



PLTS TERPUSAT

TINJAUAN TEKNOLOGI DAN SPESIFIKASI OFF GRID - AC COUPLING

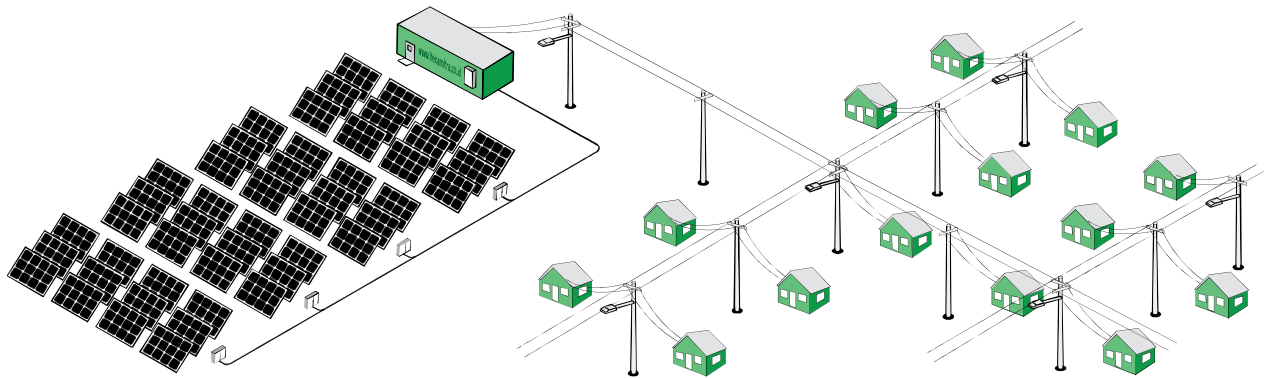


Table of Contents

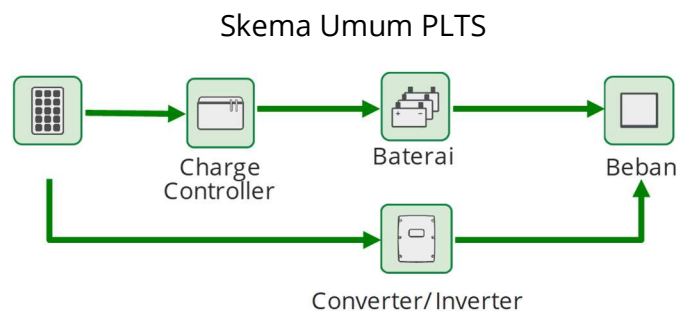
TINJAUAN TEKNOLOGI	2
1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya	2
2. AC Coupling vs DC Coupling	3
3. Off Grid, On Grid dan Hybrid System	4
4. Pertimbangan Teknis PLTS Terpusat	6
5. Pola Pembebanan	7
SPESIFIKASI TEKNIS	9
1. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya	9
2. Rancangan Sistem dan Konstruksi	10

TINJAUAN TEKNOLOGI

1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dimanfaatkan melalui dua macam teknologi yaitu teknologi fotovoltaik (PV) dan teknologi fototermal (surya termal). Teknologi PV mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik melalui perangkat semikonduktor yang disebut sel surya, sedangkan teknologi surya termal memanfaatkan panas dari radiasi matahari dengan menggunakan alat pengumpul panas atau yang biasa disebut kolektor surya.

Di Indonesia, pengaplikasian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) identik dengan teknologi fotovoltaik dimana PLTS merubah cahaya matahari menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaik yang menghasilkan energi listrik. Keluaran energi berupa listrik DC yang kemudian dikonversi oleh inverter menjadi listrik AC. Dalam dokumen ini, PLTS akan merujuk pada penerapan teknologi fotovoltaik.



Keunggulan PLTS :

- Tidak memerlukan bahan bakar
- Energi matahari melimpah sepanjang tahun
- Dapat diterapkan secara terpusat maupun tersebar
- Kapasitas listrik yang dibutuhkan dapat disesuaikan
- Ramah Lingkungan
- Umur pakai panjang
- Mengurangi biaya listrik dalam jangka panjang
- Mudah dioperasikan dan dapat dipasang dimana saja
- Sangat cocok di daerah tropis seperti Indonesia.

Kelemahan PLTS:

- Biaya pembangunan awal yang cukup mahal.
- Membutuhkan lahan yang luas untuk PLTS dengan skala besar.
- Produksi energi tidak dapat dilakukan selama 24 jam karena pada malam hari panel surya tidak bekerja mengingat tidak adanya sinar matahari.

PLTS sangat efisien digunakan pada siang hari saat matahari bersinar. Untuk malam hari jika tidak terdapat sumber energi listrik yang lain (seperti PLN/Genset) maka

PLTS dilengkapi dengan baterai sebagai media penyimpanan energi listrik untuk dapat digunakan pada malam hari.

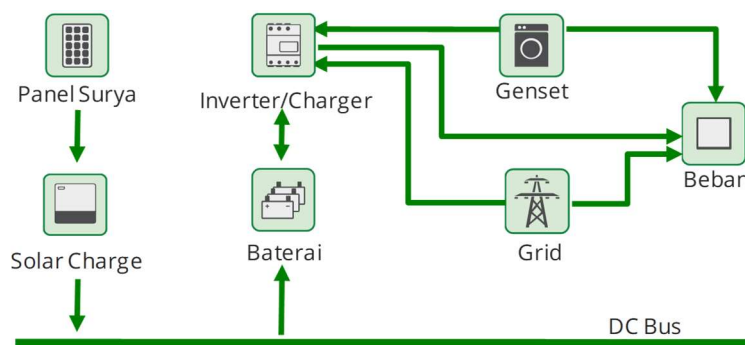
2. AC Coupling vs DC Coupling

Coupling merujuk ke titik titik koneksi. Sistem PLTS terdiri dari dua sistem listrik yang berbeda, DC dan AC. Ketika sistem ini menggunakan baterai, ada dua poin dari koneksi yang dapat dibuat dengan output dari array panel surya. Output array tersebut dapat dihubungkan ke sisi DC dari sistem listrik atau ke sisi AC. Aplikasi kedua sistem ini akan membedakan perangkat yang akan digunakan.

Dalam sistem DC Coupling, output panel surya akan masuk ke solar charge controller kemudian masuk ke busbar DC dari busbar DC akan mengisi baterai. Semua proses dalam arus DC. Baru kemudian melalui inverter/charger (bi-directional inverter) arus DC diubah dalam bentuk AC dan siap digunakan untuk perangkat arus AC.

