



Sesi 2 **PLTS Off-Grid Komunal (Off-grid)**

Konfigurasi, komponen, dan instalasi

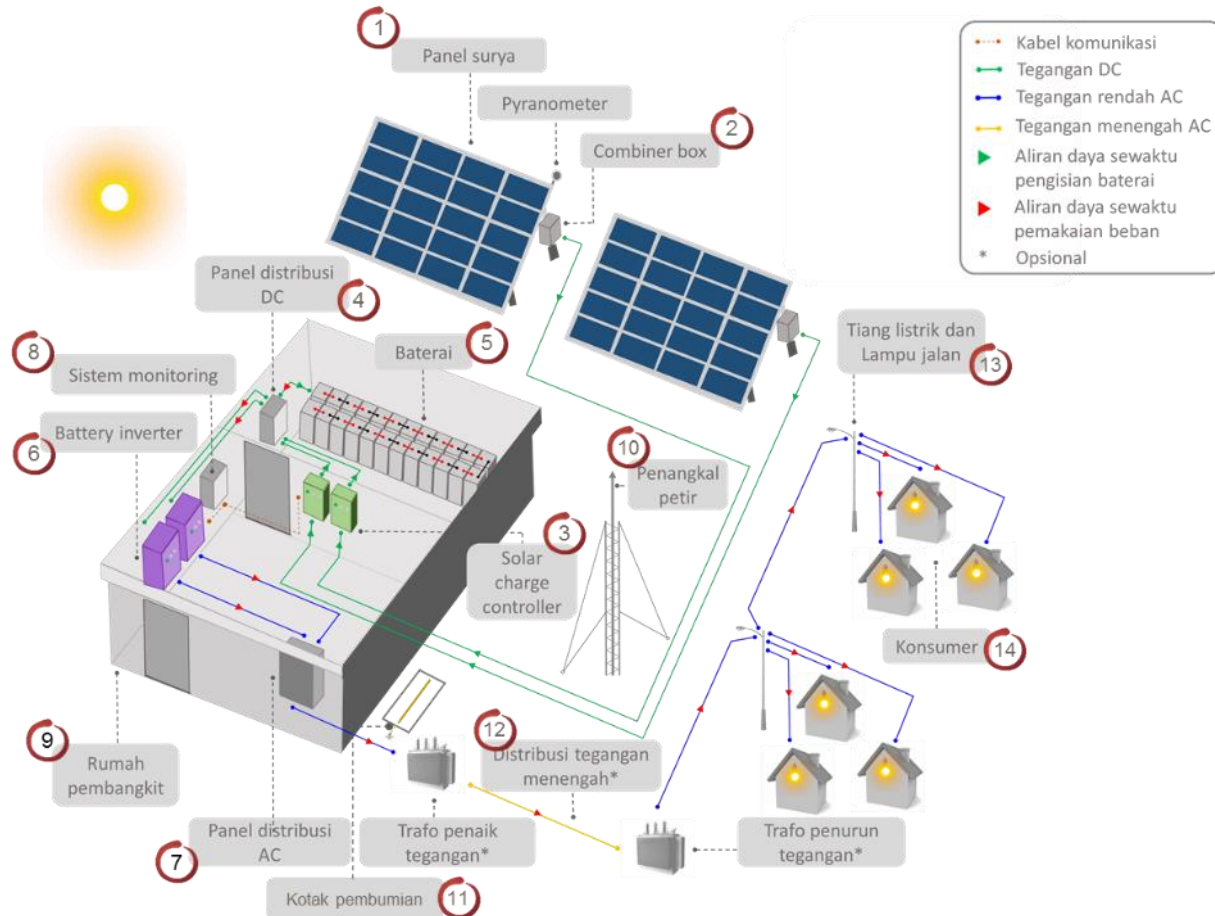


Topik pembahasan | Sesi 2

1. **Gambaran umum** PLTS off-grid terpusat
2. **Konfigurasi** PLTS off-grid terpusat:
 - DC coupling
 - AC coupling
3. **Komponen – komponen** dalam PLTS terpusat
4. Contoh **instalasi** PLTS terpusat yang **baik dan buruk**

