagai sumber buku, jurnal dan penelitian ilmiah yang digunakan untuk penulisan laporan tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini memaparkan waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, metode penelitian, dan diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menganalisa dan menjelaskan hasil data dari perhitungan dan analisis sebagai pembahasan dari penelitian ini.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan kesimpulan dan saran yang didasarkan pada hasil data dan pembahasan dari perhitungan serta analisis yang telah dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) adalah pembangkit listrik yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. PLTS secara umum dapat beroperasi dengan dua macam sistem, yaitu Sistem PLTS *off grid* dan sistem PLTS *On Grid*. Pada sistem PLTS *off grid*, biasanya energi listrik yang telah dihasilkan akan disimpan terlebih dahulu didalam baterai. Sedangkan pada sistem PLTS *On Grid* energi listrik yang dihasilkan akan dihubungkan dengan jaringan transmisi. [1]

Komponen pada PLTS yang berperan mengubah energi matahari menjadi energi listrik adalah Modul Surya. Modul surya menghasilkan jenis listrik DC (*Direct Current*). Agar dapat digunakan pada beban atau kebutuhan sehari – hari, maka tegangan DC harus di ubah menjadi AC. Alat yang berperan untuk mengkonversikan energi yang dihasilkan oleh modul surya ini adalah Inverter. [1]



Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

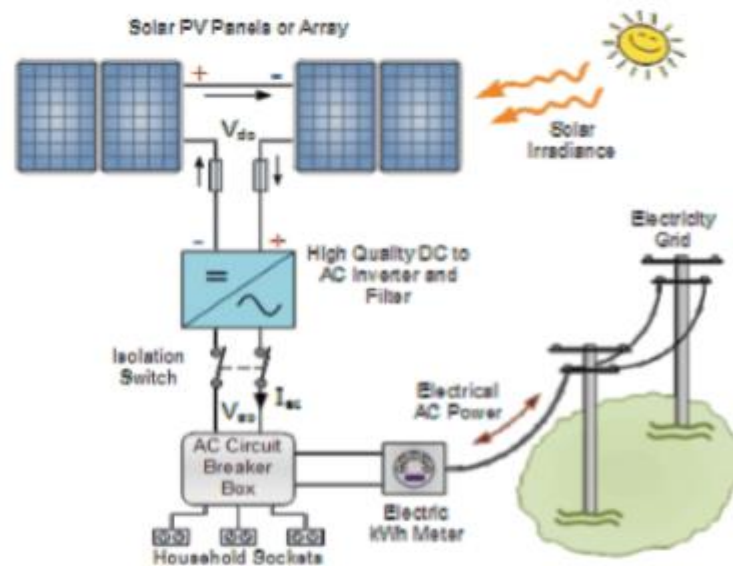
(sumber : [Bani Iqbal](#), 09 November 2021)

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid*

Sistem PLTS *On Grid* merupakan jenis sistem yang tidak menggunakan baterai. Listrik yang dihasilkan terhubung langsung ke jaringan PLN, atau langsung digunakan pada beban. Sistem PLTS *On Grid* sangat cocok untuk diaplikasikan pada rumah tangga. Panel surya dapat diletakkan pada atap rumah agar dapat menyerap cahaya matahari dengan maksimal. Apabila kita menerapkan sistem ini, maka kita dapat mengurangi pemakaian dan pengeluaran biaya listrik dari PLN. [2]

Pengaplikasian sistem PLTS *On Grid* dapat beroperasi langsung dengan sistem kelistrikan PLN. Panel Surya menghasilkan arus listrik yang dihubungkan dengan jaringan listrik PLN yang kemudian akan dialirkan pada beban. Ketika siang hari, pemakaian listrik dapat menggunakan energi listrik yang dihasilkan panel. Sedangkan saat malam hari tetap memakai arus listrik yang bersumber dari PLN karena panel surya tidak menghasilkan atau memproduksi listrik. [3]

Sistem *On Grid* yang terhubung langsung dengan jaringan listrik PLN tidak hanya bisa diaplikasikan di rumah tangga saja. Sistem *On Grid* ini juga dapat digunakan pada gedung perkantoran atau pabrik yang sudah menggunakan tarif progresif sehingga dapat mengurangi tagihan listrik bulanan. Dewasa ini, sistem *On Grid* mulai banyak diaplikasikan dan sudah terbukti dapat mengurangi tagihan listrik PLN secara signifikan. Tentunya hal ini juga tergantung dari besarnya kapasitas dari panel surya yang dipasang. Keuntungan dari sistem *On Grid* di Indonesia adalah sudah dilakukan perancangan yang matang. Sehingga hasil dari perancangannya dapat disinkronkan dengan jaringan listrik PLN. [4]



