

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian yang Relevan

1. Menurut Dinda Annisa pada tahun 2023 dengan judul “Analisis Kinerja Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid 10 kWp Pada Mesin Packer Pabrik Tonasa V.” Isi pembahasannya menyoroti bagaimana PLTS on-grid berkapasitas 10 kWp digunakan untuk memasok energi listrik ke mesin packer dan sejauh mana sistem ini dapat bekerja secara optimal. Penelitian ini mengkaji kontribusi energi listrik yang dihasilkan PLTS, performa sistem dalam kondisi nyata, serta tingkat keandalannya selama beroperasi. Dalam analisisnya, penelitian ini menggunakan data *real-time* dari sistem pemantauan iSolar Cloud serta membandingkannya dengan simulasi menggunakan PVsyst untuk melihat kesesuaian antara hasil pengamatan langsung dan perkiraan desain sistem. Selain itu, penelitian ini membahas efisiensi modul surya, efisiensi inverter, rasio performa (PR), faktor kapasitas, dan parameter teknis lain seperti tegangan dan frekuensi keluaran. Berdasarkan hasil yang diperoleh, PLTS mampu berkontribusi antara 23 sampai 41 persen terhadap kebutuhan energi listrik mesin packer. Efisiensi sistem berada pada kisaran 9 hingga 15 persen dan faktor kapasitas mencapai 12 hingga 22 persen. Sistem juga menunjukkan keandalan yang sangat baik dengan nilai Equivalent Availability Factor (EAF) mencapai 98 persen pada tahun 2022 dan bahkan naik menjadi 100 persen pada Januari hingga Juni 2023. Tegangan yang dihasilkan tetap stabil antara 342 hingga 399 volt dan frekuensi berada dalam rentang normal 50,13 hingga 50,25 Hz. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa PLTS on-grid 10 kWp mampu bekerja dengan baik, stabil, dan mendukung penghematan energi pada proses industri, khususnya di unit mesin packer Pabrik Tonasa V. Albert Gifson, Masbah RT Siregar, Mohammad Priyo Pamudi (2020) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa 1) Rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Allianz Ecopark Ancol pada area Learning Farm dilakukan dengan sistem On Grid, sistem ini dipilih untuk mengurangi pemakaian listrik dari PLN. Dengan daya keluaran yang dihasilkan pada radiasi

terendah 68,17 kWh, radiasi tertinggi 112,37 kWh, dan radiasi rata-rata 87,98 kWh. Jadi rancang bangun PLTS on grid ini dapat membangkitkan 60 % dari kapasitas beban yaitu pada daya 68,17 kWh. 2) Dari 100 panel surya yang digunakan, terdapat 4 string dengan 25 panel surya di pasang secara seri dan 2 panel di pasang secara parallel. Jumlah array yang terpasang 2 yang kemudian terhubung ke inverter SMA Sunny Boy 20000TL. Inverter SMA Sunny Boy 20000TL kemudian terhubung ke panel dan diteruskan beban dan jaringan PLN.

2. Menurut Meilia Rosmaliati dan I. B. Fery C. pada tahun 2021 dengan judul “Analisis Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid 16 kWp di PV Politeknik Negeri Bali.” Isi pembahasannya menjelaskan bagaimana sistem PLTS on-grid 16 kWp dianalisis berdasarkan performa nyata di lapangan, termasuk energi yang dihasilkan, efisiensi sistem, dan pengaruh intensitas radiasi matahari. Penelitian ini menguraikan produksi listrik harian dan bulanan, kondisi cuaca, variasi radiasi surya, serta bagaimana sistem merespons perubahan tersebut dalam menghasilkan daya. Selain itu, penelitian juga membahas rasio performa (Performance Ratio), efisiensi inverter, dan perbandingan antara energi teoritis dengan energi aktual yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengukuran, PLTS mampu menghasilkan energi yang stabil dengan nilai keluaran rata-rata harian yang sesuai dengan potensi radiasi matahari setempat, meskipun dipengaruhi oleh kondisi cuaca. Sistem ini dinilai mampu bekerja cukup efektif dalam mendukung penyediaan energi bersih dan mengurangi ketergantungan pada listrik konvensional, serta menunjukkan bahwa teknologi PLTS on-grid dapat menjadi solusi energi alternatif yang layak dan berkelanjutan.
3. Menurut Maslakhatul Maftukhah pada tahun 2024 dengan judul “Analisis Evaluasi Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap On Grid 40 kWp di Stasiun Semarang Tawang.” Isi pembahasannya menjelaskan bagaimana sistem PLTS 40 kWp di Stasiun Semarang Tawang menghasilkan energi listrik dan seberapa besar tingkat efisiensinya. Penelitian ini menghitung nilai efisiensi panel surya berdasarkan pembagian string panel dan hasilnya menunjukkan bahwa setiap string memiliki efisiensi antara 12% hingga 16%, yang masih