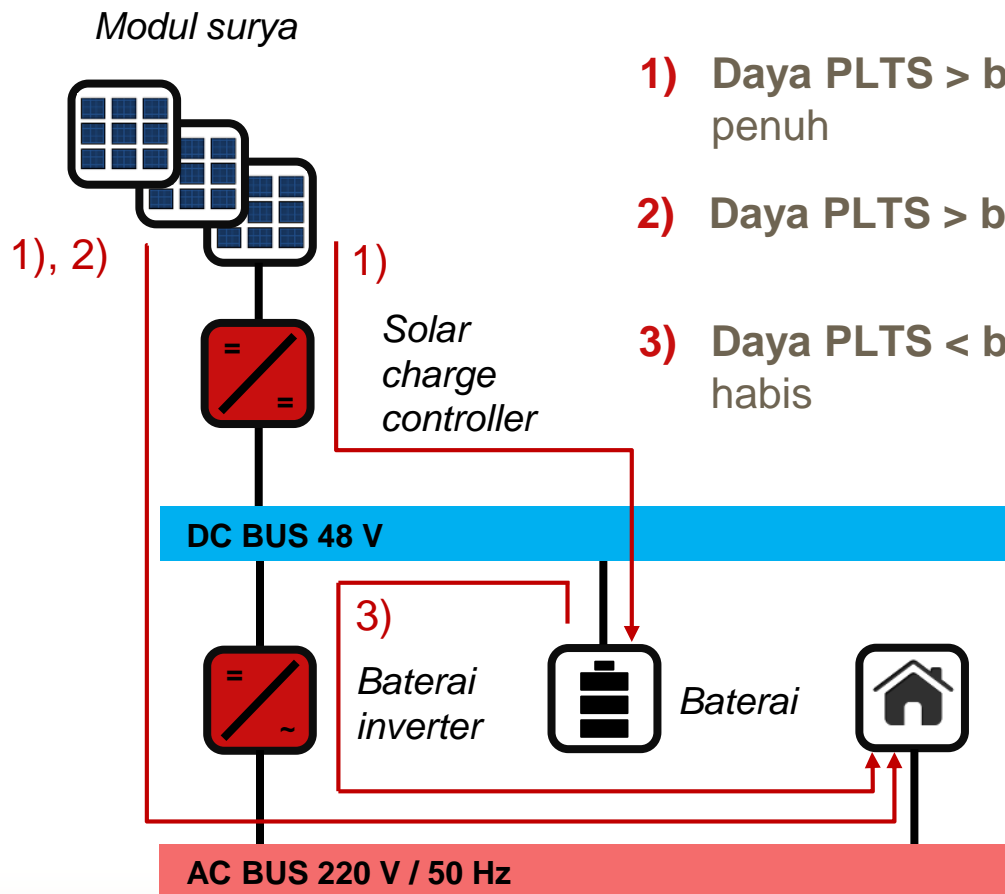


PLTS Terpusat Komunal | Gambaran umum





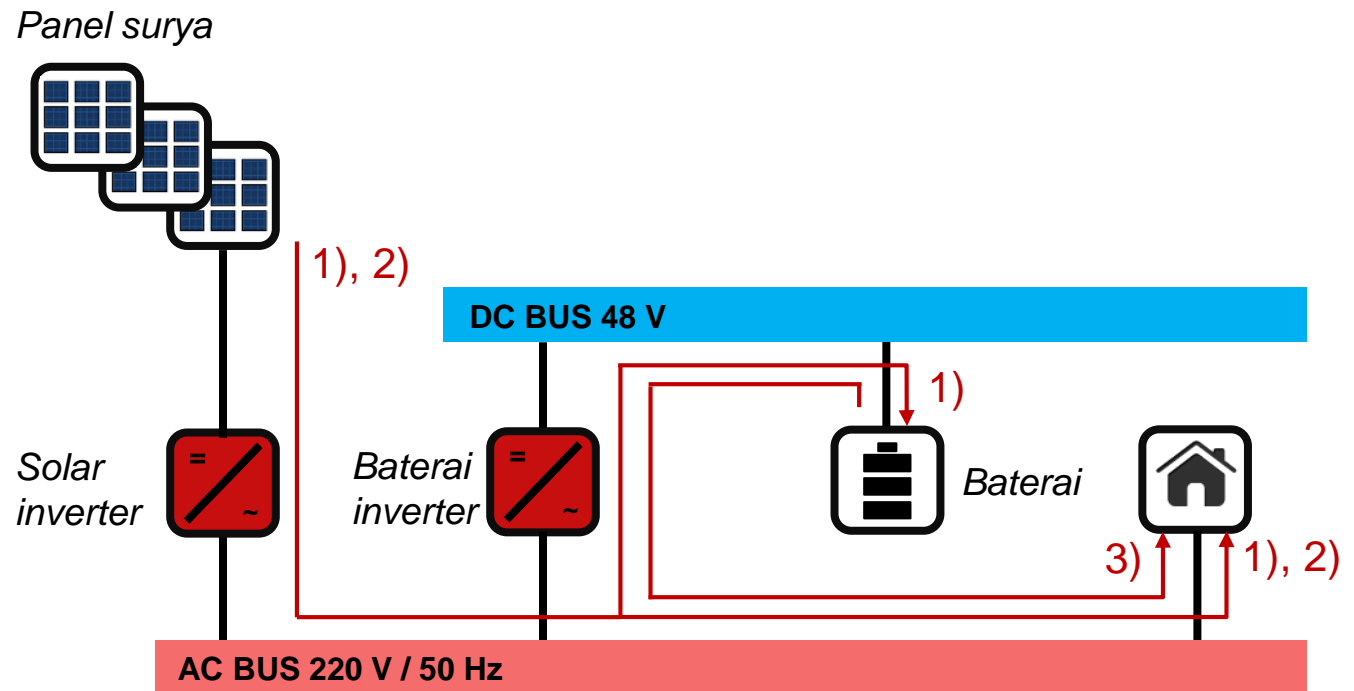
Konfigurasi | DC coupling



- 1) Daya PLTS > beban dan baterai belum penuh
- 2) Daya PLTS > beban dan baterai penuh
- 3) Daya PLTS < beban dan baterai belum habis



Konfigurasi | AC coupling



- 1) Daya PLTS > beban dan baterai belum penuh
- 2) Daya PLTS > beban dan baterai penuh
- 3) Malam hari dengan pemakaian beban



Konfigurasi | DC coupling vs AC coupling

DC coupling	AC coupling
<p>(+) Efisiensi lebih besar untuk pemakaian malam</p> <p>(+) Hanya satu kali konversi untuk charge baterai</p>	<p>(+) Mudah dikembangkan karena standard AC dan <i>on-grid ready</i></p> <p>(+) Lebih murah untuk sistem kapasitas besar</p> <p>(+) Lebih efisien untuk pemakaian siang</p> <p>(+) Hanya satu kali konversi untuk suplai AC</p>
<p>(-) Dua kali konversi untuk suplai AC</p> <p>(-) Efisiensi kecil untuk pemakaian siang</p>	<p>(-) Baterai habis dibawah limit, grid “hilang”</p> <p>(-) Dua kali konversi untuk charge baterai</p> <p>(-) Efisiensi lebih rendah untuk pemakaian malam</p>

Komponen Fungsi dan instalasi





1

Modul surya | Defenisi

Komponen inti yang terdiri dari serangkaian sel surya yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik.

- ... atau **panel surya** atau **fotovoltaik** atau **PV**
- **Faktor mempengaruhi keluaran daya:**
 - Intensitas cahaya atau radiasi → keluaran berkurang saat mendung
 - Efisiensi panel (13 – 20% tergantung teknologi)
 - Suhu modul surya → semakin panas semakin berkurang



1

Modul surya | Spesifikasi

Nominal power (P_{MPP}) 100 Wp \pm 3%

Nominal voltage (V_{MPP}) 17.4 V

Nominal current (I_{MPP}) 5.75 A

iSOLAR-1		
Model Type		SPU-100P
Peak Power	(P_{max})	100.0W
Output Tolerance		\pm 3%
Open Circuit Voltage	(V_{oc})	21.6V
Short Circuit Current	(I_{sc})	6.17A
Peak Voltage	(V_{mp})	17.4V
Peak Current	(I_{mp})	5.75A
Nominal Operating Cell Temp.	(T_{NOCT})	48 \pm 2°C
Weight		8.98Kg
Dimension		1100 \times 669 \times 30mm
Maximum System Voltage		1000V
Maximum Series Fuse Rating		10A
Cell Technology		Poly-Si
All technical data at standard test condition		
AM=1.5 E=1000W/m ² T _c =25°C		
PT. SWADAYA PRIMA UTAMA		
KARAWANG WEST JAVA INDONESIA		
Made in Indonesia		

Ukuran daya adalah **Watt-peak (Wp)**, apa artinya?

Saat Standard Test Condition (STC)

- 1000 W/m²
- AM 1.5
- Temperature modul 25°C





1

Modul surya | Teknologi modul surya

mono-c-Si



poly-c-Si



a-Si:H/ μ c-Si



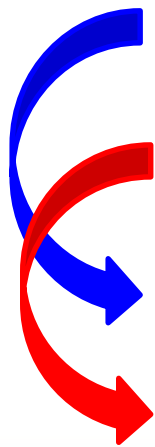
CIGSe



CdTe



Material	Record Cell Efficiency in % (Lab)	Efficiency in % (Production)
Monocrystalline Silicon	25.0	<18
Polycrystalline Silicon	20.4	<15
Thin Film Silicon (a-Si:H/ μ c-Si)	12.4	<10
Copper-Indium-Diselenide (CIS)	20.3	<15
Cadmium Telluride (CdTe)	16.7	<12



Harga lebih mahal tetapi lebih efisien. Cocok untuk rooftop atau tempat terbatas

Performance lebih bagus di intensitas cahaya rendah dan berbagai slope dan lebih bagus di temperature tinggi.



1

Modul surya | Apa itu sel, modul, string, dan array?