Gambar 2. 2 Cara kerja sistem PLTS *On Grid*

Dilihat dari Gambar 2.2 Cara kerja sistem on-grid adalah panel surya mengubah sinar matahari menjadi arus listrik searah, yaitu Direct Current (DC). Arus ini kemudian dikirim ke inverter. Inverter kemudian mengubah DC menjadi arus listrik bolak-balik Alternating Current (AC), kemudian menyalurkan arus tersebut ke berbagai perangkat elektronik di rumah. Listrik ini kemudian dialihkan ke jaringan untuk penggunaan sehari-hari. [2]

Ketika panel surya menghasilkan energi listrik yang berlebih dari kebutuhan harian kita, kelebihan listrik tersebut akan dikirim otomatis ke jaringan PLN. Saat malam hari ketika kebutuhan beban tinggi dan panel surya tidak bekerja optimal, secara otomatis, listrik yang berasal dari jaringan PLN akan digunakan. [2]

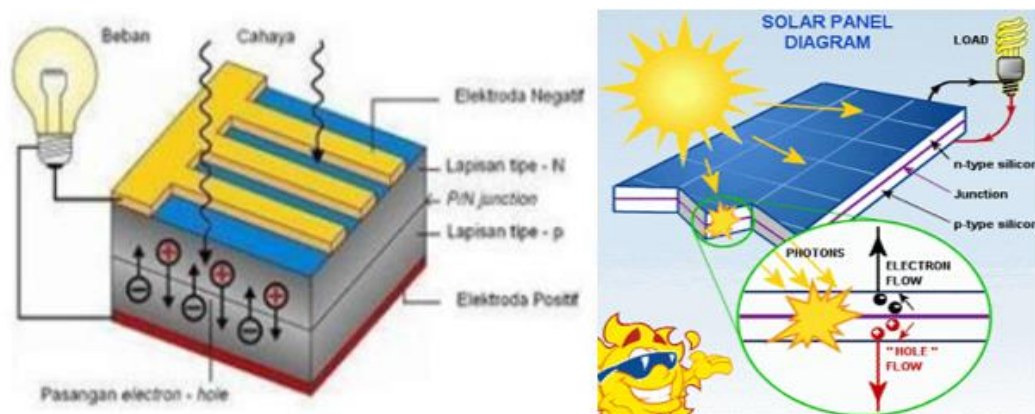
Inverter string berfungsi untuk mengatur aliran listrik, sehingga daya dari panel surya selalu menjadi prioritas daripada listrik dari jaringan PLN. Hanya saja sistem *On Grid* tidak akan berfungsi jika terjadi pemadaman listrik dari jaringan PLN.

2.3 Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PLTS tersusun dari beberapa komponen sehingga energi matahari bisa menghasilkan listrik hingga listrik dapat digunakan beban.

2.3.1 PV Module

Pada dasarnya, panel surya atau sel surya merupakan komponen utama dari PLTS yang merupakan perangkat semikonduktor yang digunakan untuk merubah energi cahaya menjadi menjadi arus searah yang terbagi menjadi semikonduktor tipe N dan semikonduktor tipe P. Semikonduktor tipe N diberikan doping senyawa golongan V yaitu fosfor yang memiliki 5 elektron bebas dan hanya memiliki 4 hole, sehingga kelebihan 1 elektron bebas. Sedangkan semikonduktor tipe P didoping dengan senyawa golongan III yaitu boron yang hanya memiliki 3 elektron dan memiliki 4 hole, sehingga memiliki kelebihan hole. Di dalam sel surya terdapat kristal silindris terbentuk karena pemanasan silicon dengan tekanan yang diatur sehingga silicon itu berubah menjadi konduktor. Sel-sel pada silikon disusun secara seri parallel dalam sebuah panel yang terbuat dari aluminium dan dilindungi oleh kaca atau plastik. Lalu tiap sambungan sel diberi penghubung atau sambungan yang dapat menghantarkan listrik. Ketika rangkaian sel tersebut terkena sinar matahari maka pada sambungan itu mengalir arus listrik. Arus yang dihasilkan oleh sel surya adalah arus searah yang selanjutnya diubah menjadi arus bolak balik agar bias didistribusikan. Energi yang dapat dihasilkan oleh sel surya bergantung dari jumlah *irradiance* atau intensitas cahaya yang masuk ke dalam sel surya dan luas permukaan sel surya. [5] Gambar 2.3 di bawah ini menunjukkan Diagram Panel Surya.