sesuai dengan standar modul polycrystalline yang digunakan. Selain efisiensi, penelitian ini juga mengkaji rasio performa (Performance Ratio/PR) yang merupakan indikator penting kinerja PLTS. Nilai rata-rata PR yang didapat adalah 70,51%, dengan nilai tertinggi sebesar 89,32% dan nilai terendah 26,03%. PR tersebut dikategorikan baik karena berada dalam kisaran standar 60–90%. Selain itu, penelitian ini menyoroti kontribusi PLTS dalam mengurangi ketergantungan konsumsi listrik dari PLN, serta menganalisis *Yield Factor* sebagai pembanding antara energi teoritis dan real yang dihasilkan dari radiasi matahari. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan evaluasi teknis untuk pengembangan dan peningkatan performa PLTS di lokasi serupa.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pembangkit Listrik

Tenaga Surya Sistem fotovoltaik yang terdapat pada suatu PLTS (pembangkit listrik tenaga Surya) merupakan sebuah sistem yang dapat mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik . PLTS mempunyai beberapa komponen utama diantaranya Pv modul dan berbagai macam alat pendukung yang disebut Balance of System (BOS) contohnya kontroler, baterai, inverter, dan kabel (Kumara et al., 2020). PLTS pada dasarnya adalah catu daya dan dirancang untuk menyalurkan kebutuhan tegangan rendah dan tegangan tinggi, bisa dengan cara mandiri atau hibrida (digabungkan oleh beberapa sumber energi), dengan metode desentralisasi (satu rumah, satu generator) atau metode terpusat (listrik yang disalurkan melalui jaringan kabel). PLTS dikatakan sumber energi baru terbarukan yang menggunakan sinar Surya yang tidak ada batasannya, PLTS bisa dikatakan pembangkit yang sangat ramah lingkungan karena tidak memiliki bagian yang berputar, tidak berisik, dan tidak ada asap pembuangan atau limbah.(Fitriandi et al., 2016)

2.2.2 Sel Surya

Solar Cell atau sel Surya dapat kita fungsikan untuk mengkonversi energi Surya menjadi energi listrik . Ketika permukaan sel surya terkena cahaya, elektron dan lubang dapat dihasilkan. Elektron akan meninggalkan sel surya dan diarahkan ke luar sirkuit sehingga muncul arus listrik. Sel Surya memproduksi arus listrik

sehingga arus listrik yang sudah di produksi bisa kita gunakan untuk peralatan yang dibutuhkan atau bisa kita simpan pada baterai agar bisa digunakan nanti (Gunoto et al., n.d.)

Kelebihan Sel Surya

Sel surya atau solar cell memiliki beberapa keunggulan, antara lain:

1. Mampu mengubah energi radiasi matahari secara langsung menjadi energi listrik arus searah (DC) tanpa memerlukan bahan bakar.
2. Proses pembangkitan energi berlangsung tanpa menimbulkan kebisingan, emisi gas buang, maupun limbah yang mencemari lingkungan.
3. Sistem pemeliharaan relatif sederhana dibandingkan sistem pembangkit konvensional karena tidak memiliki komponen yang bergerak.
4. Untuk penggunaan dengan daya atau beban kecil, sistem sel surya cenderung lebih ekonomis.
5. Menghasilkan energi listrik arus searah tanpa ketergantungan pada sumber bahan bakar fosil.
6. Dapat diaplikasikan secara langsung pada berbagai peralatan listrik praktis.
7. Instalasi sistem lebih aman karena beroperasi pada tegangan rendah dan menggunakan arus searah (DC).