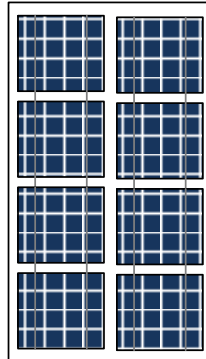
Sel surya

Individual sel surya



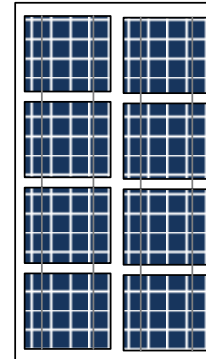
Modul surya

Kumpulan individual solar cell dikonfigurasi seri maupun paralel



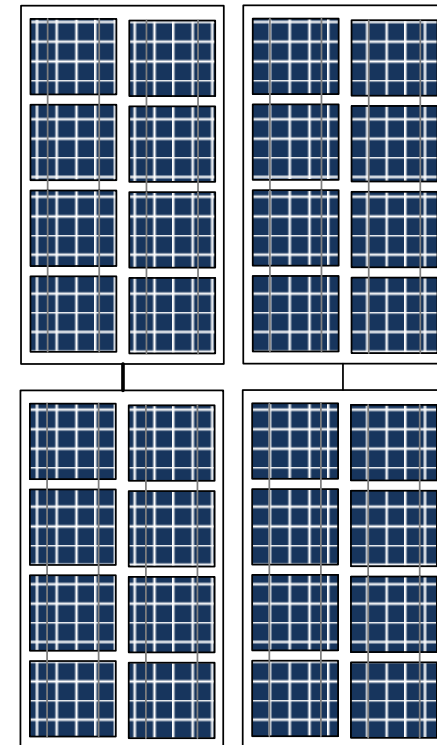
String

Konfigurasi seri solar cell atau PV module



Array

Kumpulan PV module dikonfigurasi seri maupun paralel



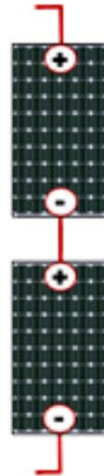


1

Modul surya | Rangkaian modul surya

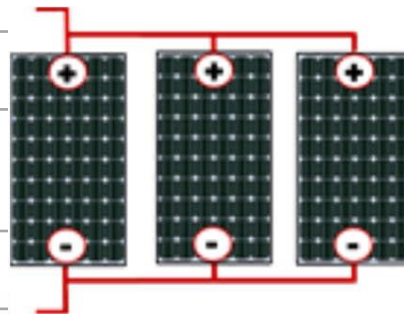


- **Seri**



P_{MPP}	400 Wp
V_{MPP}	64 V
I_{MPP}	8 A

- **Paralel**



P_{MPP}	600 Wp
V_{MPP}	32 V
I_{MPP}	24 A

Nominal power (P_{MPP})	200 Wp
-----------------------------	--------

Nominal voltage (V_{MPP})	32 V
-------------------------------	------

Nominal current (I_{MPP})	8 A
-------------------------------	-----



1

Modul surya | Instalasi array

- Ditempatkan di area yang terbuka dan **tidak berbayang**
- Dipasang dengan sudut kemiringan **10-15°** menghadap **khatulistiwa**
- Panel surya dipasang pada **struktur array yang terbuat dari logam tahan karat**, seperti baja atau aluminium yang dibaut pada **pondasi beton**
- **Modul surya** terpasang **harus identik**
- Setiap modul surya harus terkoneksi dengan baik untuk membentuk string





1

Modul surya | Baik dan Buruk



Rangkaian modul surya terletak di permukaan yang lebih tinggi dan memiliki jarak antar rangkaian yang baik.



Bayangan dari pohon-pohon besar di sekitar secara signifikan dapat mengurangi produksi tenaga listrik.



1

Modul surya | Baik dan Buruk



Pondasi yang sangat baik dengan tinggi dan lebar yang mencukupi.



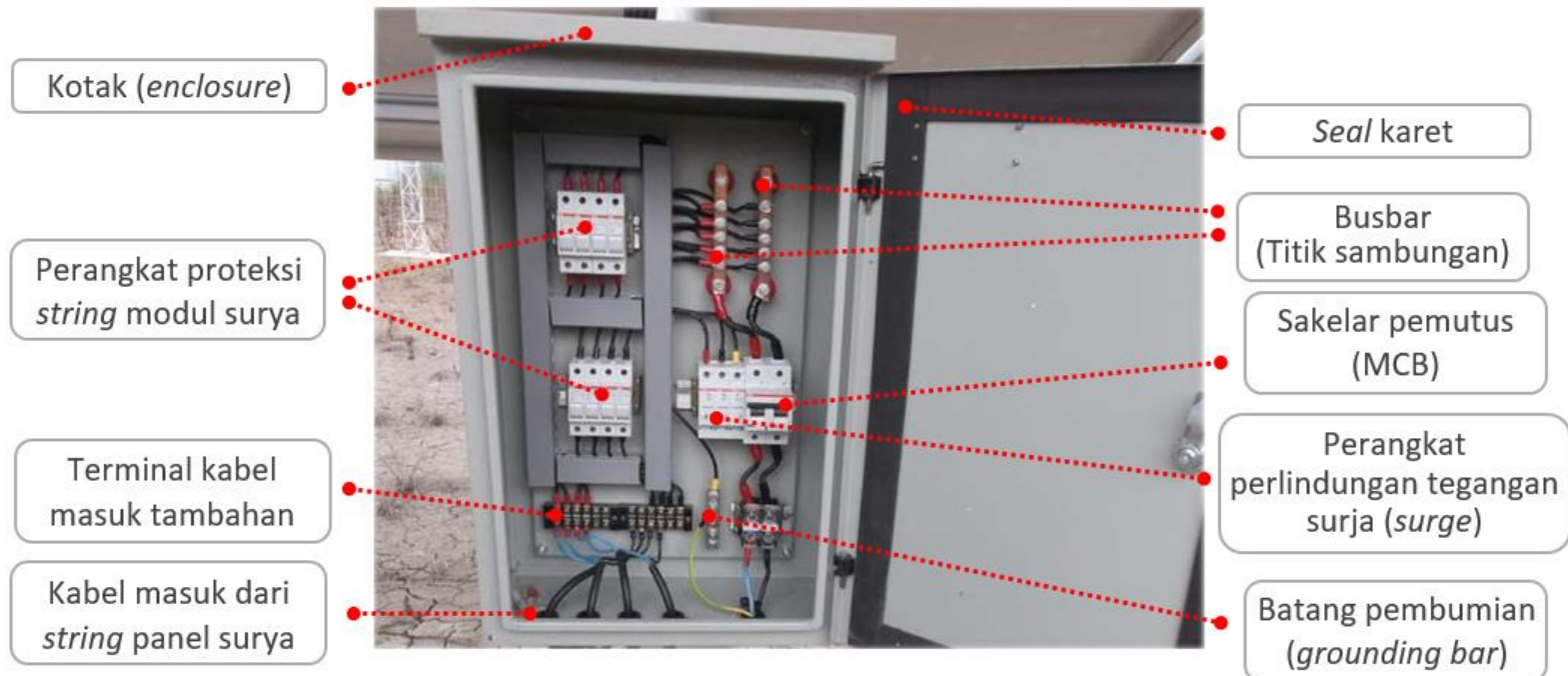
Struktur dasar rangkaian modul surya yang tidak sejajar dengan baut angkur dan tidak dikencangkan.