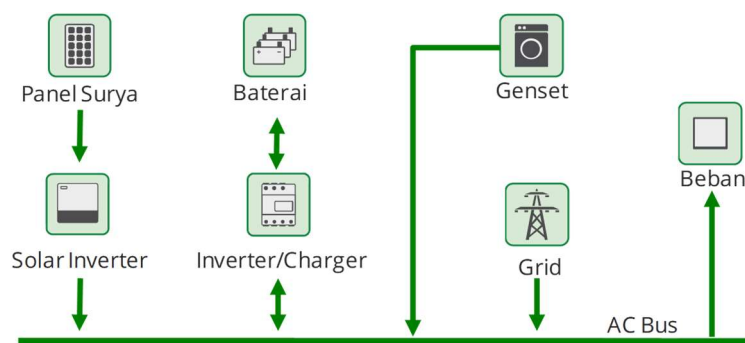
Dalam sistem DC Coupling, inverter/charger memiliki peran yang sangat penting karena menjadi jembatan semua sumber listrik yang akan men-charge baterai. Semua proses harus melalui inverter/charger.

Skema DC Coupling



Sementara itu dalam sistem AC Coupling, output panel surya akan masuk ke solar inverter. Output dari solar inverter sudah dalam bentuk arus AC dan masuk ke busbar AC. Dari busbar AC listrik yang dihasilkan sudah dapat langsung digunakan untuk perangkat arus AC.

Skema AC Coupling



Untuk sistem yang membutuhkan baterai, inverter/charger (bi-directional inverter) dihubungkan dengan busbar AC bersama-sama dengan sumber listrik yang lain (PLN, genset dll.). Inverter/charger mengisi baterai dalam kondisi normal, sementara dalam kondisi dibutuhkan energi karena energi panel surya tidak mencukupi, maka Inverter/charger kan menjadi inverter yang mengubah arus DC baterai menjadi arus AC untuk membantu kekurangan energi yang terjadi. Dalam sistem AC Coupling, semua perangkat memiliki peran yang sama.

Kelebihan lain dari sistem AC Coupling adalah kemudahan dalam pengembangan sistem (skalabilitas) dan kemampuan untuk langsung terhubung dengan jaringan listrik lain seperti PLN (fleksibilitas) karena koneksi PLTS terhubung pada sisi AC dimana sumber lain mayoritas adalah sumber listrik arus AC.

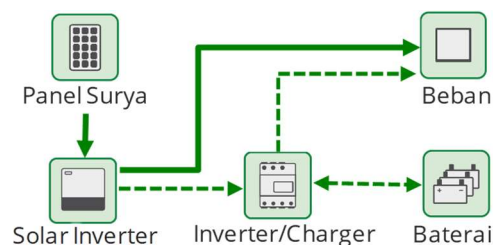
Sistem AC Coupling juga mempunyai keunggulan dalam memperpanjang umur baterai karena daya yang dihasilkan diprioritaskan untuk melayani beban, tidak seperti sistem DC Coupling yang lebih memprioritaskan pengisian baterai.

Namun demikian untuk PLTS Terpusat skala kecil <15 kWp, sistem DC Coupling lebih efisien karena umumnya PLTS kapasitas tersebut lebih diutamakan untuk melayani beban penerangan pada malam hari.

3. Off Grid, On Grid dan Hybrid System

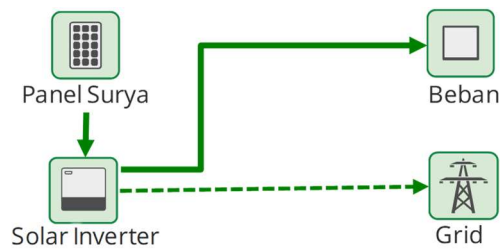
Off Grid system merupakan sistem PLTS yang umum digunakan untuk daerah-daerah terpencil/ pedesaan yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN. Off Grid system disebut juga Stand-Alone PV system yaitu sistem pembangkit listrik yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian photovoltaic modul (Solar PV) untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan. Beberapa produk off grid system diantaranya SHS (Solar Home System), PJUTS, Pompa Air Tenaga Surya (PATs) dan PLTS Komunal (untuk system berskala besar).

Skema Sistem Off Grid



Adapun On Grid system (juga disebut Grid Tie System / Grid Interactive) menggunakan solar panel (panel photovoltaic) untuk menghasilkan listrik yang ramah lingkungan dan bebas emisi. Rangkaian sistem ini akan tetap berhubungan dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi dari panel surya untuk menghasilkan energi listrik semaksimal mungkin. Dengan adanya sistem ini akan mengurangi tagihan listrik dan memberikan nilai tambah pada pemiliknya.

Skema Sistem On Grid

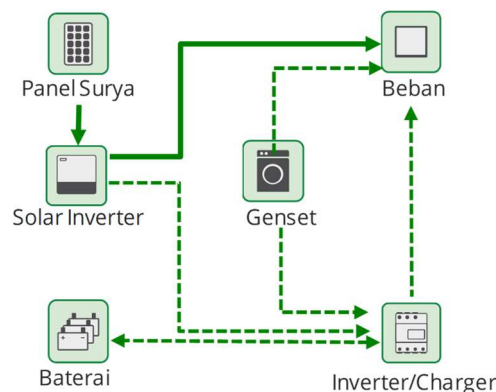


Hybrid System adalah penggunaan 2 sistem atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda. Umumnya sistem pembangkit yang banyak digunakan untuk hybrid dengan PLTS adalah genset, mikrohidro dan tenaga angin. Sistem ini merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah-daerah yang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit besar seperti jaringan PLN. Sistem hybrid ini memanfaatkan PLTS sebagai sumber utama (primer) yang dikombinasikan dengan genset atau lainnya sebagai sumber energi cadangan (sekunder).

Ciri utama yang umumnya menjadi pembeda antara ketiga sistem tersebut adalah penggunaan baterai sebagai media penyimpanan energi listrik.

Dalam sistem Off Grid baterai menjadi keharusan (mandatory) karena PLTS menjadi sumber energi utama. Pengecualian ada pada sistem Pompa Air Tenaga Surya yang hanya bekerja pada siang hari, jadi tidak membutuhkan penyimpanan listrik.