Kelemahan Sel Surya

1. Selain kelebihan, sel surya juga memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya:
2. Biaya investasi awal relatif tinggi, terutama untuk pengadaan panel, inverter, dan baterai.
3. Membutuhkan baterai sebagai media penyimpanan energi listrik.
4. Baterai memerlukan perawatan rutin karena keandalan sistem sangat bergantung pada kondisi baterai.
5. Peralatan listrik yang dapat dioperasikan pada tegangan rendah masih terbatas.

6. Ketersediaan tenaga teknis yang terampil dalam perencanaan dan pemasangan sistem konversi energi surya masih relatif sedikit.
7. Spesifikasi Sel Surya yang digunakan di Power House adalah

Tabel 2. 1 Spesifikasi sel surya

<i>Maximum Power (Pmax/W)</i>	: 545 W
<i>Open Circuit Voltage (Vdc/v)</i>	: 49.52V $\pm$ 3%
<i>Short Circuit Current (Isc/A)</i>	: 13.94A $\pm$ 4%
<i>Open circuit voltage (VDC)</i>	: 49.52V $\pm$ 3%
<i>Maximum power voltage (vmp)</i>	: 40.00V
<i>Maximum system voltage</i>	: 1500VDC
<i>Maximum series fuse rating</i>	: 25A
<i>Power setting</i>	: 0 $\pm$ 3%
<i>Protection class</i>	: II
<i>Weight</i>	: 28.0 (kg)
<i>Dimension</i>	2274x1134x35(mm)

2.2.3 Energi Surya

Pada saat ini energi yang dibutuhkan di dunia sangat besar, apalagi dengan adanya negara-negara industri raksasa. keyantaannya bahwa pemakaian energi akan meningkat sejalan dengan adanya pertumbuhan penduduk dan perkembangan ekonomi. (Admin_je, +Usman+100+-+104, n.d.)

.Sumber energi fosil yang terbatas membutuhkan pengembangan energi terbarukan dan perawatan energi. Di sini energi terbarukan diartikan sebagai energi non fosil yang berasal dari alam dan dapat digunakan kembali. Sumber daya ini tidak akan habis jika dikelola dengan benar (Mohammad Hafidz ;, 2015).(Ariwibisono et al., n.d.)

2.2.4 Sistem PLTS On Grid

Sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan atau dipanggil dengan PLTS on-grid, pada umumnya adalah PLTS on grid yang saling terhubung dengan jaringan PLN. PLTS grid-connected dirancang agar jaringan PLN terhubung dengan listrik sehingga jika kita ingin menggunakannya sudah tersedia .Pada PLTS on grid menggunakan sebuah media penyimpanan energi yang dinamakan grid . salah satu komponen pendukung dari PLTS on grid yaitu KWH Exim (Expor – Impor) yang berfungsi untuk melakukan kalkulasi pemakaian energi yang tersimpan pada jaringan listrik PLN,dimana kalkulasi akan dilakukan setelah selama satu bulan pemakaian yang nantinya akan mengurangi biaya listrik dari pelanggan sesuai dengan kebijakan yang berlaku. Fitur anti islanding merupakan salah satu karakteristik pada PLTS on grid yang terpasang pada inverter dan bisa membuat PLTS tidak disuplai listrik jika jaringan listriknya sedang mati.(Wijayanto et al., n.d.)