2

Combiner box | Fungsi dan komponen

Perangkat yang menggabungkan beberapa string modul surya secara parallel untuk disambung ke solar charge controller atau solar inverter





2

Combiner box | Instalasi

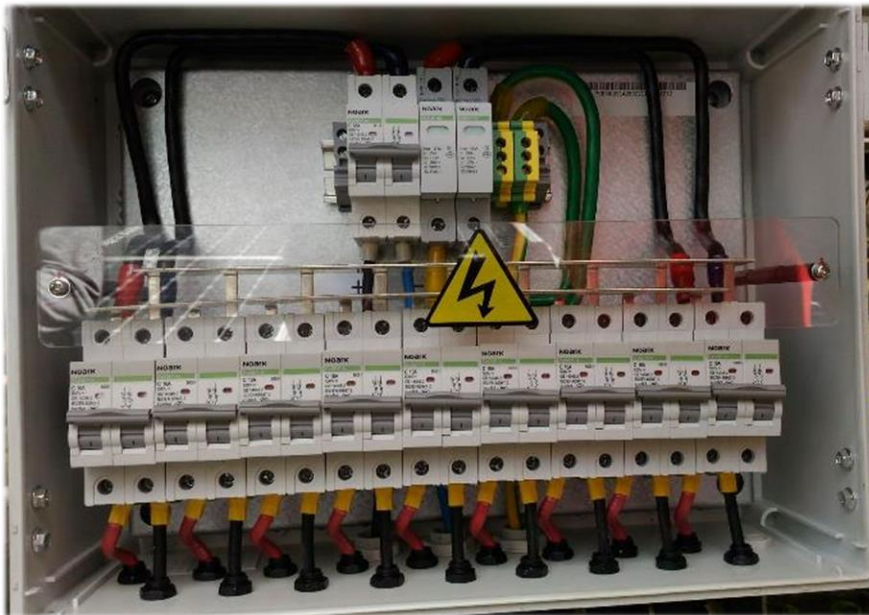
- Kotak ditempatkan di bawah array modul surya dan terlindung dari paparan sinar matahari
- Dari kotak combiner box, kabel listrik utama menuju ke rumah pembangkit
- Semua sambungan harus kencang dan aman untuk mencegah kebakaran



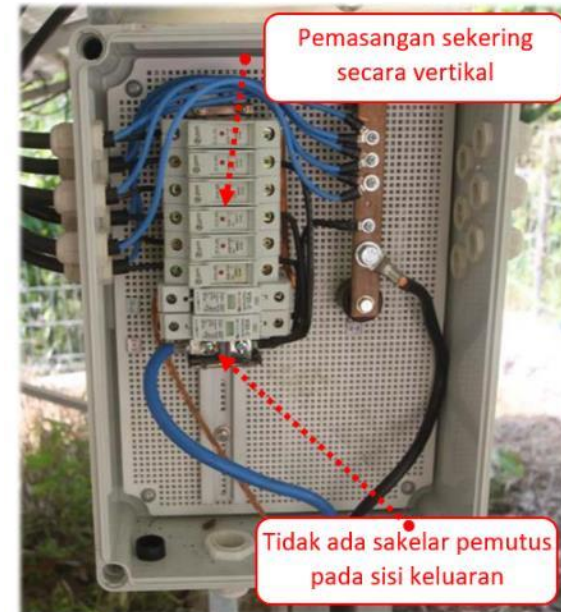


2

Combiner box| Baik dan Buruk



Pre-assembled combiner box. Instalasi yang rapi dan aman dengan MCB digunakan untuk melindungi string.



Kotak penggabung (combiner box) tidak dilengkapi dengan sakelar pemutus utama dan fuse dipasang vertikal.



2

Combiner box| Baik dan Buruk



Crimping kabel yang buruk dapat membahayakan keselamatan operator dan gangguan tanah (*ground fault*)



Tanda terbakar di terminal MCB. Dikarenakan busur listrik yang disebabkan oleh sambungan kabel yang longgar.

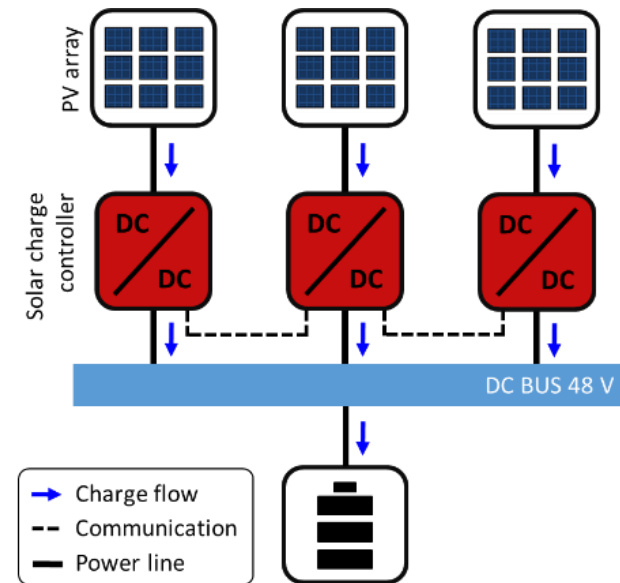


3

Solar charge controller | Fungsi

Penghubung antara modul surya dengan baterai. Mengatur daya pengisian baterai dari daya maksimum keluaran panel surya yang tersedia.

- ... atau **SCC** atau **Battery Charge Regulator (BCR)** atau **regulator**
- **Fungsi lain:**
 - Melindungi baterai dari kelebihan charge atau overcharge
 - Optimasi transfer daya dari panel surya dengan menggunakan MPPT (Maximum Power Point Tracker)
 - Menampilkan kinerja sistem dari input modul surya dan output ke baterai





