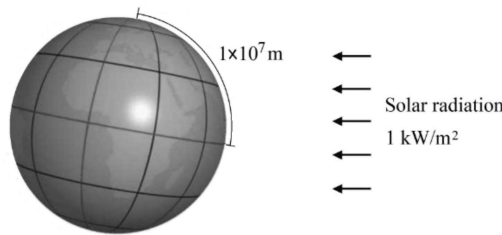


BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Energi Surya

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, kepadatan daya rata-rata radiasi matahari di luar atmosfer bumi adalah 1.366 W/m^2 , yang dikenal sebagai konstanta matahari. Setelah menembus atmosfer dan mencapai permukaan bumi, kepadatan daya sinar matahari berkurang, dengan nilai rata-rata sekitar 1 kW/m^2 (C. Julian Chen, 2024).



Gambar II.1 *Annual solar energy arriving at surface of Earth*

(C. Julian Chen, 2024)

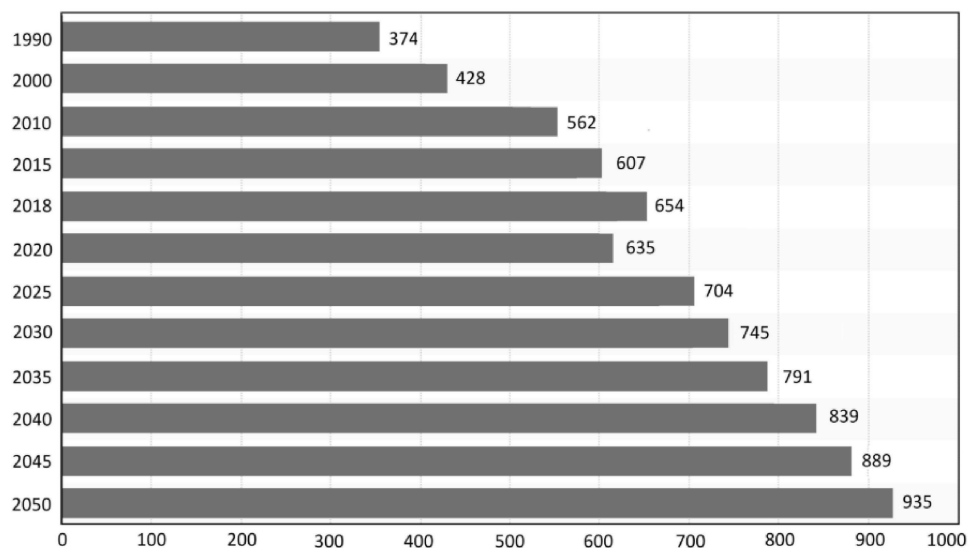
Definisi asli meter oleh Akademi Perancis pada tahun 1791 adalah sepersepuluh juta meridian bumi, panjang dari Kutub Utara hingga ekuator, lihat Gambar 1.1. Definisi ini masih cukup akurat menurut pengukuran modern. Jadi, jari-jari bumi adalah $(2/\pi) \times 10^7 \text{ m}$. Dengan menggunakan nilai rata-rata 1 kW/m^2 , maka total daya radiasi matahari yang mencapai bumi adalah:

$$\text{Solar Power} = 1 \times \frac{4}{\pi} \times 10^7 \cong 1.26 \times 10^7 \text{ W} \quad (2.1)$$

Setiap hari memiliki 86.400 detik, dan rata-rata setiap tahun memiliki 365,24 hari. Total energi radiasi matahari yang mencapai bumi per tahun adalah

$$\text{Annual Solar Energy} = 1,26 \times 10^7 \times 86.400 \times 365,24 \cong 4 \times 10^{24} \text{ J} \quad (2.2)$$

Energi matahari tahunan yang mencapai Bumi adalah sekitar 4 juta EJ. Seperti ditunjukkan pada Gambar 1.2, pada tahun 2020, konsumsi energi seluruh dunia adalah sekitar 635 EJ. Hanya 0,016% energi radiasi matahari yang mencapai bumi dapat memenuhi kebutuhan energi seluruh dunia (C. Julian Chen, 2024).