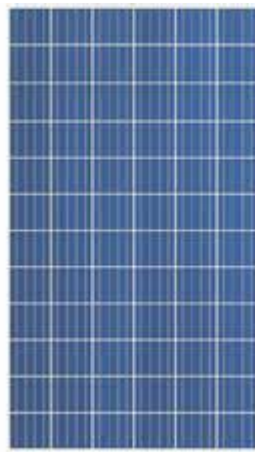


Gambar 2. 3 Diagram Panel Surya

Sumber : (hanfysolar.com, 2020)

2.3.1.1 Polycrystalline

Jenis panel surya ini terbuat dari bahan semikonduktor yang dilebur atau dicairkan yang kemudian dituangkan ke dalam cetakan yang berbentuk persegi yang saling terhubung. Efisiensi dari *polycrystalline* adalah 13% - 16%. Solar cell *polycrystalline* memiliki perbedaan warna biru yang mencolok dibandingkan dengan jenis *monocrystalline* yang berwarna hitam. [6] Gambar 2.4 di bawah ini menunjukkan modul PV dengan jenis *polycrystalline*.



Gambar 2. 4 Solar Cell jenis *Polycrystalline*

(sumber : <https://images.app.goo.gl/pusFetvbWnQ3tts86>, 11 Maret 2022)

Adapun kelebihan dan kelemahan dari sel surya polycrystalline adalah sebagai berikut:

a. Kelebihan

- Proses yang digunakan dalam membuat silicon *polycrystalline* lebih sederhana dan lebih murah.
- Limbah yang dihasilkan saat pembuatan panel lebih sedikit dibandingkan *monocrystalline*.
- Memiliki toleransi suhu yang cenderung lebih sedikit dibandingkan dengan solar sel *monocrystalline*.

b. Kekurangan

- Efisiensi panel *polycrystalline* relatif lebih kecil dibandingkan dengan *monocrystalline*.
- Membutuhkan luas lahan yang lebih besar dibandingkan menggunakan panel *monocrystalline*.
- Tampilan panel *polycrystalline* kurang estetik dikarenakan warna biru yang berbinik-bintik.

2.3.1.2 Monocrystalline

Jenis panel surya ini terbuat dari batangan kristal *silicon* murni yang diiris tipis-tipis. Efisiensi dari *monocrystalline* adalah 15% - 20% merupakan yang tertinggi dari jenis lainnya. Pemakaian *monocrystalline* dapat mengurangi penggunaan lahan, sehingga lahan yang tersedia dapat dimaksimalkan. [7] Gambar 2.5 menunjukkan modul pv dengan jenis *monocrystalline*.



Gambar 2. 5 Solar Cell jenis *Monocrystalline*

(sumber : <https://images.app.goo.gl/Ng7km9vn9baYrYpH7>, 11 Maret 2022)

Berikut ini adalah keunggulan dan kelemahan dari panel *monocrystalline* adalah sebagai berikut :

a. Kelebihan

- Memiliki efisiensi relatif tinggi dari jenis lainnya adalah 15-20%.
- Membutuhkan lahan yang lebih sedikit dengan daya yang sama dibandingkan dengan jenis lainnya.
- Jenis *monocrystalline* lebih awet dan dapat beroperasi selama 25 tahun.

- Performa *monocrystalline* lebih baik dari pada *polycrystalline* pada saat mendung, sehingga jenis ini ideal untuk daerah yang sering hujan.

b. Kelemahan

- *Monocrystalline* merupakan sel surya yang paling mahal.
- Tingkat kinerja cenderung lebih cepat menurun pada suhu yang semakin tinggi dari keadaan standar.
- Menghasilkan limbah yang lebih banyak ketika sel silicon dipotong pada saat pembuatan modul *Monocrystalline*.