Skema Sistem Hybrid



Pada sistem Off grid kapasitas baterai harus memperhitungkan cadangan jika kondisi cuaca buruk sehingga produksi energi dari sinar matahari kurang optimal. Umumnya di Indonesia dan yang disarankan oleh Kementerian ESDM, cadangan (autonomous days) ini adalah 3 hari, sementara di negara-negara kepulauan di Pasifik dan negara-negara maju umumnya menetapkan 7-10 hari sebagai patokan cadangan (autonomous days).

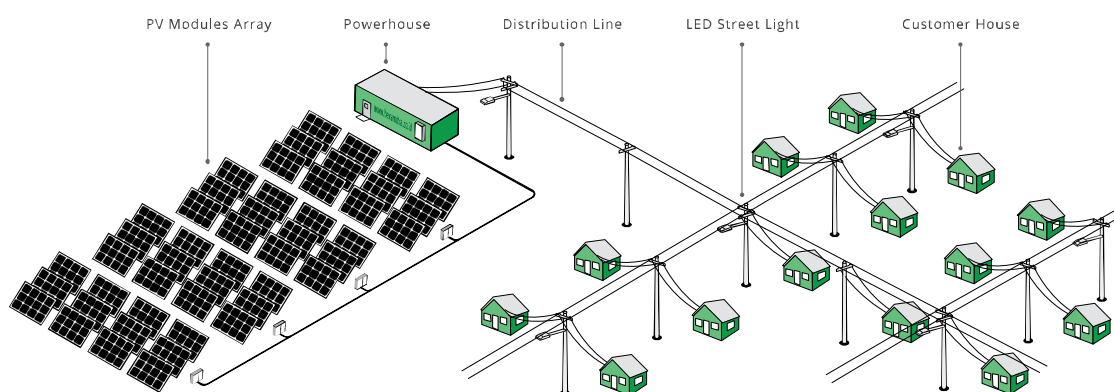
Dalam sistem On Grid, baterai merupakan hal yang tidak wajib (optional), mengingat PLTS bukan merupakan sumber energi listrik yang utama. Demikian juga dengan sistem Hybrid, keharusan penggunaan baterai disesuaikan dengan kondisi dan

pilihan energi primernya. Jika PLTS sebagai energi primer, maka baterai menjadi harus, namun tidak seketat sistem Off Grid, kapasitas baterai dapat dibuat untuk 1 hari penggunaan karena dalam kondisi cuaca buruk, sumber energi lain yang di-hybrid dengan PLTS dapat memberikan pasokan energi listrik.

4. Pertimbangan Teknis PLTS Terpusat

PLTS Terpusat merupakan pembangkit yang didesain untuk melayani pengguna/beban yang tidak berada di dekatnya dan bekerja 24 jam sehari meskipun matahari hanya bersinar 10-12 jam sehari. Mengingat jaringan listrik PLN yang tidak tersedia, maka PLTS ini adalah PLTS Off Grid yang difungsikan sebagai sumber energi primer listrik. Oleh karena itu, diperlukan penyimpanan energi dalam bentuk baterai dengan pertimbangan waktu cadangan 3 hari.

Ilustrasi PLTS Terpusat



Pengembangan dalam waktu-waktu mendatang harus diantisipasi. Pengembangan dapat berbentuk masuknya jaringan listrik PLN atau interkoneksi genset dengan sistem PLTS. Mengingat kedua sumber energi tersebut menghasilkan arus AC, maka dipilih sistem AC Coupling sehingga memudahkan dalam menghubungkan semua sumber dalam busbar AC. Busbar bisa dalam bentuk plat yang ada dalam panel distribusi atau langsung dikoneksikan ke jaringan distribusi yang ada.

Secara umum, pemilihan sistem AC Coupling adalah sebagai berikut:

- **Karakteristik Arus Beban**

Perangkat beban yang akan digunakan adalah perangkat arus AC. maka sistem AC Coupling lebih efektif dan efisien karena dari panel surya listrik langsung dirubah menjadi arus AC tanpa melalui proses pengisian baterai / solar charge terlebih dahulu.

- **Memperpanjang Umur Baterai**

Karena tidak melalui proses pengisian terlebih dahulu, maka proses charge-discharge baterai lebih sedikit sehingga umur baterai (cycle) akan lebih panjang

karena umur baterai dihitung dari proses charge-discharge yang dihitung sebagai satu cycle.

- **Skalabilitas**

Dengan sistem AC Coupling, kapasitas PLTS dapat ditambah dengan cepat terutama ketika kebutuhan listrik siang hari meningkat karena geliat ekonomi akibat adanya PLTS.

- **Fleksibilitas**

Dengan sistem AC Coupling akan lebih mudah dihubungkan dengan genset dan/atau jaringannya PLN (grid) karena semua koneksi sistem ada di sisi AC dimana semua pembangkit dan termasuk jaringan PLN tersebut berada pada sisi busbar AC.

- **Stability & Reliability**

Sistem AC Coupling digunakan dalam semua PLTS skala besar dan sudah terbukti stabil dan dapat diandalkan (reliable).

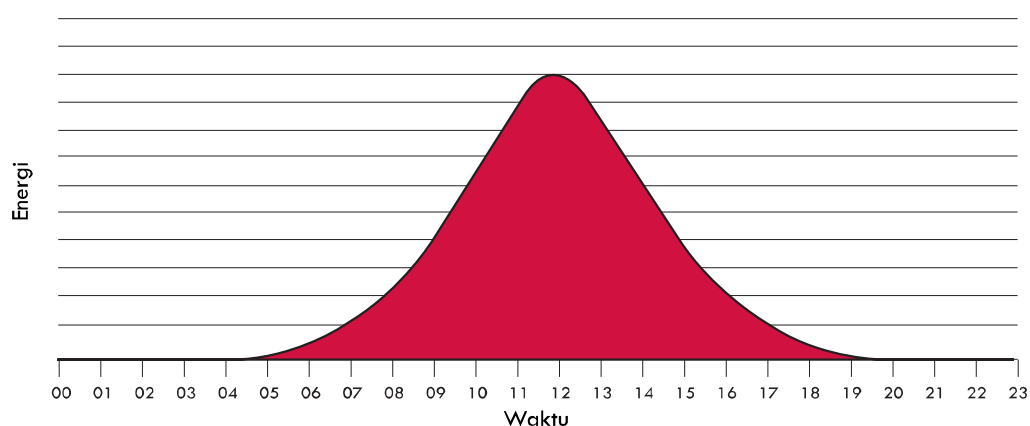
- **Antisipasi Masa Mendatang**

Baterai merupakan komponen yang termahal dalam sistem PLTS. Dengan sistem AC Coupling, baterai tidak menjadi hal yang wajib (mandatory) agar sistem bisa berjalan. Berarti dalam kondisi paling ekstrim dimana dalam pengelolaan PLTS tersebut tidak mampu untuk melakukan penggantian baterai, sistem PLTS akan tetap berjalan pada siang hari selama matahari masih bersinar.