Gambar II.2 World marketed energy consumption

(C. Julian Chen, 2024)

2.1.1 Prinsip kerja sel surya

Prinsip kerja sel surya berbasis junction p-n adalah bahwa penggunaan semikonduktor tipe-p dan tipe-n yang terhubung membentuk junction p-n memungkinkan konversi energi cahaya matahari langsung menjadi energi listrik. Proses ini dimungkinkan oleh efek fotovoltaiik di mana cahaya matahari

menyebabkan pemisahan elektron dan hole di dalam semikonduktor, yang selanjutnya menghasilkan medan listrik. Medan listrik ini mengarahkan aliran elektron dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p, yang kemudian dapat diekstraksi sebagai arus listrik melalui sirkuit eksternal. Konsep ini memanfaatkan proses mendoping untuk menciptakan kelebihan elektron (pada tipe-n) dan hole (pada tipe-p), yang diperlukan untuk pembentukan junction dan penghasilan energi listrik dari energi surya (Ramadhana et al., 2022).

2.1.2 Potensi energi surya

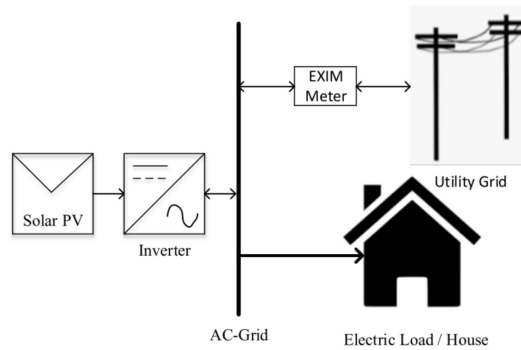
Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) memperkirakan potensi energi surya di Indonesia mencapai 3.294 GW, sedangkan data dari Institute of Essential Services Reform (IESR) menyebutkan potensi yang lebih besar yaitu 7.715 GW. Potensi ini didukung oleh posisi geografis Indonesia yang strategis di daerah khatulistiwa, dengan intensitas radiasi matahari harian rata-rata sebesar 4,8 kWh/m², yang lebih tinggi dibandingkan beberapa negara seperti Jerman, Jepang, Tiongkok, dan Singapura. Untuk memaksimalkan potensi ini, Indonesia telah menetapkan target ambisius dalam Peraturan Presiden No. 22/2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), dengan rencana mencapai kapasitas terpasang energi surya sebesar 6,5 GW pada tahun 2025 dan meningkat menjadi 17,6 GW pada tahun 2035. Beberapa fokus utama untuk mencapai target ini termasuk pengembangan sistem fotovoltaik (PV) terapung, PV atap rumah tangga, dan pembangkit listrik tenaga surya skala besar.

Wilayah maritim Indonesia yang luas dapat digunakan untuk instalasi pembangkit listrik tenaga surya terapung yang mampu menghasilkan lebih dari 200.000 terawatt-jam per tahun (Langer et al., 2021). Selain itu, penelitian lain mengungkapkan bahwa potensi energi terbarukan Indonesia, termasuk energi surya, sangat besar dan dapat mendukung sistem listrik 100% terbarukan di masa depan dengan dampak terbatas pada ketersediaan lahan. Potensi ini lebih besar dari yang diperkirakan oleh Kementerian Energi Indonesia yang menjadi dasar kebijakan energi saat ini (Pambudi et al., 2023).

2.2 Sistem PLTS *On-Grid*

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan sistem yang mengubah energi foton dari matahari menjadi energi listrik. Proses konversi ini terjadi di panel surya yang terdiri dari sel-sel surya. PLTS menggunakan sinar matahari untuk menghasilkan listrik DC (Direct Current), yang dapat diubah menjadi listrik AC (Alternating Current) bila dibutuhkan. PLTS dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan listrik baik dalam skala kecil maupun besar, baik secara mandiri maupun dalam sistem hibrida (Ramadhana et al., 2022).