2.3.2 Inverter *On Grid*

Inverter *On Grid* adalah komponen PLTS yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) yang dihasilkan panel surya menjadi arus listrik AC dan mengirimkan arus tersebut ke jaringan listrik PLN. Ada dua fungsi utama inverter *On Grid*, yaitu mengubah DC ke AC dan mengirimkan arus AC ke meteran listrik sebelum mengalir ke jaringan PLN. [3]

Inverter *On Grid* dirancang khusus untuk sistem PLTS yang terhubung jaringan listrik dimana tidak memerlukan baterai. Inverter jenis ini mengubah listrik searah (DC) yang dihasilkan panel surya menjadi listrik arus bolak-balik (AC).

2.4 Jenis Pemasangan PV Module

Pemasangan panel surya perlu diperhatikan dengan kondisi lahan yang digunakan, karena lahan yang digunakan akan menentukan komponen terpasang dan teknis pemasangan panel surya. Adapun metode-metode yang digunakan adalah sebagai berikut :

2.4.1 Ballast

Pemasangan dengan menggunakan pemberat dari beton yang diletakkan pada posisi diinginkan. Jenis pemasangan dengan *ballast* biasanya diaplikasikan pada area yang terbuat dari beton seperti pada gedung-gedung yang memiliki atap beton. Tujuan dari penambahan pemberat adalah sebagai penopang rangka agar tidak merusak gedung. Gambar 2.6 menunjukkan metode pemasangan *ballast*. [5]



Gambar 2. 6 Metode pemasangan ballast

(sumber : <https://images.app.goo.gl/Ch4mXqJMqv1VaECG8>, 20 Maret 2022)

2.4.2 Ground Mounted

Metode pemasangan dengan menggunakan tiang sebagai penopang panel yang ditinggikan dari tanah untuk memaksimalkan sinar matahari mengenai panel. Biasanya metode *ground mounted* diaplikasikan pada tanah dan memiliki objek lain disekitarnya yang memungkinkan menghasilkan bayangan kepada panel. Metode pemasangan seperti ini biasanya pada area tanah yang tidak datar dan memiliki objek disekitarnya yang menghalangi sinar matahari. Gambar 2.7 menunjukkan pemasangan ground mounted. [5]



Gambar 2. 7 Metode pemasangan *ground mounted*

(sumber : <https://images.app.goo.gl/LedxPj2VjhS6tZ3U9>, 20 Maret 2022)

2.4.3 Rooftop Rack

Metode *Rooftop Rack* diaplikasikan pada atap rumah ataupun gedung yang posisinya miring. Besi penyangga akan dipasang dengan menggunakan baut sebagai penguat agar kokoh. Metode pemasangan ini ditempatkan pada bangunan yang memiliki atap miring, sehingga modul panel ditempatkan sesuai dengan kemiringan dan kontur atap bangunan itu sendiri. [5] Gambar 2.8 di bawah ini menunjukkan metode pemasangan *Rooftop Rack*.



Gambar 2. 8 Metode pemasangan *rooftop rack*

(sumber : <https://images.app.goo.gl/dVFoXmskMw8mwrS27>, 20 Maret 2022)

2.4.4 Floating

Metode *Floating* diaplikasikan pada lahan perairan seperti di danau, waduk, dan lainnya. *Floating* menggunakan bahan apung yang digunakan untuk menopang panel tetapi tidak tenggelam. Penyangga pada modul panel terbuat dari bahan *sterofom* yang menjaga modul panel tetap berada di atas air dan tidak tenggelam. [5] Gambar 2.9 di bawah ini menunjukkan metode pemasangan floating.