3

Solar charge controller | Contoh produk



XW-MPPT60-150



SMA SIC 50-MPT



Morningstar TriStar MPPT

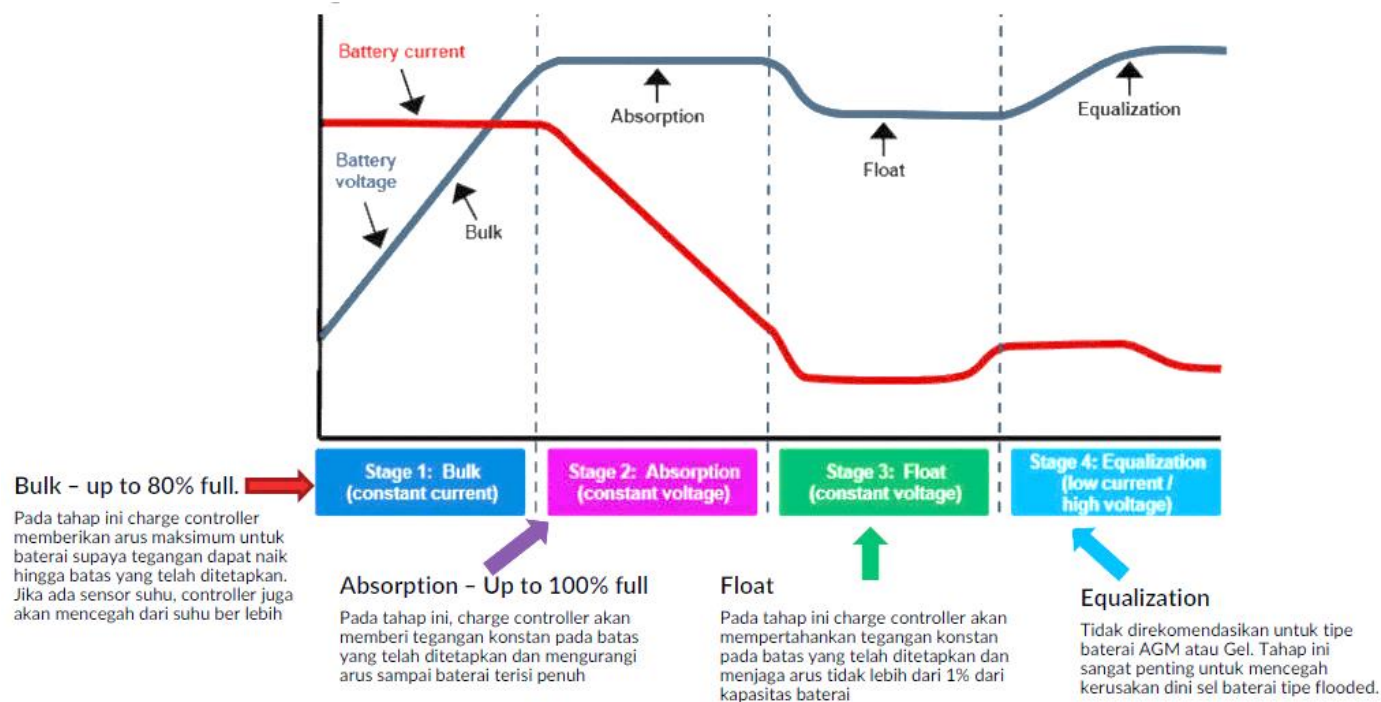


Leonics SCB 48120



3 Solar charge controller | Tahapan pengisian baterai

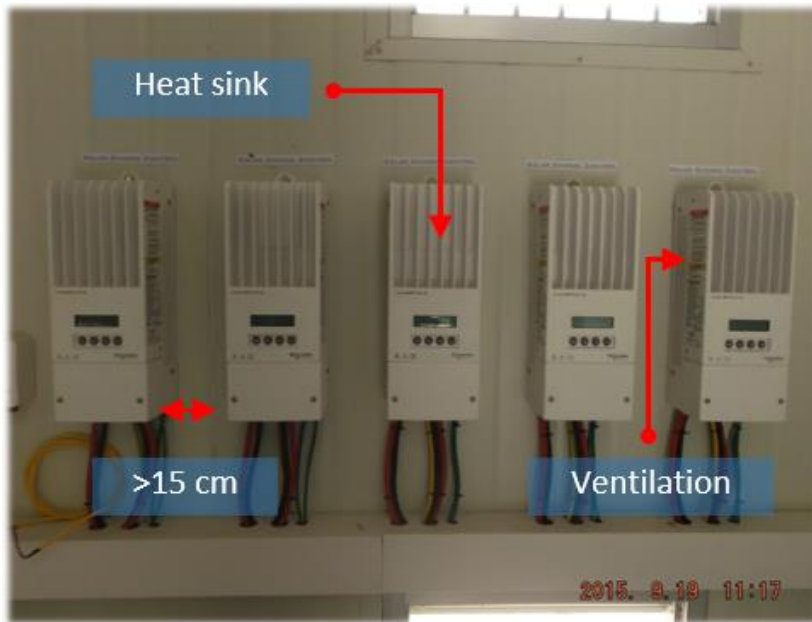
- Penentuan prosedur (parameter) pengisian baterai sangat penting untuk memperpanjang umur baterai.





3

Solar charge controller | Baik dan Buruk



Jarak yang memadai antar SCC.
Disipasi panas dari SCC tidak akan
banyak berpengaruh pada SCC
didekatnya



Instalasi yang tidak rapi, SCC
diletakan di dalam kotak beresiko
kenaikan panas jika tidak ada ventilasi
memadai

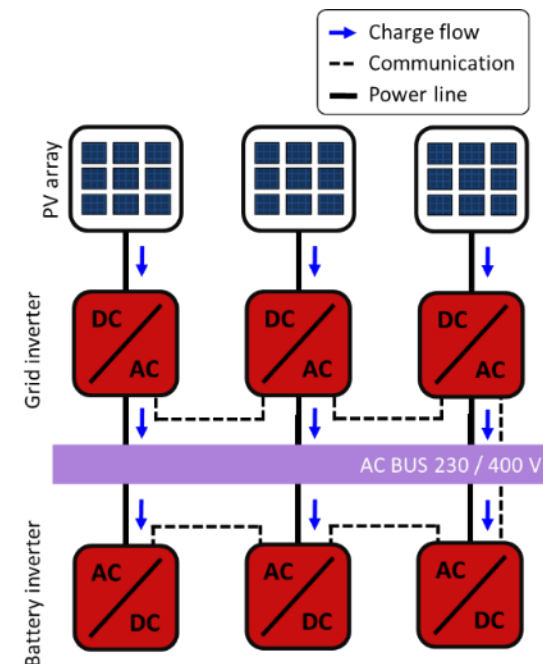


4

Solar inverter| Fungsi

... mengubah arus DC yang didapat dari combiner box menjadi arus AC dengan kemampuan untuk melakukan sinkronisasi dengan jaringan distribusi 1 fasa dan 3 fasa (220 V dan 380 V).

- ... atau **Grid inverter**
- **Fungsi lain:**
 - Sinkronisasi tegangan dan frekuensi dan fasa
 - Optimasi transfer daya dari panel surya dengan menggunakan MPPT (Maximum Power Point Tracker) algoritma
 - Anti islanding → Auto shutdown saat grid tidak terdeteksi
 - Menampilkan kinerja sistem dari input modul surya dan output ke jaringan





4

Solar inverter| Baik dan Buruk



Jarak yang memadai antar inverter.
Disipasi panas dari inverter tidak akan banyak berpengaruh pada inverter didekatnya



Solar inverter diinstall dibawah sinar matahari langsung. Inverter akan beresiko lebih cepat panas yang berdampak ke daya keluaran

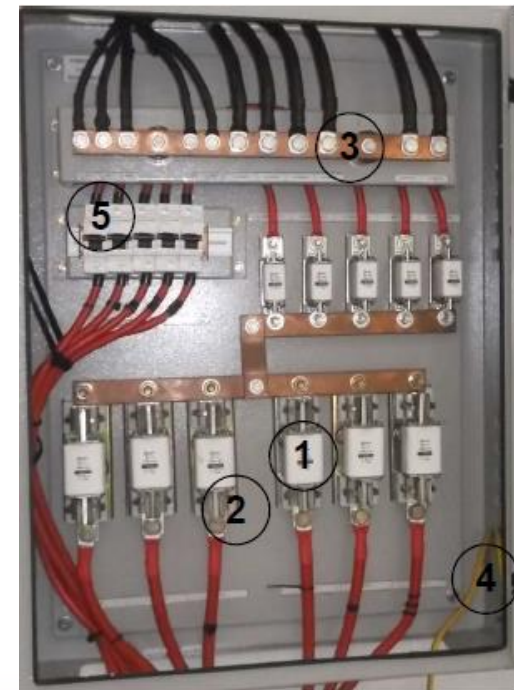


5

Panel distribusi DC | Fungsi dan komponen

Panel yang menggabungkan input/output dari beberapa bank baterai, SCC, dan battery inverter.