2.2.1 Konfigurasi PLTS On Grid



Gambar II.3 Konfigurasi PLTS On-Grid

Kebutuhan beban listrik menentukan kapasitas sistem PLTS, dimana kerugian yang diperoleh oleh beban sebesar 5% (Radwitya & Chandra, 2020). Maka penentuan kapasitas beban listrik adalah:

$$E_T = 1,05 \times E \quad (2.3)$$

E = Konsumsi beban harian.

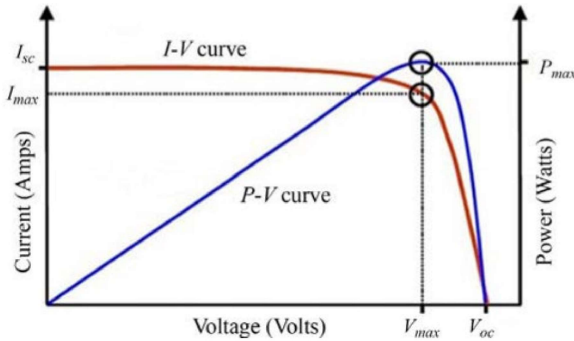
2.2.1.1 PV Modules

1. Efek Fotovoltaik

Penyerapan Cahaya: Sel fotovoltaiik, yang terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon, menyerap foton (partikel cahaya) dari sinar matahari.

Eksitasi Elektron: Energi dari foton yang diserap oleh bahan semikonduktor menyebabkan elektron dalam atom silikon menjadi tereksitasi, atau bergerak dari pita valensi ke pita konduksi, menciptakan pasangan elektron-lubang.

2. Karakteristik Module PV



Gambar II.4 Karakteristik Modul PV

(Kumar et al., 2020)

Grafik yang ditampilkan adalah grafik karakteristik sebuah sel fotovoltaik (PV) atau panel surya. Grafik ini menunjukkan hubungan antara arus (I), tegangan (V), dan daya (P) dari sel PV.

a. Kurva I-V (Arus vs Tegangan):

I_{sc} (Short-Circuit Current / Arus Hubung Singkat): Ini adalah arus maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel saat tegangan adalah nol.

V_{oc} (Open-Circuit Voltage / Tegangan Terbuka): Ini adalah tegangan maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel saat arus adalah nol.

I_{max} dan V_{max} : Titik di mana daya maksimum dihasilkan. Pada titik ini, hasil kali antara arus dan tegangan memberikan daya maksimum (P_{max}).

b. Kurva P-V (Daya vs. Tegangan)

Grafik ini menunjukkan bagaimana daya yang dihasilkan oleh panel surya berubah dengan tegangan. Daya maksimum ($P_{\max}$) tercapai pada titik tertentu pada kurva ini.

c. Titik Operasi Optimal

Titik maksimum pada kedua kurva ini (ditandai dengan lingkaran) adalah titik operasi optimal di mana panel surya menghasilkan daya maksimum. Parameter-parameter penting yang dapat dilihat dari grafik ini adalah:

I_{sc} : Arus hubung singkat.

V_{oc} : Tegangan terbuka.

($I_{\max}$: Arus pada daya maksimum.

$V_{\max}$: Tegangan pada daya maksimum.

$P_{\max}$: Daya maksimum yang dihasilkan.

2.2.1.2 Jenis Panel PV

Panel surya terdiri dari berbagai jenis teknologi, masing-masing dengan karakteristik dan keunggulan tersendiri. Tiga jenis utama panel surya adalah monocrystalline, polycrystalline, dan thin film. Berikut penjelasan singkat tentang masing-masing jenis panel:

A. Panel Surya Monocrystalline

Karakteristik:

1. Terbuat dari satu kristal silikon tunggal.
2. Efisiensi konversi energi yang tinggi, biasanya antara 15-20%.
3. Penampilan berwarna hitam seragam.