Gambar 2. 1 Blok diagram PLTS On Grid (Hutajulu et al., 2020)

Sistem panel PLTS Grid Tie System merupakan sistem yang bekerja langsung pada panel surya. Sistem kerja ini tidak menggunakan baterai dan listrik yang dihasilkan langsung digunakan untuk berbagai kepentingan. Listrik yang diproduksi berupa arus bolak-balik, sehingga dapat digunakan dalam sistem panel surya grid tie bersama dengan jaringan PLN (Riftianto & Amirullah, 2024)

Penerapan PLTS Grid Tie System atau prinsip pengoperasian dapat dilakukan dengan instalasi listrik PLN. Dalam sistem ini, jaringan listrik PLN berfungsi sebagai penyalur atau penyambung listrik dari panel surya yang dialirkan ke penerima. Berkat hal tersebut, kita dapat menggunakan listrik dari matahari pada siang hari, dan pada malam hari karena tidak ada sinar matahari sehingga tidak menghasilkan listrik dari panel surya, sehingga Anda tetap dapat menggunakan listrik dari emas.(Monika et al., 2025)

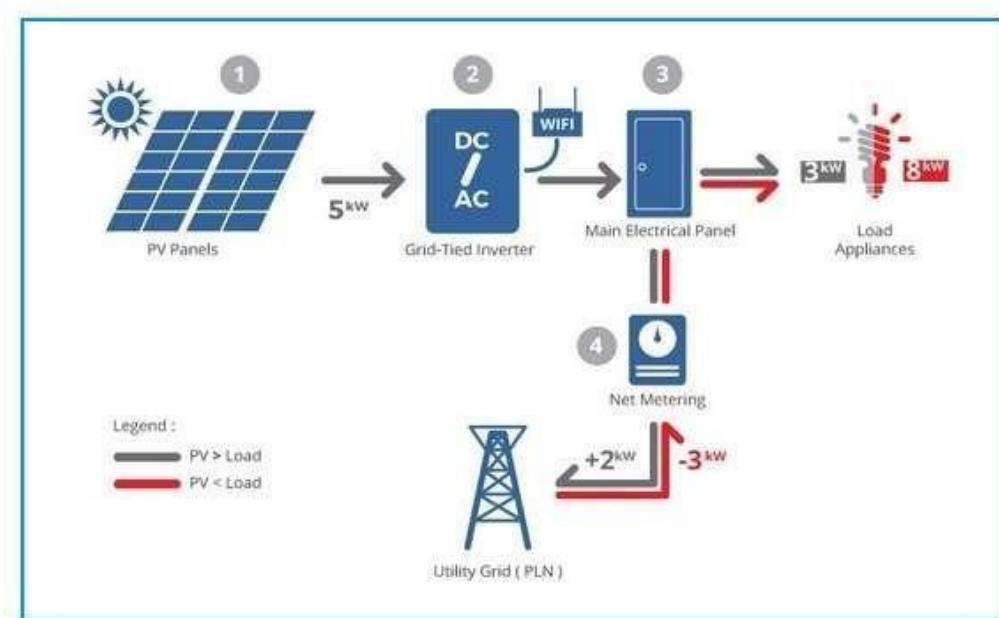
Sistem PLTS *on-grid* saat ini mulai banyak digunakan untuk mensuplai kebutuhan energi listrik rumah tangga atau gedung-gedung perkantoran dan komersial yang telah terhubung ke jaringan distribusi listrik yang ada. Selain itu, sistem PLTS *on-grid* dapat juga dimanfaatkan untuk membantu pemenuhan kebutuhan energi listrik di usaha pengeringan hasil pertanian atau perkebunan. (Gifson et al., n.d.)

Proses pengeringan hasil pertanian atau perkebunan umumnya dilakukan dengan cara konvensional yaitu memanfaatkan sinar matahari secara langsung. Masalahnya adalah proses pengeringan akan terganggu jika cuaca mendung atau hujan. Untuk mengatasi masalah ini, proses pengeringan tersebut dapat diganti dengan pemanas listrik. Kebutuhan energi untuk pemanas listrik ini dapat diperoleh seluruhnya dari jaringan distribusi listrik yang telah ada atau menggabungkannya dengan energi surya dan membentuk sistem PLTS *on-grid*. Dengan cara ini, proses pengeringan tidak akan terganggu oleh cuaca mendung atau hujan dan sekaligus dapat mengurangi konsumsi energi listrik dari jaringan distribusi listrik yang ada.(Rangga Rajawali Perkasa Putra et al., n.d.)

Berkat instalasinya dapat di sinkronisasi dengan sistem operasi di jaringan listrik PLN, pengguna tidak perlu khawatir atau takut masalah yang sedang terjadi akan mengancam atau merusak perangkat elektronik.