Gambar 2. 9 Metode pemasangan floating

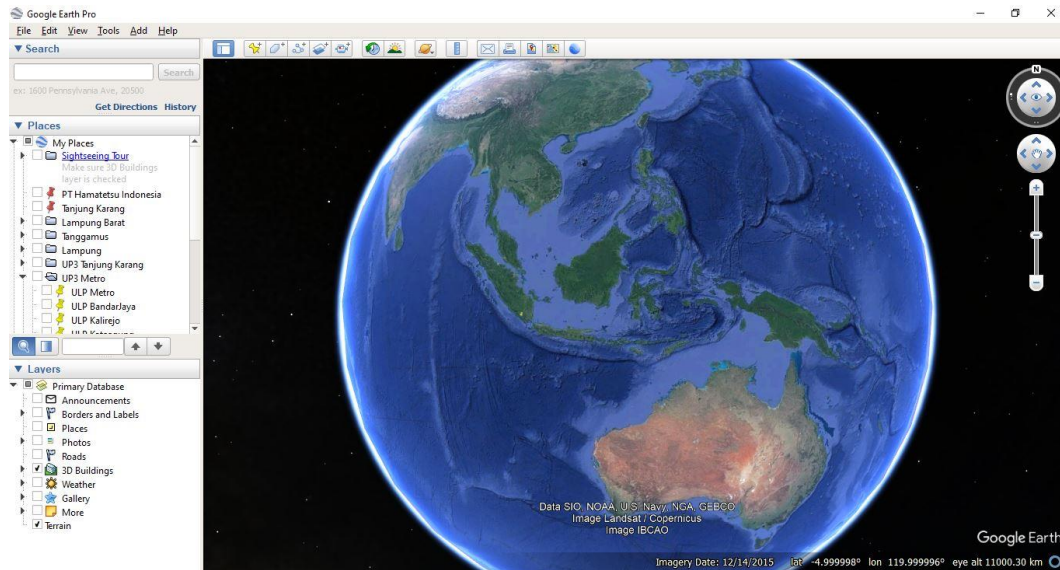
(sumber : <https://images.app.goo.gl/e6gXd4KqgCuHtQqT6>, 15 November 2021)

2.5 Software Perancang PLTS

Untuk merancang suatu PLTS diperlukan adanya software yang berguna untuk memudahkan simulasi PLTS. Adapun software yang dipakai adalah sebagai berikut:

2.5.1 Google Earth Pro

Google Earth merupakan sebuah *software* berupa globe virtual yang berisi pemetaan bumi berdasarkan gambar yang dikumpulkan dari pemetaan satelit, fotografi udara dan globe GIS. Dengan fungsi untuk melihat gambaran lokasi daerah yang ditentukan. Gambar 2.10 di bawah ini menunjukkan tampilan software pada Google Earth Pro. [8]

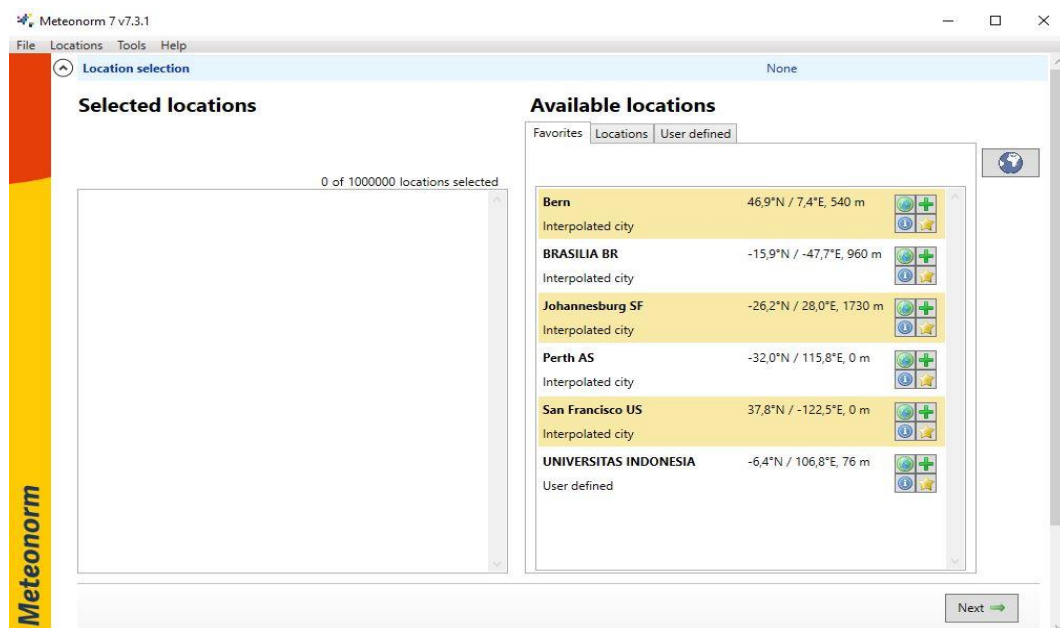


Gambar 2. 10 Tampilan software Google Earth Pro

(sumber : dokumen pribadi, 20 Maret 2022)

2.5.2 Meteonorm

Meteonorm merupakan perangkat lunak yang berisikan database meteorologi yang di dalamnya terdiri dari data klimatologi di setiap lokasi di dunia. Yang hasilnya merupakan olah data jangka panjang serta nilai rata-rata tahunan periode iklim waktu dapat diatur berdasarkan pengaturan pengguna. Gambar 2.11 di bawah ini menunjukkan tampilan software Meteonorm.