4. Umur panjang dan performa baik dalam kondisi cahaya rendah.

Keunggulan:

1. Efisiensi tertinggi dibandingkan jenis lainnya.
2. Ukuran yang lebih kecil untuk output daya yang sama.
3. Kinerja baik dalam suhu tinggi.

Kekurangan:

1. Biaya produksi lebih tinggi karena proses pembuatan yang kompleks.
2. Potongan silikon yang tersisa dari proses produksi tidak dapat digunakan kembali.

B. Panel Surya Polycrystalline

Karakteristik:

1. Terbuat dari potongan-potongan silikon yang dilebur bersama.
2. Efisiensi konversi energi lebih rendah dari monocrystalline, biasanya antara 13-16%.
3. Penampilan berwarna biru dengan tekstur kristal yang terlihat.

Keunggulan:

1. Biaya produksi lebih rendah karena proses pembuatan yang lebih sederhana.
2. Proses pembuatan menghasilkan limbah silikon yang lebih sedikit.

Kekurangan:

1. Efisiensi lebih rendah dibandingkan monocrystalline.
2. Kinerja lebih buruk dalam kondisi suhu tinggi.

C. Panel Surya Thin Film

Karakteristik:

1. Terbuat dari lapisan tipis bahan fotovoltaik yang diaplikasikan ke substrat.
2. Efisiensi konversi energi bervariasi, biasanya antara 10-12%.
3. Fleksibel dan dapat dipasang pada permukaan yang tidak konvensional.

Keunggulan:

1. Biaya produksi paling rendah.
2. Ringan dan fleksibel.
3. Kinerja baik dalam kondisi cahaya rendah dan suhu tinggi.

Kekurangan:

1. Efisiensi terendah dibandingkan monocrystalline dan polycrystalline.
2. Membutuhkan area yang lebih luas untuk menghasilkan daya yang sama.

Perancangan sistem PLTS didasari dari gabungan dari modul surya dengan kapasitas yang membentuk sistem *array*. Modul PV bekerja pada suhu tertentu, kenaikan suhu pada panel akan melemahkan tegangan open circuit (Voc) yang dihasilkan. Setiap kenaikan suhu surya 1°C (dari 25°C) akan mengakibatkan berkurang daya yang dihasilkan sekitar 0.5% (Hutajulu et al., 2020). Maka daya terbangkit ketika terjadi kenaikan suhu adalah:

$$P_{\text{saat } t \text{ naik } C} = 0,5\% \times P_{MPP} \times \Delta t \quad (2.5)$$

Dimana:

Daya keluaran maksimum panel surya pada saat suhu naik menjadi t °C dari suhu standar dihitung dengan persamaan diatas:

$$P_{MPP \text{ saat } t \text{ naik } C} = P_{MPP} - P_{\text{saat } t \text{ naik } C} \quad (2.6)$$

P_{MPP} saat t naik menjadi t_C adalah daya keluaran maksimum panel surya pada saat suhu di sekitar panel naik menjadi t °C dari suhu standar. Faktor koreksi temperatur (Temperature Correction Factor) dihitung dengan persamaan :

$$TCF = \frac{P_{MPP \text{ saat } t \text{ naik } C}}{P_{MPP}} \quad (2.7)$$

Kapasitas area pemasangan modul PV menentukan kapasitas yang akan terbangkit dari sistem array PV, luas tersebut dapat dirumuskan pada persamaan sebagai berikut:

$$PV_{area} = \frac{E_T}{G_{AV} \times TCF \times \eta_{PV} \times \eta_{out}} \quad (2.8)$$

di mana:

PV_{area} = Luas Permukaan Panel Surya (m^2)

E_T = Energi Total (kWh/day)

G_{AV} = Intensitas Matahari harian ($kW/m^2/day$)

TCF = *Temperature Correction Factor* (%)