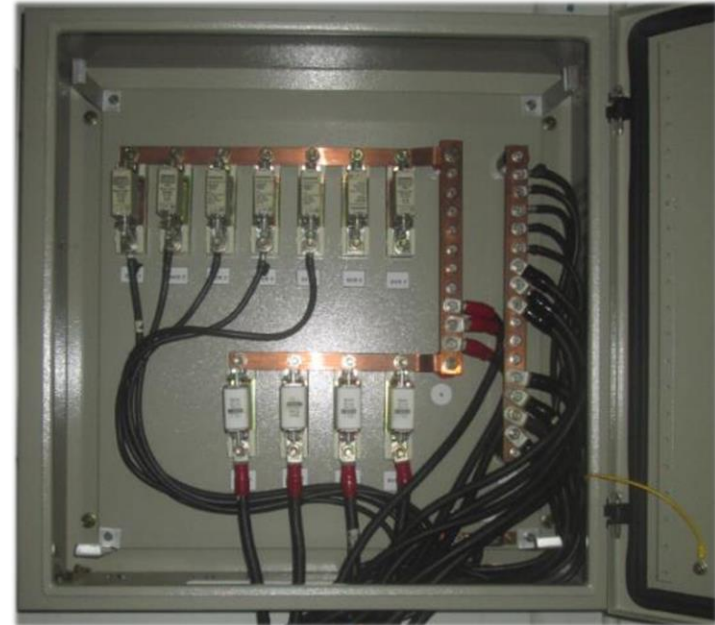
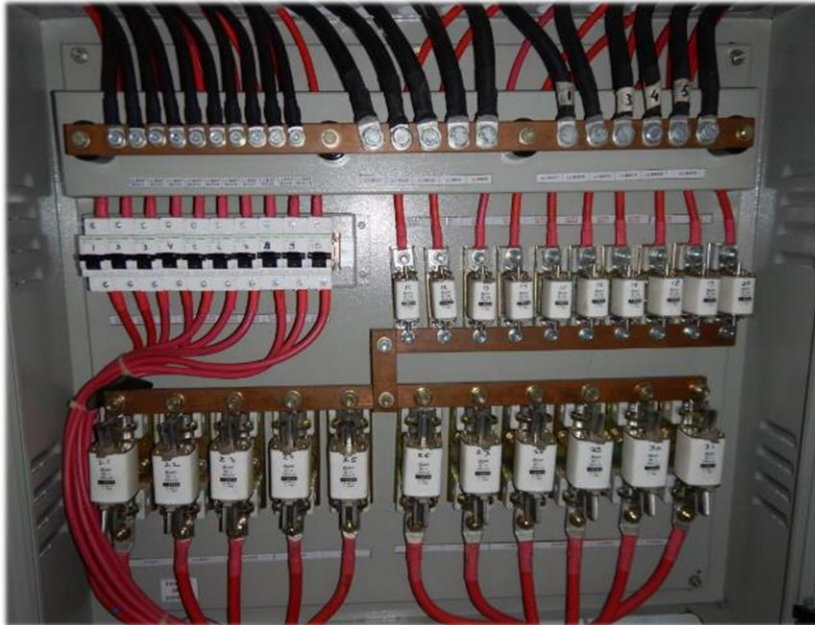
- Terdapat **(1) fuse atau sekering** untuk melindungi baterai dan kabel dari arus pendek (korslet) dan arus berlebih, **(2) fuse holder**, **(3) busbar**, **(4) pembumian**, **(5) MCB**
- Semua baterai terhubung secara parallel pada busbar positif (merah) dan negatif (hitam)





5

Panel distribusi DC | Baik dan Buruk



Instalasi yang rapi dan jarak yang cukup antar busbar positif dan negatif untuk menghindari hubungan pendek tanpa disengaja. Penggunaan MCB lebih disarankan dibanding fuse.



Instalasi yang tidak rapi. Kabel positif menyentuh busbar dapat beresiko terjadi hubungan pendek jika insulasi kabel terkelupas.



6

Baterai | Defenisi dan fungsi

Menyimpan energi dari modul surya pada siang hari dan digunakan saat mendung atau pada malam hari.

- ... adalah penyimpanan energi yang berupa elektrokimia atau mengkonversi dari energi kimia menjadi energy listrik
- Terhubung dengan charge controller dan baterai inverter, dan juga sebagai penyedia daya untuk perangkat
- Biasanya dihitung dengan otonomi 3 hari
- Tipe khusus untuk siklus dalam (deep cycle) dengan depth of discharge > 80% dan 2000 cycles
- Lead acid tipe OPzV yang paling banyak digunakan





6

Baterai | Tipe baterai

- Baterai sekunder → Baterai yang reaksi kimia dua arah
 - Lead – acid / aki: Nominal tegangan 2.1 V/sel
 - Aki basah (Wet cell / Flooded battery)
 - **Aki kering (VRLA: Gell dan AGM), termasuk OPzV**
 - **Lithium**
 - **Lithium cobalt oxide (3.7 V)**, iron phosphate (3.2 V)
 - **Zinc Air**
 - NiCd → Nickel Cadmium (1.2 V)