5. Pola Pembebanan

Pola pembebanan menjadi hal penting karena menyangkut dengan kemampuan/kapasitas PLTS dalam melayani beban. Pembebanan ini harus direncanakan dengan baik dan mengasumsikan jumlah seluruh beban dan proyeksi penambahan beban di masa mendatang.

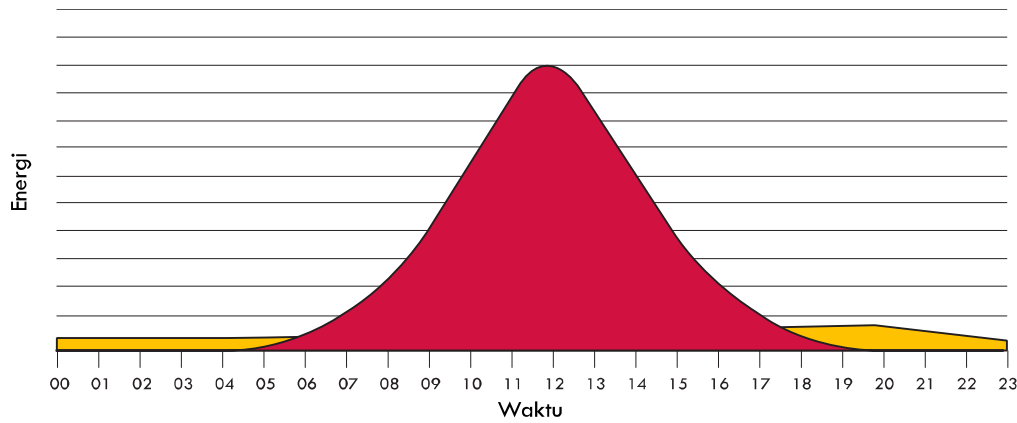
Grafik Produksi Energi PLTS



PLTS memproduksi energi listrik pada siang hari dan dimanfaatkan untuk mengisi baterai agar energi bisa digunakan juga pada malam hari.

Umumnya pembebanan dalam sistem off grid akan lebih dominan di malam hari. Hal ini mengingat penggunaan listrik di daerah yang jauh dari jangkauan jaringan PLN lebih pada penerangan. Puncak pembebanan diperkirakan sekitar pukul 18.00 – 22.00.

Grafik Produksi Energi dan Pola Pembebanan



Namun demikian kehadiran PLTS dapat mendorong geliat aktivitas ekonomi yang menggunakan listrik untuk peralatan pendukungnya. Oleh karenanya pilihan sistem AC Coupling sudah tepat karena penambahan kebutuhan tersebut dapat segera dijawab dengan penambahan kapasitas panel surya dan langsung terkoneksi ke busbar AC.

SPEKIFIKASI TEKNIS

1. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Peralatan utama PLTS terdiri dari:

a. Modul Fotovoltaik

Rangkaian beberapa sel surya yang dihubungkan seri atau paralel yang ditempatkan sedemikian rupa berbentuk persegi atau persegi panjang, dilaminasi dan dilapis kaca khusus dan diberi penguat rangka/*frame* pada keempat sisinya. Setiap modul fotovoltaik dirancang memiliki daya puncak spesifik.

b. Baterai

Baterai memenuhi dua tujuan dalam sistem solar power, yaitu untuk menyimpan kelebihan daya dari PLTS yang selanjutnya untuk memberikan daya listrik ke sistem ketika daya tidak disediakan oleh pembangkit eksisting (*array* panel-panel surya dan generator diesel).

c. Inverter

Inverter yang digunakan 2 (dua) jenis yaitu solar inverter (inverter on-grid) dan battery inverter (inverter off-grid). Kedua inverter harus dapat terkoneksi melalui jaringan listrik AC. Hal ini memungkinkan komunikasi antar solar inverter dan battery inverter yang terpisah-pisah dengan jarak yang jauh. Dengan fitur ini, semua inverter dapat berkomunikasi hanya dengan menggunakan AC power line tanpa perlu tambahan jaringan komunikasi lainnya.

Pada siang hari, seluruh energi yang dihasilkan oleh panel surya akan dialirkan langsung oleh solar inverter langsung ke rumah-rumah pengguna/fasilitas umum (beban). Jika beban yang dilayani lebih kecil dari energi yang dihasilkan oleh panel surya, maka kelebihan energi tersebut akan dipakai untuk mengisi (charging) baterai. Pada saat baterai dalam kondisi penuh, maka battery inverter akan secara otomatis menghentikan suplai ke baterai. Sebaliknya, jika beban yang dilayani lebih besar dari energi yang dihasilkan atau pada malam hari, maka battery inverter akan mengkonversi energi yang tersimpan pada baterai (discharging) untuk melayani beban.

d. Panel Distribution Box (Panel Hubung Bagi)

Berfungsi untuk menghubungkan output PLTS yang dilengkapi dengan system proteksi, KWh Meter dan indikator-indikator lainnya.

Adapun penggunaan inverter on-grid (solar inverter) akan sangat berguna ketika jaringan listrik PLN masuk, inverter ini bisa langsung disambungkan ke jaringan PLN tanpa perubahan konfigurasi sistem selain yang dipersyaratkan oleh PLN.

Untuk memastikan bahwa peralatan yang digunakan (terutama peralatan utama) adalah perangkat yang berkualitas, maka dibutuhkan spesifikasi yang terbaik dan

memiliki daya tahan yang baik mengingat pemasangan PLTS ini akan dilakukan di lokasi yang jauh dari perkotaan / jauh dari lokasi layanan purna jual peralatan tersebut.

Selain itu produsen tiap-tiap perangkat (terutama peralatan utama) harus memiliki standar yang sudah diakui baik secara manajemen maupun secara lingkungan. Dan sesuai dengan peraturan yang ada, peralatan yang sudah bisa diproduksi di dalam negeri harus digunakan dalam rangka mendukung industri dalam negeri.

Seluruh dokumen yang disebutkan dalam bagian selanjutnya harus dilampirkan oleh kontraktor sewaktu mengajukan penawaran.