η_{PV} = Efisiensi Panel Surya (%)

η_{out} = efisiensi keluaran

Dari perhitungan area array, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (*wattpeak*) dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{WP} = PV_{area} \times PSI \times \eta_{PV} \quad (2.9)$$

di mana :

PV_{area} = Luas Permukaan Panel Surya (m^2)

PSI = Peak Solar *Insolation* adalah 1.000 W/m^2

η_{PV} = Efisiensi Panel Surya (%)

Dalam menentukan jumlah modul sel surya yang akan digunakan, ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$n_{PV} = \frac{P_{WP}}{P_{MPP}} \quad (2.10)$$

di mana :

n_{PV} = Jumlah unit panel

P_{WP} = Daya yang dibangkitkan (Wp)

P_{MPP} = Daya maksimum keluaran panel surya (Watt)

2.2.2 PLTS On Grid 1 Fasa dan 3 Fasa

Perbandingan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) satu fase dan tiga fase, ada beberapa aspek kritis yang perlu dipertimbangkan, yaitu efisiensi, kualitas daya, dan aplikasi di dunia nyata. Masing-masing sistem memiliki kelebihan dan kekurangan yang dapat memengaruhi pemilihan sistem yang tepat berdasarkan kebutuhan spesifik pengguna.

1. Efisiensi dan Kualitas Daya

PLTS satu fase umumnya lebih sederhana dan lebih murah untuk diinstal, terutama untuk aplikasi rumah tangga kecil di mana beban listrik tidak terlalu besar. Namun, dalam konteks efisiensi dan kualitas daya, sistem tiga fase sering kali unggul karena kemampuannya untuk mendistribusikan daya secara merata dan mengurangi harmonisa yang dihasilkan. Penelitian yang dilakukan oleh Deo et al. menunjukkan bahwa kontrol berbasis tiga fase dapat memperbaiki faktor daya dan regulasi tegangan yang lebih baik dibandingkan dengan sistem satu fase (Deo et al.,

2015). Selain itu, sistem tiga fase lebih dapat menangani fluktuasi beban tanpa mengorbankan kualitas daya, meskipun referensi spesifik yang mendukung pernyataan ini tidak ditemukan dalam sumber yang relevan.

2. **Aplikasi dan Penggunaan**

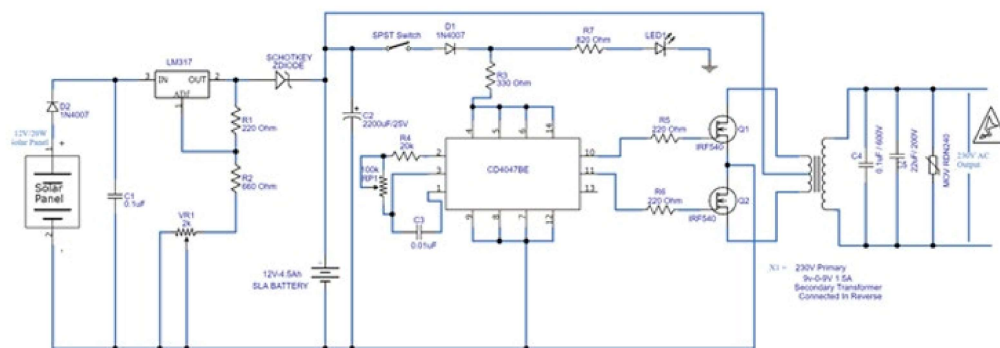
Pendekatan praktis untuk penggunaan sistem PLTS memperlihatkan bahwa sistem tiga fase lebih cocok untuk aplikasi industri dan komersial di mana beban daya tinggi menjadi faktor utama. Sebaliknya, sistem satu fase lebih ideal untuk aplikasi rumah tangga atau untuk kebutuhan listrik kecil. Hossain et al. mencatat bahwa motor induksi tiga fase yang terhubung dengan sistem PLTS mampu memberikan performa yang lebih baik dalam hal efisiensi operasional dibandingkan dengan sistem satu fase (Hossain et al., 2022). Ini sejalan dengan temuan dari Singh et al. bahwa peningkatan sistem dengan material perubahan fase (PCM) pada sistem tiga fase dapat menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi (Singh et al., 2020). Namun, penting untuk dicatat bahwa manfaat dari PCM lebih relevan pada konteks sistem tenaga yang lebih besar.