6

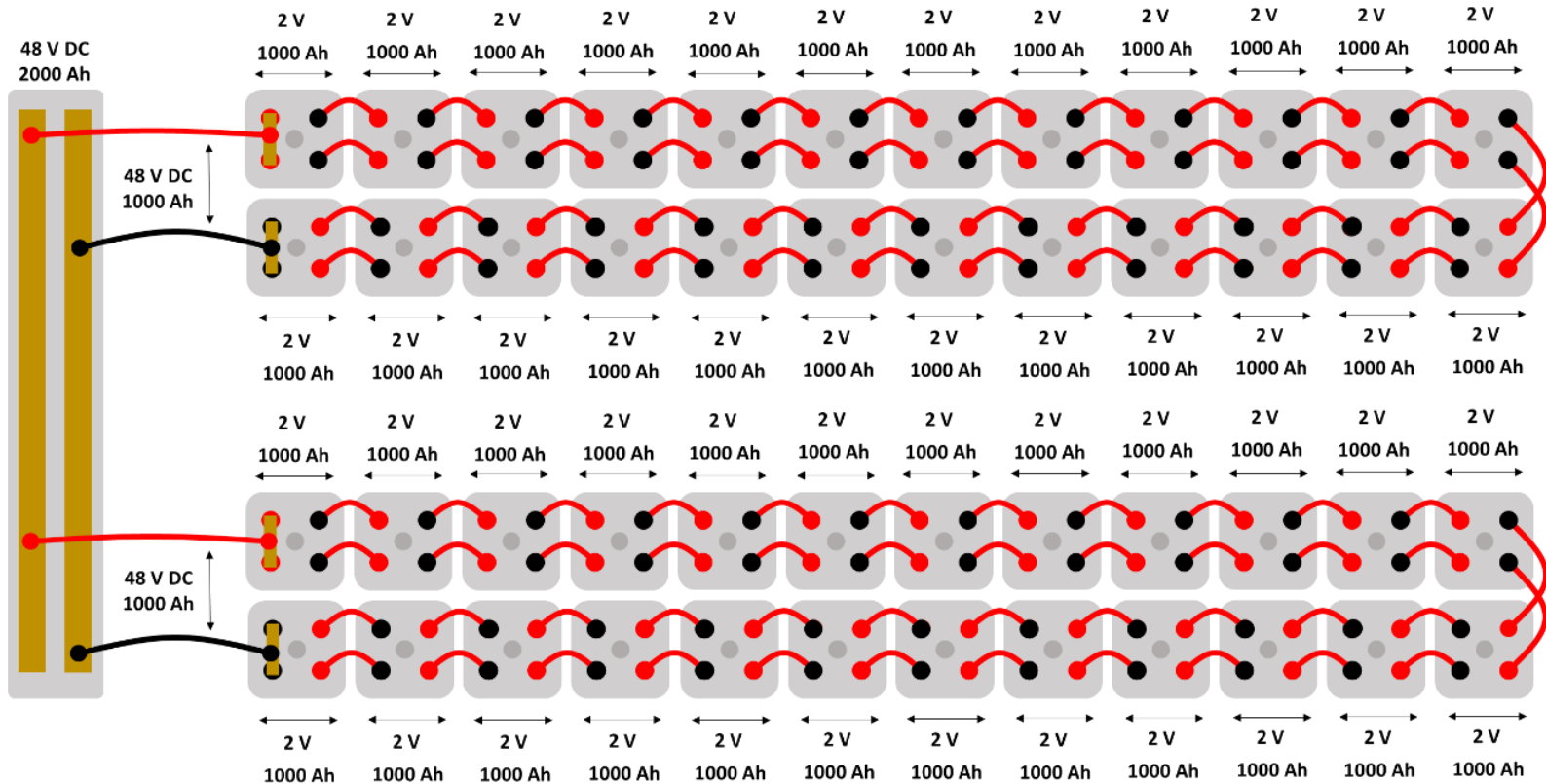
Baterai | Terminologi baterai

- Kapasitas atau Ah: Maximum energy yang bisa diekstrak dari baterai
- State of charge (SoC): Porsi energy yang tersisa di baterai
 - $SoC = \text{Sisa energy} / \text{Kapasitas}$
 - Estimasi bisa dilakukan dengan pengukuran tegangan atau coulomb counting (Ah)
- State of health (SoH): Status dari kualitas baterai
 - $SoH = \text{Kapasitas sekarang} / \text{inisial kapasitas}$
- Efisiensi : Perbandingan energy yang dikeluarkan (discharging) dengan energy yang masuk (charging)
- Self - discharge: Internal reaksi kimia yang menyebabkan kapasitas baterai berkurang. Tergantung dari tipe baterai, temperature penyimpanan (semakin panas semakin cepat), state of charge, dll.
- Cycle: Satu kali penggunaan dan pengisian. Lifetime baterai tergantung dari cycle.



6

Baterai | Konfigurasi baterai





6

Baterai | Instalasi dan penggunaan

- Gunakan baterai sesuai dengan karakteristik masing-masing. Baterai mobil tidak diperuntukkan untuk aplikasi solar.
- Hindari suhu ruangan rumah pembangkit, tempat penyimpanan baterai yang tinggi. Tingginya suhu ruangan dapat mengurangi umur baterai
- Jangan overcharge atau undercharge baterai!





6

Baterai | Baik dan Buruk



Suhu ruangan baterai yang mendekati ideal (20 - 25° C)



Suhu ruangan baterai yang terlalu tinggi disebabkan oleh kesalahan desain rumah pembangkit. 37° C dapat menurunkan umur baterai secara signifikan.



6

Baterai | Baik dan Buruk



Terminal baterai terlindungi dan kabel terpasang dengan rapi.



Terminal baterai yang tidak ditutup dengan non konduktif material. Sangat berbahaya dan beresiko terjadi hubungan pendek.



7

Baterai inverter | Defenisi dan fungsi

... adalah bidirectional inverter yang mampu menjadi inverter (konversi DC – AC) dan charger (konversi AC – DC).

- **Fungsi:**
 - **Otak** dari PLTS terpusat komunal
 - **Membuat jaringan lokal** dengan sistem **master – slave** (dibutuhkan komunikasi)
 - Menjaga baterai dari **deeply discharge** dan **overcharge**
 - Memberikan informasi status dan data yang terekam oleh remote monitoring system (RMS)
 - Interkoneksi untuk sistem hybrid atau on-grid