Cara kerja PLTS Grid Tie Sistem yaitu :

- 1) Panel surya mengubah sinar Surya menjadi listrik bolak balik .
- 2) Grid Tie inverter mengkonversi listrik DC menjadi AC yang sudah sesuai dengan jaringan listrik PLN.
- 3) Listrik AC disalurkan ke panel listrik utama yang sudah terhubung langsung pada grid tie inverter.
- 4) Net metering akan mengkalkulasi pemakaian bersih listrik, jika memiliki kelebihan energi yang didapatkan pada sistem PV, maka energi yang lebih tersebut akan disuplai balik ke jaringan PLN.



Gambar 2. 2 Sistem Kerja PLTS Grid Tie (“Sun Grid-Tie Series,” 2021)

2.2.5 Inverter

Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengganti arus bolak – balik menjadi arus searah . Arus yang diproduksi surya panel adalah arus bolak balik. Maka dari itu, pada sistem PLTS dibutuhkan inverter buat mengganti energi agar dapat menyalurkan kebutuhan pada arus searah. Pilihlah inverter sesuai dengan kebutuhannya,

lihatlah pada kebutuhan beban dan lihatlah apakah sistem inverter terkoneksi pada suatu jaringan atau mempunyai jaringan tersendiri (Naim & Wardoyo, 2017).

Terdapat tiga jenis bentuk output gelombang pada suatu inverter yaitu :1). Inverter square wave, adalah bentuk gelombang kotak hasil dari output inverter. Gelombang kotak ini tidak bagus dan bisa merusak komponen listrik 2). Inverter modified sine wave, bentuk gelombang yang hampir berbentuk seperti gelombang sinusoidal .alat elektronik yang sangat sensitif atau mudah rusak tidak bisa menggunakan gelombang jni 3). Inverter pure sine wave, adalah bentuk gelombang keluaran sinusoidal murni. Besar muridnya suatu gelombang dapat terukur pada persentase Total Harmonic Distortion (THD). (Dwi et al., n.d.)

Apabila persentase THD nya kecil maka inverternya akan semakin baik (Kumara et al., 2020). Inverter memiliki banyak jenis yang sudah beredar di pasaran. inverter ini memiliki banyak jenis yang berbeda dimulai dari yang berfungsi untuk single module sampai arrays dan yang dibutuhkan untuk penyaluran dalam KW atau MW.terdapat tiga macam inverter yang banyak dipakai diantaranya string, central dan micro inverter. Jenis ini dibedakan pada kebutuhan jenis kabel yang digunakan (Ilham Lubis, 2018).

a. Inverter Mikro (Micro Inverter)

Inverter mikro atau biasa disebut inverter modul diletakan pada posisi belakang setiap modul surya. Inverter ini dibuat dengan kisaran daya 100-300 W. Keunggulan inverter mikro yaitu dengan kabel DC yang sedikit dikarenakan keluaran pada modular adalah daya AC yang langsung diparalelkan dalam modul dan selanjutnya dihubungkan pada jaringan. Keunggulan lain adalah, jika ingin melakukan penambahan daya, kita dapat menambahkan inverter dan modul surya tanpa harus melepas komponen (Ilham Lubis, 2018).

b. Inverter string (String Inverter)

String inverter seringkali dipakai buat instalasi jaringan terhubung skala kecil (kurang dari 10kW). Rata – rata besarnya string inverter adalah 1 kW hingga kira-kira 12 kW, inverter multi string akan dibutuhkan apabila besarnya kapasitas pada PLTS melebihi 5 kW sehingga inverter multi string ini dapat menjadi inverter alternatif. tiap- tiap inverter

on-grid mempunyai kegunaan seperti MPPT dan tegangan DC masukannya hingga 1000V DC.(S-, n.d.)

c. Inverter Terpusat (Central Inverter)

PLTS yang besar sering kali menggunakan inverter terpusat, inverter terpusat ini dipakai dalam daya berdasarkan 30 kWp (fronius) & berdasarkan 100kWp (SMA). Inverter terpusat ini memiliki kesamaan dengan inverter string & multi-string namun yg berbeda dalam inverter terpusat merupakan array dalam PLTS yang bisa dipecah menjadi Sub-array (Ilham Lubis, 2018).