3. **Tantangan dan Keterbatasan**

Walaupun sistem tiga fase menawarkan berbagai keuntungan, mereka juga lebih kompleks dan mahal untuk dipasang serta dirawat. Sementara itu, sistem satu fase memiliki struktur yang lebih sederhana tetapi mungkin tidak mampu memenuhi kebutuhan daya tinggi di lingkungan industri. Referensi dari Yang et al. menunjukkan bahwa dengan meningkatnya penetrasi sistem fotovoltaik, tantangan baru dalam integrasi jaringan muncul, terutama pada sistem satu fase yang lebih

rentan terhadap ketidakstabilan jaringan (Yang et al., 2016). Hal ini menunjukkan pentingnya pemilihan sistem yang sesuai dengan spesifikasi aplikasi di lapangan.

2.2.2.2 Inverter



Gambar II.5 PV Solar Inverter Diagram

Inverter adalah perangkat elektronik yang mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Fungsi utama inverter adalah menyediakan daya AC dari sumber DC, seperti baterai atau panel surya. Desain inverter menentukan tegangan input, tegangan output, dan frekuensi, serta kemampuan penanganan daya

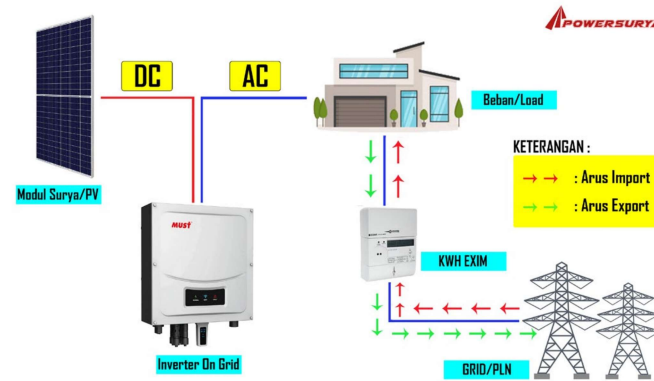
secara keseluruhan. Inverter sangat penting dalam sistem energi terbarukan dan catu daya tak terputus (Unruh et al., 2020).

Dalam konteks sistem tenaga, inverter pembentuk jaringan sangat signifikan karena membantu dalam menstabilkan dan membentuk tegangan jaringan. Berbeda dengan inverter konvensional yang dikendalikan oleh arus dan mengikuti tegangan jaringan, inverter pembentuk jaringan menciptakan fasor tegangan dengan perilaku inersia, yang meningkatkan ketahanan dan stabilitas jaringan listrik (Anttila et al., 2022).

Untuk menentukan kapasitas inverter pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), beberapa hal perlu diperhatikan berdasarkan desain dan komponen yang digunakan. Umumnya, kapasitas inverter diharuskan untuk dapat menangani daya maksimum yang dihasilkan dari panel surya serta memberikan margin untuk kondisi tertentu seperti fluktuasi beban dan pengaruh dari lingkungan.

Salah satu prinsip dasar dalam menentukan kapasitas inverter adalah bahwa kapasitas inverter biasanya diambil 1,25 kali dari kapasitas pemasangan panel surya. Misalnya, jika penggunaan panel surya memiliki kapasitas total 1000 Wp, maka kapasitas inverter yang disarankan adalah 1250 W. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa inverter dapat menangani lonjakan daya pada masa peak production dari panel surya (Rizki et al., 2023).