2. Rancangan Sistem dan Konstruksi

a. Modul Surya

- Jenis modul adalah Mono/Polycrystalline Silicon.
- Output Panel surya (Peak Power Output) per unit minimum 200 Wp, karakteristik hasil tegangan tes Produsen harus terbaca pada modul (Manufacture, Serial Number, Peak Watt Rating, Peak Current, Peak Voltage, Open Circuit Voltage dan Short Circuit Current).
- Efisiensi panel surya lebih besar dari 16%.
- Rangkaian modul surya mempunyai kapasitas total sesuai dengan hasil perhitungan kapasitas sistem.
- Koneksi antar panel surya menggunakan koneksi plug-in socket .
- Keluaran array modul harus melalui Combiner Box sebelum masuk ke inverter.
- Label data kinerja (performance) modul harus ditempelkan pada bagian belakang panel surya.
- Panel surya sudah diproduksi di dalam negeri, oleh karenanya wajib menggunakan produksi Indonesia dan dibuktikan dengan tanda sah capaian Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) yang diterbitkan oleh Kementerian Perindustrian Republik Indonesia (nilai TKDN >40%).
- Modul surya yang digunakan harus memiliki sertifikat merek, baik nasional maupun internasional.
- Harus dibuat di pabrik dengan standarisasi SNI ISO 9001, ISO 14001 dan OHSAS 18001.
- Sudah diuji oleh Lembaga Uji Independen (bukan merupakan uji QA produsen) sesuai dengan standar SNI 04-3850.2-1995.
- Memiliki jaminan umur teknis minimal 20 (dua puluh) tahun, dengan degradasi output <1% pertahun dan <20% pada akhir usia teknis.
- Melampirkan gambar:
 - Wiring array panel surya
- Melampirkan brosur/katalog yang mencantumkan spesifikasi teknis / datasheet produk yang bersangkutan.

b. Solar Inverter

- Daya output total minimum sama dengan kapasitas output pembangkit.
- Tegangan output: 50 Hz, 220-230 VAC (satu fasa) atau 380-400VAC (tiga fasa)
- Gelombang output : sinus murni
- Efisiensi: $\geq 95\%$
- Sistem proteksi: over load, short circuits, over temperature, over/under voltage, reverse polarity.
- Indikator (LCD display): inverter voltage & current, inverter frequency, load current & load voltage
- Inverter harus dapat bekerja secara paralel (parallel operation/stacking)
- Dilengkapi dengan management control untuk mengatur energi yang masuk dan keluar dari inverter.
- Dilengkapi dengan fitur communication/interface untuk komunikasi data dengan Remote Monitoring System.
- Indeks proteksi : minimum IP65; Climatic category 4K4H; Overvoltage category III
- Garansi produk: minimal 3 (tiga) tahun.
- Harus dibuat di pabrik dengan standarisasi ISO 9001, ISO 14001 dan OHSAS 18001.
- Sudah diuji oleh Lembaga Uji Independen (bukan merupakan uji QA dari produsen).
- Melampirkan brosur/katalog yang mencantumkan spesifikasi teknis / datasheet produk yang bersangkutan.

c. Battery Inverter

- Daya output total minimum sama dengan kapasitas output pembangkit.
- Tegangan output: 50 Hz, 220-230 VAC (satu fasa) atau 380-400VAC (tiga fasa)
- Gelombang output : sinus murni
- Efisiensi: $\geq 95\%$
- Total Harmonic Distortion (THD) : $\leq 5\%$
- Sistem proteksi: over load, short circuits, over temperature, over/under voltage, reverse polarity.
- Indikator (LCD display): inverter voltage & current, inverter frequency, load current & load voltage
- Inverter harus dapat bekerja secara paralel (parallel operation/stacking)
- Dilengkapi dengan management control untuk mengatur energi yang masuk dan keluar dari inverter.
- Memiliki fitur battery temperature sensor dan battery equalization untuk mencegah kerugian kapasitas baterai dan life-time baterai.
- Dilengkapi dengan fitur communication/interface untuk komunikasi data dengan Remote Monitoring System.
- Indeks proteksi : minimum IP54; Climatic category 3K6; Overvoltage category III
- Garansi produk: minimal 3 (tiga) tahun.
- Harus dibuat di pabrik dengan standarisasi ISO 9001, ISO 14001 dan OHSAS 18001.

- Sudah diuji oleh Lembaga Uji Independen (bukan merupakan uji QA dari produsen).
- Melampirkan brosur/katalog yang mencantumkan spesifikasi teknis / datasheet produk yang bersangkutan.

d. Baterai (Battery Bank)

- Jenis baterai adalah VRLA Gel (Valve Regulated Lead Acid), OPzV Stationary Battery.
- Deep cycle, life cycle minimum 1.200 pada DOD (Depth of Discharge) 80%.
- Maximum discharge current 4000A dan maximum charging current 200A.
- Kapasitas baterai menyesuaikan dengan hasil perhitungan kapasitas sistem.
- Tegangan nominal 2 volt/sel.
- Umur teknis (float design life) minimal 10 (sepuluh) tahun pada suhu 20°C.
- Keluaran battery bank dengan tegangan nominal minimum 48 Vdc.
- Penempatan baterai memperhitungkan faktor keamanan (safety) bagi peralatan yang lainnya dan memperhitungkan aspek-aspek teknis lainnya yang dapat mempengaruhi umur teknis baterai (life time).
- Konektor baterai menggunakan tembaga dan diberi pelindung isolator agar aman bagi operator dan dilengkapi proteksi baterai, dengan kapasitas minimum sesuai dengan hasil perhitungan kapasitas sistem, sebelum masuk ke inverter.
- Dudukan baterai terbuat dari bahan metal (tidak boleh terbuat dari kayu) tahan korosi. Konstruksi dudukan baterai dilengkapi dinding pembatas pada sisi luar setinggi minimal 10 cm, sedemikian sehingga baterai dapat berdiri dengan kokoh.
- Baterai OPzV sudah diproduksi di dalam negeri, oleh karenanya wajib menggunakan produksi Indonesia dan dibuktikan dengan tanda sah capaian Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN) yang diterbitkan oleh Kementerian Perindustrian Republik Indonesia (nilai TKDN >75%).
- Garansi produk: minimal 3 (tiga) tahun.
- Harus dibuat di pabrik dengan standarisasi ISO 9001, ISO 14001 dan OHSAS 18001.
- Sudah diuji oleh Lembaga Uji Independen (bukan merupakan uji QA dari produsen).
- Melampirkan gambar:
 - Wiring battery bank
 - Rak baterai
- Melampirkan brosur/katalog yang mencantumkan spesifikasi teknis / datasheet produk yang bersangkutan.

e. Combiner Box

Interkoneksi dari masing-masing PV array harus dikelompokkan dan ditempatkan pada combiner box (marshalling kiosk). Penempatan combiner box harus aman dari guyuran hujan secara langsung.