Tiap inverter memiliki efisiensi yg ditunjukkan dalam spesifikasi & data sheet produk. Efisiensi inverter bergantung oleh masukan pada array. Kita dapat memerhatikan masuka yang masuk pada array sehingga dapat mengatasi kurangnya efisiensi , apabila input yang masuk kelebihan maka efisiensi akan berkurang. Oleh sebab itu, lantaran efisiensi inverter secara pribadi berkaitan dalam suhu operasi maka, ketika instalasi inverter penting dilaksanakan agar inverter tidak dipasang di bawah sinar matahari langsung. Selain itu, agar inverter dapat bekerja secara maksimum maka inverter yang dipasang harus memiliki ventilasi yang tepat (Ilham Lubis, 2018).



Gambar 2. 3 Inverter Huawei

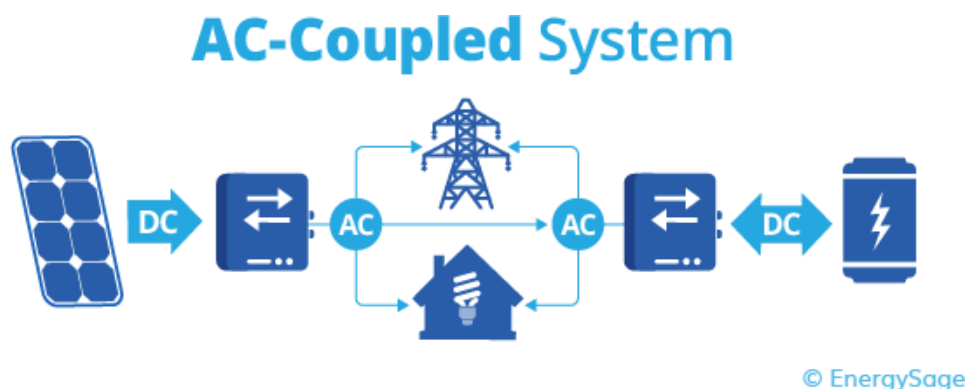
2.2.6 Sistem Monitoring Energi Surya

Sistem monitoring energi surya adalah mekanisme pemantauan untuk mengetahui performa panel surya secara *real-time*. Monitoring dilakukan dengan cara mencatat parameter listrik seperti tegangan, arus, dan daya kemudian menampilkannya dalam bentuk grafik atau tabel pada dashboard IoT. Sistem monitoring berbasis IoT memudahkan pengguna dalam mengakses informasi secara jarak jauh melalui smartphone atau komputer, sehingga efisiensi panel surya dapat dievaluasi secara praktis.

2.2.7 AC Coupling

Pada system AC Coupling, keluaran solar inverter terhubung pada jaringan PLN / grid & secara bersamaan melayani beban. Daya yang dibuat PLTS sangat berguna untuk digunakan agar dapat mengurangi pemakaian listrik dari PLN / grid. apabila menyimpan kelebihan daya ,maka dapat disuplai ke jaringan PLN (feed-in / export) dengan rancangan pengurangan tagihan listrik.

Dalam sistem AC Coupling, listrik tenaga surya DC mengalir dari panel surya ke inverter surya yang mengkonversi menjadi listrik AC. Listrik AC itu kemudian dapat dialirkan ke alat - alat rumah, atau pergi ke inverter lain yang mengubah listrik kembali ke DC untuk disimpan dalam sistem baterai. Dengan sistem berpasangan AC, listrik apa pun yang disimpan pada sistem baterai perlu dibalik tiga kali secara terpisah sebelum digunakan.



Gambar 2. 4 Blok diagram sistem AC coupling (DS Energi Baru, 2020)

1. Beban = Produksi PLTS

Semua pembuatan energi yang dihasilkan PLTS dapat mengoperasikan beban tanpa menangkap energi dari grid / jaringan PLN.