2.2.2.3 Meteran Listrik Dua Arah



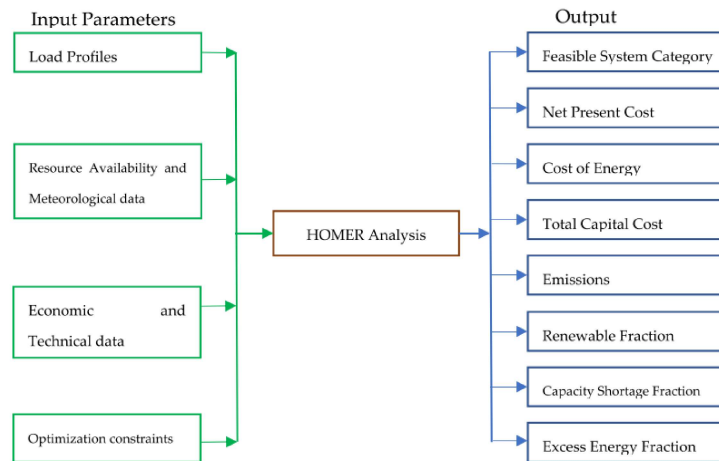
Gambar II.6 Diagram KWH Exim Pada Sistem PLTS On Grid

(Kenya Excellentia Kines, 2024)

Meteran Listrik Dua Arah (Bi-Directional Meter) adalah perangkat yang digunakan dalam sistem PLTS On-Grid untuk mengukur aliran listrik dalam dua arah: dari jaringan listrik ke rumah (konsumsi) dan dari rumah ke jaringan listrik (ekspor). Meteran ini memungkinkan pengguna untuk memantau berapa banyak listrik yang mereka gunakan dari jaringan dan berapa banyak listrik yang mereka kirim kembali ke jaringan, yang penting untuk net metering (S. N. Singh, 2017).

Meteran Listrik Dua Arah mengukur dan mencatat energi listrik yang mengalir masuk dan keluar dari rumah atau bangunan. Ketika sistem tenaga surya menghasilkan lebih banyak listrik daripada yang digunakan, kelebihan energi dikirim kembali ke jaringan listrik dan meteran mencatat energi yang diekspor. Sebaliknya, ketika konsumsi listrik rumah lebih tinggi daripada produksi dari sistem tenaga surya, energi tambahan diambil dari jaringan dan meteran mencatat energi yang diimpor (S. N. Singh, 2017).

2.3 Homer Grid



Gambar II.7 HOMER Grid analysis architecture diagram

(Beza et al., 2021)

HOMER Grid adalah perangkat lunak simulasi yang dirancang untuk membantu perancang sistem energi dalam mengevaluasi dan mengoptimalkan sistem energi terdistribusi. Perangkat lunak ini memungkinkan pengguna untuk merancang dan membandingkan berbagai konfigurasi sistem energi, termasuk kombinasi sumber energi terbarukan, penyimpanan energi, dan sumber daya konvensional (Beza et al., 2021).

Alur Simulasi Menggunakan HOMER Grid

- a. Penentuan Kebutuhan Energi:
 1. Mengumpulkan data penggunaan energi dari situs atau lokasi tertentu.
 2. Memasukkan profil beban harian, mingguan, dan musiman ke dalam perangkat lunak.
- b. Pemilihan Sumber Energi:

1. Memilih jenis sumber energi yang akan digunakan dalam simulasi (misalnya, panel surya, turbin angin, genset, baterai, dll).
 2. Memasukkan data spesifikasi teknis dan biaya dari setiap komponen sumber energi.
- c. Penentuan Parameter Simulasi:
1. Mengatur parameter ekonomi seperti harga energi, tingkat diskonto, dan inflasi.
 2. Memasukkan parameter teknis seperti efisiensi sistem, kapasitas penyimpanan energi, dan karakteristik sistem distribusi.
- d. Simulasi dan Optimasi:
1. Menjalankan simulasi untuk berbagai konfigurasi sistem.
 2. HOMER Grid akan mengevaluasi setiap konfigurasi berdasarkan kriteria ekonomi (biaya levelized energy cost, LCOE) dan teknis (keandalan, efisiensi, dll).
 3. Perangkat lunak akan menghasilkan laporan yang mencakup performa sistem, biaya, dan rekomendasi optimasi.
- e. Analisis Hasil:
1. Menganalisis hasil simulasi untuk menentukan konfigurasi sistem yang paling efisien dan ekonomis.
 2. Membuat keputusan berdasarkan hasil analisis untuk implementasi sistem energi di lapangan.