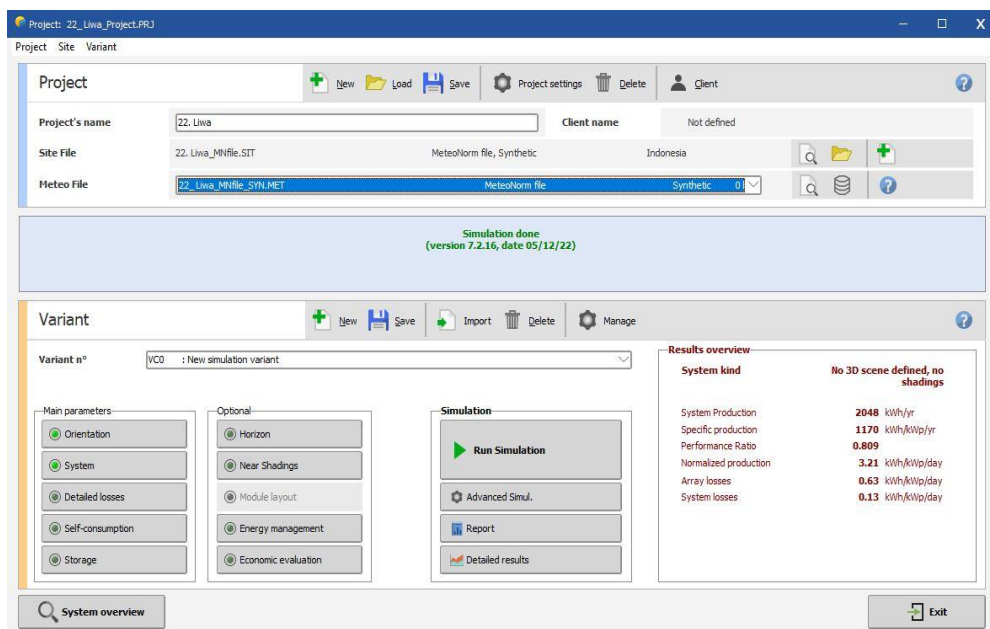


Gambar 2. 11 Tampilan Software Meteonorm

(sumber : dokumen pribadi, 20 Maret 2022)

2.5.3 PVSyst

PVSyst adalah sebuah *software* yang digunakan untuk menganalisa, mengukur, mempelajari, dan mensimulasikan sistem PV dan juga penyimpanan energi untuk melakukan analisa kelayakan teknologi energi baru yaitu PLTS. Setiap model juga mencakup integrasi produk, sistem dan *database* iklim sehingga dapat membantu secara cepat dan mudah melakukan analisa kelayakan sistem PLTS yang ingin dibangun. [9] Gambar 2.12 di bawah ini menunjukkan tampilan software PVSyst.



Gambar 2. 12 Software PVSyst

(sumber : dokumen pribadi, 20 Maret 2022)

2.6 Emisi Baseline

Emisi baseline adalah emisi GRK yang timbul jika PLTS tidak dibangun dan beroperasi. Diasumsikan bahwa tanpa PLTS, maka sebuah daerah akan mendapatkan listrik dari jaringan listrik (*On Grid*). Sehingga, emisi baseline dihitung dengan mengalikan produksi listrik neto aksi mitigasi dengan Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrkan. Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrkan

adalah faktor emisi CO₂ combined margin untuk pembangkitan listrik di sistem interkoneksi tenaga listrik tersebut yang dihitung dan dipublikasikan oleh Kementerian ESDM. Faktor emisi combined margin yang digunakan adalah nilai terendah dari faktor emisi ex-post dan ex-ante. Apabila nilai faktor emisi CO₂ combined margin pada sistem interkoneksi tersebut tidak tersedia maka dapat menggunakan nilai faktor emisi yang tersedia pada sistem interkoneksi tersebut. Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan dihitung berdasarkan panduan Clean Development Mechanism: “Tool to calculate the emission factor for an electricity system” versi terakhir. [10] Berikut ini adalah rumus perhitungan emisi baseline.