2. Produksi PLTS = 0

Pada saat malam hari ataupun keadaan cuaca sangat tidak bagus, maka beban dapat dioperasikan langsung oleh grid / jaringan PLN.

3. Beban < Produksi PLTS

Energi yang dihasilkan PLTS dapat melayani beban dan energi yang berlebihan akan tersalur ke jaringan PLN

4. Beban > Produksi PLTS

Semua pembuatan energi PLTS dapat melayani beban dan energi beban yang kurang dapat di back up oleh jaringan PLN

2.2.8 Grid Tie Inverter

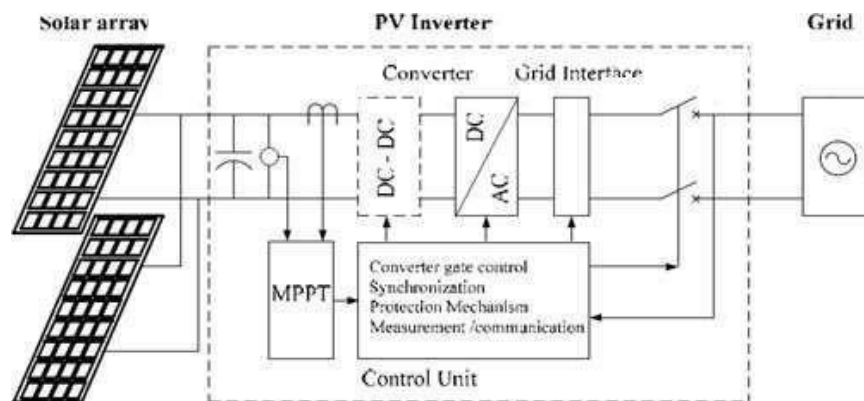
Grid Tie Inverter merupakan inverter yang memiliki tipe khusus yang bisa mengubah tegangan bolak balik menjadi tegangan searah dan dijalankan secara paralel bersamaan oleh jaringan listrik utama. Syarat agar grid tie inverter dapat beroperasi salah satunya adalah keluaran dari grid tie inverter harus di hubungkan dengan jaringan listrik PLN, grid tie inverter juga biasa disebut synchronous inverter atau grid interactive inverter dan grid tie inverter dapat dibedakan dengan inverter yang lain. Secara umum, grid tie inverter memiliki beberapa syarat jika ingin terhubung ke jaringan PLN, diantaranya, tegangan, phase dan frekuensi output dari grid tie inverter harus sama dengan tegangan, phase dan frekuensi. (Kiswantono et al., 2024)

2.2.9 Sinkronisasi Inverter Terhadap Jaringan PLN

Sinkronisasi adalah suatu cara untuk menghubungkan dua sumber atau beban arus bolak – balik (AC). Sumber AC yang ingin dihubungkan disini adalah sumber Solar Cell yang diubah AC oleh inverter dan dari sumber dari PLN. Pemanfaatan tegangan

Solar Cell ataupun energi terbarukan lainnya yang terhubung dengan grid sudah lama dikembangkan. Namun dalam menghubungkan tegangan PV dalam hal ini tegangan output inverter ini tidaklah mudah. Untuk menghubungkan secara paralel antara tegangan PV dan tegangan grid maka karakteristik kedua tegangan haruslah mempunyai frekuensi, amplitud dan sudut fase yang sama. Beberapa metode telah banyak digunakan dalam beberapa produk inverter diantaranya adalah :

1. Zero crossing Detection
2. Pem-filter-an tegangan jaringan listrik
3. Phase Locked Loop (PLL)



Gambar 2. 5 Blok diagram sistem AC coupling (DS Energi Baru, 2020)

Dari Gambar diatas dapat dilihat fungsi – fungsi dasar dari inverter grid tied, diantaranya terdapat fungsi MPPT agar inverter dapat mengambil daya maksimum yang dihasilkan PV, sistem sinkronisasi, sampai sistem proteksi. Pada inverter ini terdapat fungsi monitoring yang dapat dihubungkan dengan DC input yang dibutuhkan agar inverter dapat bekerja (Simangunsong, 2017).