2.4 Keuntungan Lingkungan

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menawarkan berbagai keuntungan terhadap lingkungan yang signifikan. Berikut adalah beberapa keuntungan utama PLTS terhadap lingkungan:

a. Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca

PLTS menghasilkan listrik tanpa membakar bahan bakar fosil, sehingga mengurangi emisi karbon dioksida (CO₂) dan gas rumah kaca lainnya. Hal ini membantu memitigasi perubahan iklim (Bošnjaković et al., 2023).

b. Pengurangan Polusi Udara

PLTS tidak menghasilkan polutan udara seperti sulfur dioksida (SO₂), nitrogen oksida (NO_x), dan partikel-partikel lainnya yang sering dihasilkan oleh pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Hal ini berkontribusi pada kualitas udara yang lebih baik dan kesehatan manusia (Bošnjaković et al., 2023).

c. Penggunaan Sumber Daya yang Berkelanjutan

Sinar matahari adalah sumber energi yang terbarukan dan tidak akan habis. Dengan memanfaatkan energi surya, kita mengurangi ketergantungan pada sumber daya yang tidak terbarukan seperti batu bara, minyak, dan gas alam (Bošnjaković et al., 2023).

d. Pengurangan Dampak Ekstraktif

Pembangunan dan operasi PLTS tidak memerlukan penambangan atau pengeboran yang merusak lingkungan, berbeda dengan eksploitasi bahan bakar fosil. Ini mengurangi kerusakan habitat dan degradasi tanah (Bošnjaković et al., 2023).

e. Pengurangan Konsumsi Air

Pembangkit listrik tenaga surya memerlukan sedikit atau tidak ada air untuk beroperasi, berbeda dengan pembangkit listrik konvensional yang sering membutuhkan sejumlah besar air untuk pendinginan. Ini penting di wilayah yang mengalami kelangkaan air (Bošnjaković et al., 2023).

f. Konservasi Keanekaragaman Hayati

Dengan mengurangi kebutuhan akan pembangkit listrik berbahan bakar fosil dan dampak lingkungan yang terkait, PLTS membantu melindungi habitat dan spesies yang terancam oleh aktivitas ekstraktif dan polusi (Bošnjaković et al., 2023).

2.5 Penelitian Terkait

Tabel II.1 Penelitian Terkait

No.	Judul	Penulis, Tahun	Pembahasan
1	Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) on Grid Di Ecopark Ancol	Hutajulu, A. G., RT Siregar, M., & Pambudi, M. P. (2020)	Perencanaan PLTS On-Grid untuk pengurangan biaya PLN dengan penghematan 60%.
2	Perencanaan Plts on Grid Dilengkapi Panel Ats Di Laboratorium Teknik Elektro Politeknik Negeri Ketapang	Radwitya, E., & Chandra, Y. (2020)	Perencanaan PLTS On-Grid hybrid terpasang rooftop dengan PLTS sebagai backup atau konsep switch ketika PLN tidak dapat memberikan daya, sehingga PLTS selalu bekerja untuk pengisian baterai.
3	Perencanaan dan Studi Kelayakan PLTS Rooftop Pada Gedung Fakultas Teknik UNG.	Salim, S., Jumiarti, I., & Rafli. (2022)	Perencanaan PLTS On-Grid dengan memerhatikan konsep studi kelayakan biaya untuk penghematan jangka Panjang.