$$EB_y = PL_y \times FEG_y$$

Keterangan :

EB_y = Emisi baseline dalam periode y (ton CO₂)

PL_y = Jumlah energi listrik neto yang disalurkan oleh aksi mitigasi ke sistem interkoneksi tenaga listrik dalam periode y (MWh)

FEG_y = Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan dalam periode y (tCO₂/MWh)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu dan tempat penelitian dilaksanakan sejak bulan Maret 2022 hingga Oktober 2022 bertempat di Laboratorium Sistem Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan	Waktu							
	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Okt	Nov	Des
Studi Literatur	■	■						
Seminar Proposal				■				
Pengumpulan data		■	■	■	■			
Penulisan Laporan, Analisis, dan Pembahasan				■	■			
Seminar Hasil						■		
Perbaikan Laporan						■	■	■
Komprehensif								■

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Laptop Asus X441U dengan spesifikasi Processor Intel Core i3-6006U Skylake gen 6th dengan VGA NVIDIA GeForce 920MX 2GB, Ram 4 GB dan OS Windows 10 Home 64 bit
2. Perangkat Lunak Google Earh Pro
3. Perangkat Lunak Meteonorm
4. Perangkat Lunak PVSyst
5. Data Sheet Panel dan Inverter
6. Data Jumlah Pelanggan PLN Lampung 2200 VA

3.3 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan dalam Penelitian berikut ini adalah

1. Studi Literatur

Pada tahap ini, penulis mempelajari dan mengumpulkan literatur mengenai PLTS *On Grid*. Sumber yang menjadi referensi diantaranya buku, jurnal ilmiah dan penelitian terdahulu.

2. Lokasi Penelitian

Penulis melakukan penelitian di Provinsi Lampung. Pada tahapan ini bertujuan untuk mencari data yang diperlukan untuk pembahasan Analisis Potensi PLTS atap *On Grid* Pelanggan PLN dengan Daya Terpasang 2200 VA Lampung.

3. Perancangan Teknis

Pada tahapan ini, penulis melakukan perancangan terhadap kapasitas PLTS yang akan dibangun, menentukan spesifikasi komponen yang akan digunakan serta daya yang dapat dihasilkan PLTS tersebut.

4. Menghitung Energi

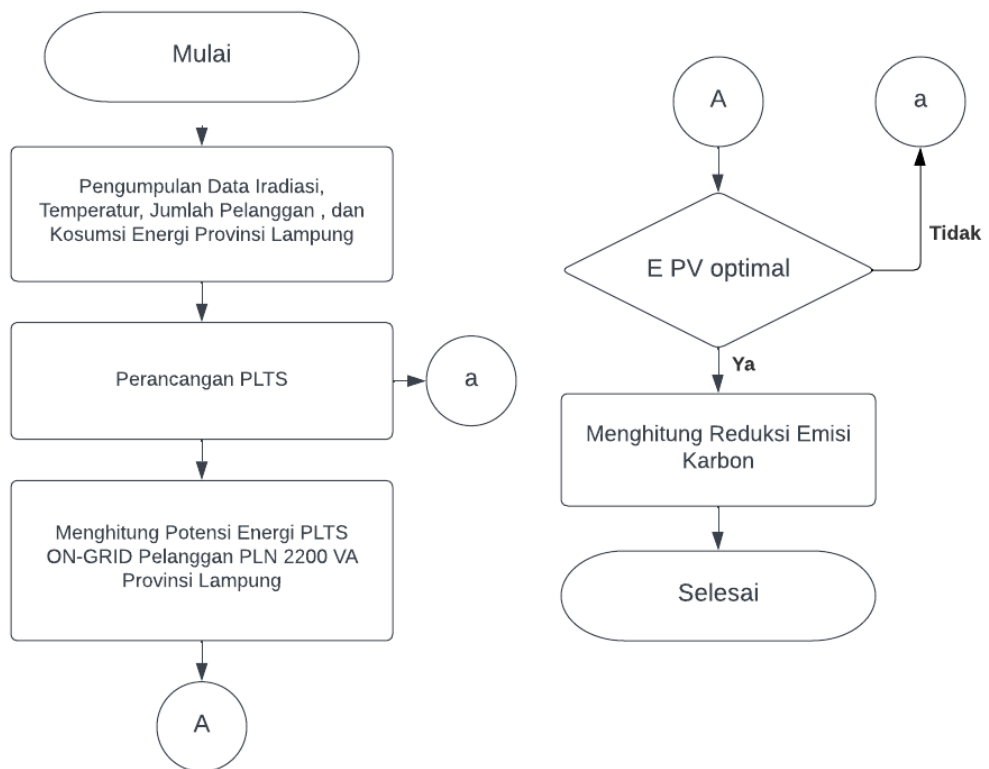
Energi yang dihasilkan dari simulasi kemudian dihitung dengan jumlah Pelanggan PLN dengan Daya Terpasang 2200 VA Provinsi Lampung.