- Ukuran combiner box disesuaikan sedemikian sehingga operator dapat dengan mudah/leluasa melakukan pengecekan saat pemeliharaan.
- Harus terbuat dari bahan non konduktif seperti polimer/polycarbonat/glass reinforce plastic.
- Indeks proteksi : IP65; Impact resistance: IK08/IK10; Over voltage category III.
- UV resistance (tahan terhadap sinar ultraviolet matahari)
- Dilengkapi dengan fuse, switch, MCCB dan surge protection. Semua harus untuk rating arus DC (bukan AC) dan sesuai dengan rating arus dan tegangan output PV array.
- Harus dibuat di pabrik dengan standarisasi minimal ISO 9001.
- Sudah diuji oleh Lembaga Uji Independen (bukan merupakan uji QA dari produsen).
- Melampirkan gambar:
 - Wiring combiner box
- Melampirkan brosur/katalog yang mencantumkan spesifikasi teknis / datasheet produk yang bersangkutan.

f. Remote Monitoring System (RMS)

Parameter-parameter, data-data dan informasi-informasi dari sebuah sistem PLTS diperlukan untuk menganalisis kehandalan fungsi dan jumlah energi yang diproduksi. Oleh sebab itu, sebuah Remote Monitoring System harus tersedia dan dapat diakses secara melalui ethernet atau internet web browser (melalui sebuah modem GPRS/GSM).

- Jika RMS sudah terintegrasi dengan perangkat utama dan bisa diakses melalui jaringan komputer, maka wajib menyediakan komputer (PC) untuk monitoring. Perangkat komputer harus hemat energi (<80W).
- 1 (satu) buah pyranometer dengan standar ISO 9060:1990 second class, waterproof, field of view 180° untuk mengukur radiasi matahari.(data-data pada alat ukur ini dapat disajikan pada RMS).
- RMS dan Pyranometer Harus dibuat di pabrik dengan standarisasi minimal ISO 9001.
- Melampirkan brosur/katalog yang mencantumkan spesifikasi teknis / datasheet produk yang bersangkutan.

g. Kabel Daya (Power Cable), Pentanahan (Grounding) dan Manajemen Pengkabelan

- Kabel koneksi antar modul surya diletakkan pada cable tray/trunk, cable tray/trunk diletakkan di bawah PV array dan menempel pada penyangga PV array.
- Kabel daya dari combiner box ke solar inverter menggunakan kabel dengan luas penampang (diameter) menyesuaikan besar arus (sesuai SNI 04-0225-2000 dan SNI 0225:2011/Amd 1:2013).
- Kabel daya dari PV Array ke solar inverter ditanam di tanah minimal 30 cm, dan masuk ke dalam rumah pembangkit (power house) melalui pondasi yang dilengkapi dengan cable conduit.

- Kabel daya dari baterai ke battery inverter, tipe NYAF yang dilengkapi isolasi tambahan dengan luas penampang diameter menyesuaikan arus pada baterai (sesuai SNI 04-0225-2000 dan SNI 0225:2011/Amd 1:2013).
- Kabel daya dari inverter ke panel distribusi, tipe NYY dengan luas penampang (diameter) menyesuaikan arus pada inverter (sesuai SNI 04-0225-2000 dan SNI 0225:2011/Amd 1:2013).
- Setiap penyambungan kabel menggunakan terminal kabel dan konektor (bukan sambungan langsung) yang sesuai yang terisolasi dengan baik.
- Material instalasi dan pentanahan (grounding) peralatan disesuaikan dengan kapasitas pembangkit.
- Sistem pembumian dari penyangga PV array menggunakan penghantar tipe NYY yellow green 35 mm². Penampang tersambung baik secara elektrik pada penyangga PV array (menggunakan sepatu kabel dan dibaut).
- Resistansi pembumian ≤ 5 ohm (SNI 0225:2011). Untuk memperoleh resistansi yang terendah dapat digunakan beberapa batang (rod) pembumian yang disatukan.
- Semua jenis kabel sudah diproduksi di dalam negeri, oleh karenanya wajib menggunakan produksi Indonesia.
- Harus dibuat di pabrik dengan standarisasi ISO 9001, ISO 14001 dan OHSAS 18001.
- Sudah diuji dan memiliki sertifikat SNI-LMK.
- Melampirkan gambar:
 - Wiring diagram pembangkit
- Melampirkan brosur/katalog yang mencantumkan spesifikasi teknis / datasheet kabel yang bersangkutan.

h. Panel Distribusi (Distribution Panel)

Panel distribusi dilengkapi dengan saklar utama/pemisah, pembatas arus mini circuit breaker (MCB), earth leak circuit breaker (ELCB), saklar terminal, busbar. Rangka bagian depan, atas, bawah dan bagian belakang tertutup rapat, sehingga petugas pelayanan akan terlindung dari bahaya sentuh bagian-bagian aktif. Panel distribusi dilengkapi dengan ventilasi pada bagian sisi, lubang ventilasi dilindungi, agar binatang atau benda-benda kecil serta air yang jatuh tidak mudah masuk ke dalamnya.

- Tegangan sistem : 380-400 VAC untuk sistem tiga fasa, atau 220/230 VAC untuk sistem satu fasa
- Monitoring : tegangan, arus, frekuensi dan kWh-meter.
- Sistem Proteksi : dilengkapi dengan fuse, circuit breaker dan Moulded Case Circuit Breaker (kapasitas menyesuaikan dengan arus sesuai SNI 04-0225-2000 dan SNI 0225:2011/Amd 1:2013).
- Panel distribusi dilengkapi dengan sebuah timer dan kontaktor yang berfungsi untuk dapat memutus aliran beban pada waktu yang ditentukan.
- Panel distribusi terbuat dari bahan metal yang tidak dapat terbakar, tahan lembab dan kokoh dengan ketebalan minimal 2 mm.
- Penempatan aman dan mudah dimonitor oleh operator.