Gambar 2. 6 3D Cinematik

Tabel 2. 2 Spesifikasi Inverter

Parameter	Keterangan
Merek	Huawei
Model	SUN2000-5KTL-M1
Jenis	Solar Inverter
Max. Input Voltage (DC)	1100 Vdc
Max. Input Current (DC)	13.5 A / 13.5 A
Short Circuit Current (Isc)	19.5 A / 19.5 A
MPPT Voltage Range	140 – 980 Vdc
Output Nominal Voltage (AC)	220/380 Vac, 230/400 Vac; 3(N)~
Nominal Operating Frequency	50 / 60 Hz
Output Rated Power	5 kW
Output Rated Apparent Power	5 kVA
Max. Output Apparent Power	5.5 kVA
Output Rated Current	7.6 A / 7.3 A
Max. Output Current	8.5 A
Power Factor	0.8 (lagging) – 0.8 (leading)
Operating Temperature Range	-25 °C sampai +60 °C
Max. Altitude	4000 m (>3000 m lihat manual)
Overvoltage Category	II (DC) / III (AC)

Parameter	Keterangan
Inverter Topology	Non-isolationc7
Battery Nominal Voltage	600 Vdc
Battery Voltage Range	600 – 1100 Vdc
Battery Maximum Current	16.7 A dc
Battery Type	Li-ion
Enclosure Protection	IP65
Protection Class	Class I
AFCI Protection	Type I
Sertifikasi	CE, UKCA, dll
Pabrikan	Huawei Technologies Co., Ltd
Made in	China (PRC)

2.3 FusionSolar

FusionSolar merupakan aplikasi yang dirancang untuk memudahkan pengguna dalam memantau dan mengendalikan sistem panel surya fotovoltaik (PV) secara efektif dan efisien. Aplikasi ini memiliki antarmuka yang ramah pengguna serta menyediakan solusi terpadu dalam pengelolaan sistem pembangkit listrik tenaga surya.(Kiswantono et al., 2024)

FusionSolar dilengkapi dengan berbagai fitur, seperti visualisasi produksi energi secara waktu nyata (*real-time*), pengelolaan seluruh perangkat yang terhubung dalam sistem, serta pemantauan data cuaca dan kondisi lingkungan. Informasi yang disajikan memungkinkan pengguna untuk mengetahui kondisi operasional panel surya serta memastikan bahwa sistem bekerja secara optimal dalam menghasilkan energi listrik.

Selain itu, FusionSolar menyediakan fitur analisis data yang memungkinkan pengguna untuk mengevaluasi dan membandingkan kinerja sistem panel surya dengan sistem lain yang sejenis. Melalui fitur ini, permasalahan yang memengaruhi performa panel dapat diidentifikasi dan ditangani lebih cepat, sehingga produksi energi dapat dioptimalkan dan efisiensi sistem meningkat. Aplikasi ini juga dilengkapi dengan sistem notifikasi yang memberikan peringatan apabila terjadi gangguan atau anomali pada sistem, sehingga pengguna dapat segera melakukan tindakan perbaikan. Di samping itu, FusionSolar secara otomatis menyusun laporan mingguan dan bulanan mengenai riwayat produksi energi guna mendukung analisis kinerja sistem dalam jangka waktu tertentu.

Sistem FusionSolar terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu:

- a. Pusat daya pintar, berupa inverter dengan efisiensi tinggi hingga 98,6% yang dilengkapi antarmuka penyimpanan energi terintegrasi sehingga siap digunakan.
- b. Pengoptimal baterai fotovoltaik pintar, dengan tingkat efisiensi mencapai 99,5%, yang memungkinkan pemanfaatan panel surya secara maksimal serta mendukung pemasangan yang lebih cepat dan pemantauan jarak jauh.
- c. Sistem manajemen, yang memungkinkan akses data melalui perangkat seluler, menyediakan laporan proaktif terkait peristiwa dan alarm, serta mendukung pengelolaan sistem fotovoltaik secara terpusat.
- d. Sistem keamanan fotovoltaik pintar, yang berkomunikasi dengan pengoptimal melalui MBUS serta mendukung pemantauan dan manajemen sistem secara waktu nyata.