5. Penulisan Laporan

Pada tahap ini, penulis menyajikan hasil penelitian dalam bentuk laporan akhir. Hasil penelitian ini dapat memberikan rekomendasi apakah analisis potensi PLTS atap *On Grid* pada pelanggan PLN 2200 VA Lampung baik untuk dilakukan. Laporan ini digunakan sebagai bentuk tanggungjawab penulis terhadap tugas akhir yang telah dilakukan dan digunakan untuk melakukan seminar akhir.

3.4 Diagram Penelitian

Adapun diagram penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, kesimpulan dari penelitian adalah sebagai berikut.

1. Potensi energi yang dapat diproduksi PLTS atap *On Grid* Pelanggan PLN Provinsi Lampung daya 2200 VA sebesar 158,34 GWh/tahun atau memberikan kontribusi sebesar 3,13% dari total kebutuhan energi Provinsi Lampung
2. PLTS atap *On Grid* Pelanggan PLN Provinsi Lampung daya 2200 VA mampu mereduksi emisi karbon sebesar 133.005,6 ton CO₂/tahun.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat membahas lebih lanjut pada aspek-aspek lainnya seperti biaya kebutuhan PLTS yang akan dirancang untuk pelanggan PLN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Michael, "Solar Electricity Handbook," *Greenstream Publishing*, 2017.
- [2] BPPT, "The Impact of Increased Utilization of New and Renewable Energy on the National Economy," *Indonesia Energy Outlook*, 2019.
- [3] D. Wibeng, "Lontar UI-Simulator Algoritma," 2008.
- [4] E. Kementerian, "Peraturan Menteri ESDM tentang PLTS Atap terhubung Jaringan," *Kementerian ESDM*, 2021.
- [5] E. W. d. Jaka Windarta, "Studi Perancangan PLTS dengan Sistem ON GRID untuk Supply Listrik pada Lingkungan Bank Perkreditan Rakyat Pedesaan di BPR BKK Mandiraja cabang Wanayasa Kabupaten Banjar Negera ditinjau dari Teknik dan Ekonomi Teknik," *Seminar Nasional Pengabdian kepada Masyarakat UNDIP*, 2020.
- [6] I. Narayana, "Incentive Instrument for PV Development," *International Workshop on PV Feed in Tariff*, 2010.
- [7] K. ESDM, "Faktor Emisi Pembangkit Listrik," 2021. [Online]. Available: gatrik.esdm.go.id. [Diakses 12 12 2022].
- [8] J. Fahmi, "Studi Awal Penerapan Distributed Generation untuk Optimalisasi PLTS Atap ON GRID pada Pelanggan PLN Sistem Jawa Bali Untuk Memenuhi Target EBT Nasional," 2021.
- [9] K. Kananda, "Studi Kasus Kampus Institut Teknologi Sumatera Menuju Smart Kampus," *Journal of Science and Applicative Technology*, vol. 1, no. 2, 2017.
- [10] M. G.V, "Comprehensive Approach to Modelling and Simulation of Photovoltaic Arrays," *IEEE Transaction on Power Electronics*, vol. 24, no. 5, pp. 1198-1208, 2009.

- [11] M. Usman, "Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik yang Dihasilkan Panel Surya," *Power Electron. J. Orang Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 52-57, 2020.
- [12] PT. PLN. (Persero), "Kapasitas Terpasang (MW)," *Statistik PLN*, 2021.
- [13] R. Sianipar, "Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya," 2014.
- [14] Y. C. Erick Radwitya, "Perencanaan PLTS ON GRID dilengkapi panel ATS di Laboratorium Teknik Elektro Politeknik Negeri Ketapang," *EPIC*, vol. 3, no. 1, pp. 52-58, 2020.