- Pada bagian depan panel distribusi dilengkapi lampu indikator.
- Pada bagian depan panel distribusi diberi stiker tanda bahaya terhadap sengatan listrik.
- Wajib menggunakan produk dalam negeri yang sesuai dengan Peraturan Menteri Perindustrian No 54/M-IND/PER/3/2012
- Melampirkan gambar:
 - Single line diagram panel distribusi

i. Penyangga PV Array (PV Array Support)

- Pondasi terbuat dari pasangan batu dan diaci. Pondasi memiliki luas penampang 35x35 cm dan tinggi minimal 60 cm. Pondasi memiliki kedalaman minimal 45 cm (sehingga ketinggian pondasi di atas permukaan tanah minimal 15 cm).
- Tiang penyangga modul surya terbuat dari metal yang kokoh dan kuat dengan ketinggian minimal 110 cm terbuat dari pipa dengan diameter 4 inch dengan ketebalan minimal 4 mm yang di hot deep galvanized pada seluruh bagian permukaan.
- Tiang penyangga modul free standing di atas pondasi, bagian bawah tiang penyangga memiliki tapak (berbentuk bujur sangkar) yang materialnya sama dengan penyangga PV array dengan ketebalan minimal 6 mm dan memiliki ukuran 20x20 cm. Tapak ini dilubangi pada keempat sisinya untuk pemasangan baut yang ditanam ke pondasi dengan kedalaman minimal 30 cm.
- Panjang anchor/manzret minimal 32 cm.
- Ketinggian antara modul dan permukaan tanah pada titik terendah minimal 70 cm.
- Jarak antar PV Array diatur/didesain sedemikian rupa sehingga tidak ada bayangan (shading) yang jatuh pada permukaan PV Array lainnya. Demikian pula dengan jarak antara rumah pembangkit dan PV Array.
- Salah satu kaki penyangga modul terhubung dengan kawat pertanahan (grounding system).
- Penyangga modul harus memiliki sudut kemiringan sesuai hasil simulasi Pvsyst/NREL dengan kemiringan maksimum 15° (lima belas derajat) agar diperoleh energi penyinaran yang maksimum.
- Posisi permukaan panel menghadap ke arah utara.
- Pada setiap array dipasang tanda bahaya terhadap sengatan listrik.
- Array tersusun rapi pada beberapa baris yang simetris. Jarak antar masing-masing array cukup dapat dilewati secara leluasa oleh personil pada saat pemeliharaan.
- Melampirkan gambar:
 - Mekanik PV mounting dan tiang penyangga
 - Pondasi PV mounting
 - Denah pondasi PV mounting

j. Rumah Pembangkit (Power House)

Untuk keperluan penempatan peralatan dan operasional dibangun rumah pembangkit atau shelter dengan ukuran menyesuaikan dengan kapasitas baterai dan ruang kendali (control room).

- Mengutamakan penggunaan material lokal yang ada dengan tetap mempertimbangkan faktor keamanan terhadap listrik dan faktor suhu dalam ruangan untuk memperpanjang umur baterai.
- Rumah pembangkit terbagi atas ruang baterai dan ruang kendali (control room).
- Pondasi menggunakan batu kali/setara dengan kedalaman minimal 50 cm serta diaci.
- Plafon menggunakan bahan triplek/gypsum/bahan lain yang setara dan dicat.
- Atap menggunakan genteng/asbes gelombang/ bahan lain yang setara.
- Pintu terbuat dari triplek/bahan lain yang setara dicat dicat serta dilengkapi dengan kunci
- Ruang baterai harus memiliki ventilasi yang cukup untuk sirkulasi udara sedemikian sehingga suhu dalam ruang baterai bisa terjaga kurang dari 30°C. Untuk menjaga suhu ruang baterai, dinding ruang baterai wajib dipasang kipas (exhaust fan) ukuran minimum 10 inchi dengan konsumsi daya per unit maksimal 25 watt. Jumlah kipas yang dipasang disesuaikan agar pada saat beroperasi mampu menjaga suhu sesuai yang ditentukan. Nyala dan matinya kipas diatur dengan thermostat. Bagian kipas yang berada diluar ruang baterai harus terlindung dari air hujan.
- Dilengkapi dengan 6 titik instalasi listrik (4 lampu dan 2 kotak kontak), dan dipasang pembatas MCB 2A.
- Di sekitar bangunan rumah pembangkit dilengkapi dengan sistem penangkal petir.
- Dilengkapi dengan jalan setapak (dibeton atau menggunakan con-block dengan lebar minimal 1 meter) dari pintu gerbang ke pintu rumah pembangkit.
- Seluruh fasilitas sistem pembangkit diberi pagar keliling menggunakan jenis BRC seluas area yang disediakan dengan tinggi minimal 175 cm dan dilengkapi dengan pintu gerbang swing tunggal. Diameter besi pagar minimal 6 mm. Diameter tiang penghubung pagar minimum 2 inchi. Pagar BRC di hot dip galvanized.
- Pondasi pagar BRC memiliki luas penampang 20x20 cm dan tinggi 50 cm dengan kedalaman minimal 30 cm. (sehingga ketinggian pondasi di atas permukaan tanah minimal 20 cm)
- Melampirkan gambar:
 - Site plan rumah pembangkit
 - Layout rumah pembangkit
 - Layout elektrik rumah pembangkit
 - Layout peralatan rumah pembangkit
 - View rumah pembangkit (depan belakang, samping kiri dan kanan)
 - View potongan rumah pembangkit (depan dan samping)
 - Instalasi rumah pembangkit
 - Pondasi rumah pembangkit

- Mekanik pagar BRC
- Pondasi pagar BRC
- Papan nama rumah pembangkit

k. Penangkal Petir

Spesifikasi untuk penangkal petir sebagai berikut:

- Menara (tower): tree angle, guyed wire
- Sistem penangkal petir harus menggunakan lightning arrester produksi Indonesia dan bersertifikat LMK
- Pembumian penangkap petir tersambung secara baik dan dipisah dengan sistem pembumian PV array.
- Resistansi pembumian ≤ 5 ohm (SNI 0225:2011). Untuk memperoleh resistansi yang terendah dapat digunakan beberapa batang (rod) pembumian yang disatukan.
- Grounding penangkal petir ditempatkan dalam bak kontrol grounding. Bak kontrol grounding terbuat dari pasangan batu yang dicor semen dan diaci serta dilengkapi dengan penutup yang memiliki handle. Ukuran dan kedalaman bak kontrol dibuat sedemikian sehingga mudah bagi operator dalam melakukan perawatan.
- Dilengkapi dengan lightning counter yang diletakkan di dalam box yang spesifikasi teknisnya sesuai dengan combiner box.
- Dilengkapi dengan lightning counter yang diletakkan di dalam box yang spesifikasi teknisnya sesuai dengan combiner box.
- Tinggi menara (tower) minimal 17 meter.
- Melampirkan gambar:
 - mekanik menara
 - gambar elektrikal sistem penangkal petir
 - gambar pondasi menara dan pondasi sling
- Melampirkan brosur/katalog yang mencantumkan spesifikasi teknis / datasheet lightning arrester

l. Distribusi, Sambungan dan Instalasi Rumah

a. Sub-Sistem Jaringan Distribusi

Jaringan diperlukan untuk distribusi ke rumah pelanggan dengan jaringan tegangan rendah (TR) open loop. Jaringan distribusi terdiri dari tiang listrik dan kabel. Total panjang jaringan distribusi maksimal disesuaikan dengan Daftar Kuantitas dan Harga. Spesifikasi untuk jaringan distribusi tegangan rendah adalah sebagai berikut :

- Menggunakan jaringan udara dengan jarak antar tiang maksimal 50 meter;
- Menggunakan pole/tiang besi galvanized dengan tinggi 7 (tujuh) meter Standar PLN, ditanam dengan kedalaman 1 (satu) meter dan dilengkapi dengan aksesoris jaringan distribusi;
- Wajib menggunakan tiang produksi Indonesia.
- Harus dibuat di pabrik dengan standarisasi minimal ISO 9001..

- Pondasi tiang jaringan distribusi dibuat dengan ukuran 20x20 cm pada tapak yang diatas permukaan tanah dan 30x30 cm pada tapak yang di bawah (yang ditanam dalam tanah). Tinggi minimal pondasi 60 cm dengan kedalaman minimal 50 cm (sehingga ketinggian pondasi di atas permukaan tanah minimal 10 cm);
 - Kabel antar tiang menggunakan twisted cable 3x35 mm² + 1x25 mm² (SPLN);
 - Kabel dari tiang ke rumah menggunakan NFA 2x10 mm² (SPLN);
 - Tinggi lendutan kabel antar tiang minimal 4 meter dari permukaan tanah;
 - Pada setiap dua tiang dipasang sebuah lampu jalan. Lampu jalan harus dilengkapi dengan lengan lampu, dan lampu LED dengan daya 10 W dengan efikasi ≥ 100 lm/W yang terletak didalam suatu enclosure tertutup yang memiliki indeks proteksi IP65. Mengingat kapasitas pembangkit dan energi yang tersimpan pada baterai yang sangat terbatas, maka lampu jalan ini harus didesain untuk dapat dinyalakan maksimal 5 (lima) jam perhari (menggunakan timer, dimulai sejak terbenamnya matahari).
 - Koneksi lampu jalan dengan timer dan kontaktor dapat menggunakan kabel tipe NFA 2x10mm²
 - Melampirkan gambar::
 - gambar mekanik tiang listrik;
 - gambar elektrikal jaringan distribusi;
 - gambar kosntruksi jaringan distribusi;
 - gambar pondasi tiang
- b. Sub-Sistem Instalasi Rumah dengan spesifikasi sebagai berikut :
- Masing-masing rumah diberikan proteksi/pengaman menggunakan pembatas arus (MCB) minimal 1 Ampere (termasuk boks dan segel), 220 Volt dan dilengkapi dengan pembatas energi (energy limiter).
 - Energy limiter (energy dispenser meter) memiliki fitur yang dapat diprogram dengan sandi (password), sehingga dapat disesuaikan dengan kemampuan kapasitas pembangkit.
 - Energy limiter (energy dispenser meter) dan pembatas arus (MCB) keduanya harus ditempatkan di dalam sebuah kotak pengaman tertutup (boks) berbahan metal.
 - Energy limiter memiliki proteksi arus lebih dan arus hubung singkat yang dapat diprogram dan dapat kembali normal setelah tidak ada gangguan (fault).
 - Energy limiter memiliki indikator LCD untuk melihat sisa energi dan indikator suara (beep) apabila energi yang tersisa mencapai limit tertentu sesuai pengesetan.
 - Wajib menggunakan energy limiter produksi Indonesia (TKDN >40%).
 - Masing-masing rumah terdapat 5 titik beban (4 buah lampu dan 1 buah kotak kontak).
 - Lampu yang dipakai adalah lampu LED dengan garansi minimum 6 (enam) bulan, umur lampu LED ≥ 50.000 jam.
 - Wajib menggunakan lampu LED produksi Indonesia (TKDN >15%).

- Kabel Instalasi rumah menggunakan jenis NYM (3x1,5) mm² dan (2x1,5) mm², sesuai Standar PLN.
 - Masing rumah harus dilengkapi dengan arde (pentanahan).
 - Penyambungan instalasi rumah dilakukan sesuai dengan Standar PLN dan melampirkan gambar teknis instalasi jaringan listrik.
- c. Energy limiter (energy dispenser meter) seperti yang disebutkan dalam spesifikasi di atas, berfungsi membatasi pemakaian energi harian. Setiap rumah dibatasi pemakaian energi listrik per harinya sebesar 300 watt-jam (Wh). Adapun spesifikasi energi limiter adalah sebagai berikut :
- Tegangan input : 220 VAC, 1 phasa, 50 Hz
 - Arus beban maksimum : 1 A
 - Kontrol : micro controller
 - Setting : programmable dengan password
 - Temperatur Operasional : 0-50° C
 - Pembatasan Pemakaian : dapat diprogram berdasarkan waktu dan penggunaan daya
 - Garansi produk : minimum 1 (satu) tahun
 - Melampirkan brosur/katalog yang mencantumkan spesifikasi teknis / datasheet produk yang bersangkutan.
- d. Lampu yang dipakai seperti yang disebutkan dalam spesifikasi di atas, adalah lampu LED Bulb Light dengan spesifikasi sebagai berikut :
- Tegangan input : 85-265 VAC
 - Konsumsi daya : 3-6 W
 - Luminous : minimum 250 lm
 - Warna cahaya : pure white
 - Fitting : E27
 - Garansi produk : minimum 1 (satu) tahun
 - Melampirkan brosur/katalog yang mencantumkan spesifikasi teknis / datasheet produk yang bersangkutan.