SMA Sunny Island series



Schneider Xantrex series

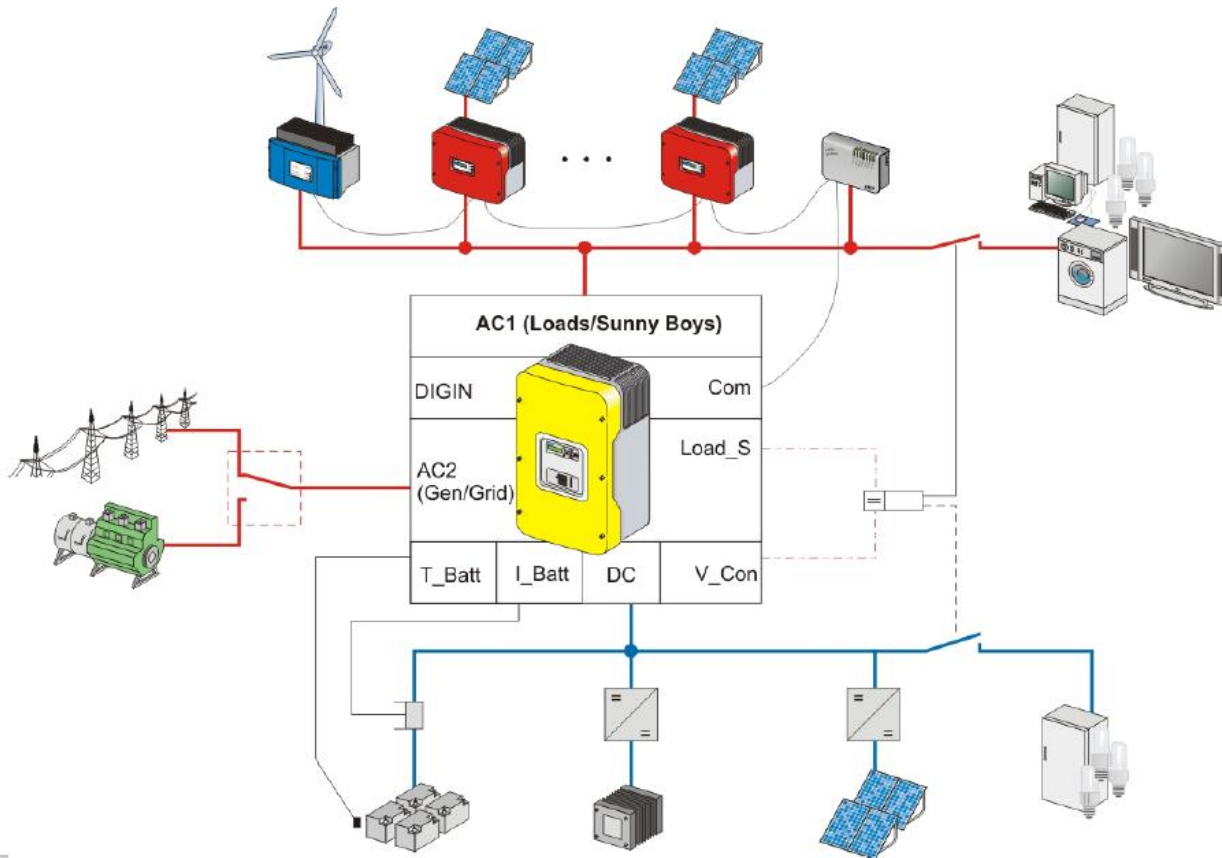


Leonics Appolo series



7

Baterai inverter | Contoh konfigurasi

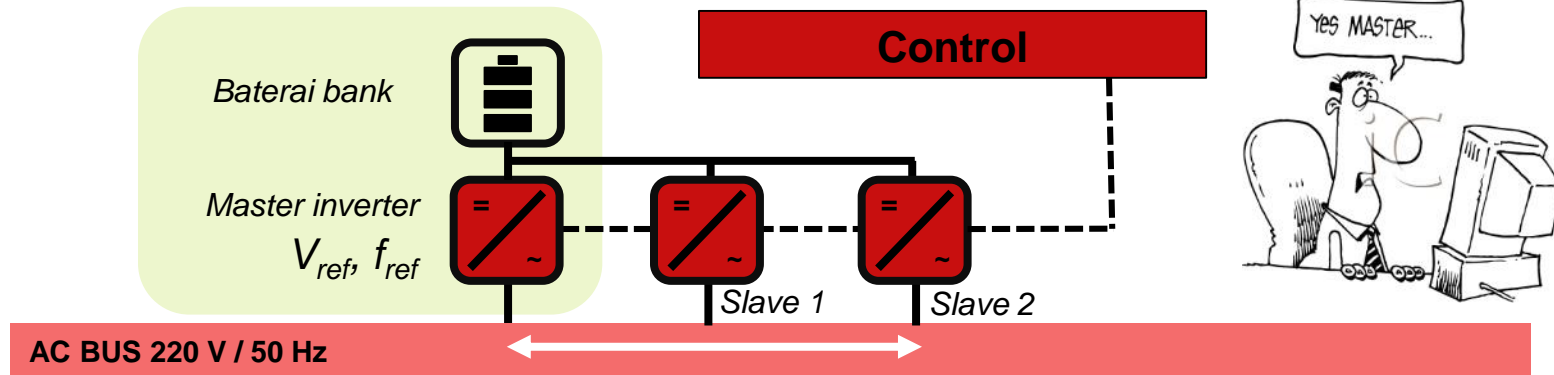


Sumber: SMA



7

Baterai inverter | Konfigurasi paralel



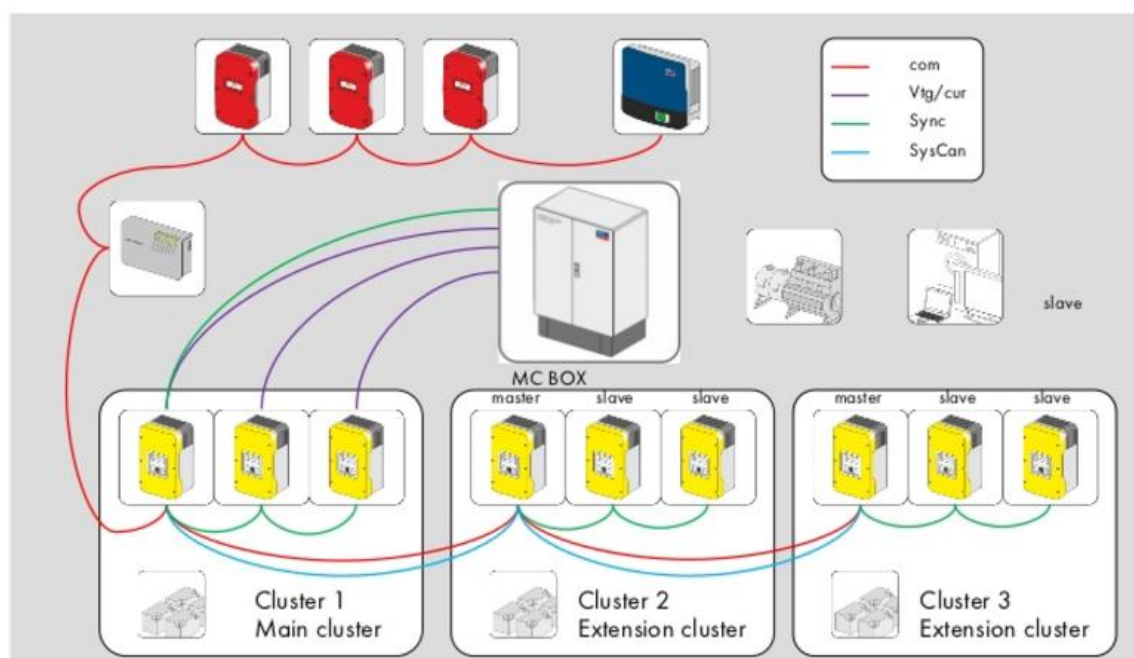
- Harus ada yang menjadi **master untuk pembentukan jaringan (grid forming)**
- **Single switch master** → Inverters/ generator/grid via high speed communication (i.e. Schneider Xantrex XW) → Rentan terhadap masalah komunikasi
- Multi-Master → Satu inverter yang menjadi referensi **tegangan dan frekuensi dan harus selalu aktif** → **Power line control (i.e. SMA, Leonics)**
 - Droop-mode-control **P/f** dan **Q/V** (frekuensi turun, power naik)
 - Frequency-shift power control untuk membatasi daya keluar



7

Baterai inverter | Konfigurasi paralel dengan Multicluster

- Khusus untuk system dari inverter SMA dengan **inverter lebih dari tiga (3)** diperlukan penambahan perangkat **Multicluster sebagai pusat control** sumber listrik dan beban yang terpasang dengan keluaran 3 fasa.



Sumber: SMA



7

Baterai inverter | Baik dan Buruk



Pemasangan inverter yang aman dan pengkabelan yang rapi



Inverter berada diatas beton yang berdiri sendiri. Sangat tidak stabil dan beresiko untuk jatuh.

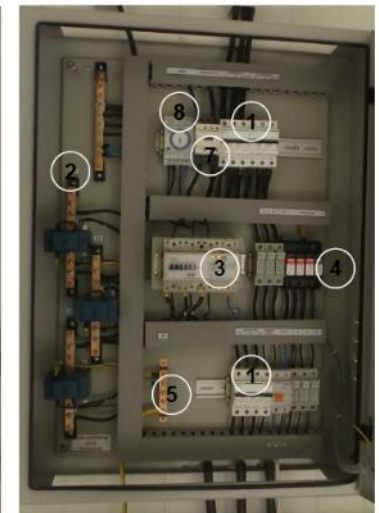


8

Panel distribus AC| Fungsi dan komponen

mendistribusikan listrik ke jaringan konsumen dan lampu jalan melalui kabel distribusi dan menggabungkan baterai inverter secara paralel.

- Terdapat **(1) MCB** untuk melindungi kabel dari hubungan arus pendek (korslet) dan arus berlebih, **(2) busbar**, **(3) energi meter**, **(4) surge protection device**, **(5) batang pbumian**, **(6) analog display**, **(7) kontaktor** dan **(8) timer** untuk otomatisasi lampu jalan.
- Keluaran dapat berupa satu fasa atau tiga fasa tergantung kapasitas





8

Panel distribusi AC| Baik dan Buruk



Pengkabelan yang rapi dan disertai label. Gambar teknis harus disertai di lokasi untuk memudahkan pencarian komponen jika terjadi kerusakan.



Penyambungan kabel yang tidak aman dengan menggunakan isolasi. Operator atau teknisi beresiko terkena sengatan listrik.



9

Sistem monitoring | Fungsi dan komponen

Mengumpulkan dan merekam data yang diukur oleh solar charge controller, solar inverter, inverter baterai, dan pyranometer.

- Data tersimpan di dalam SD card yang nantinya bisa digunakan untuk menganalisa performansi sistem
- Data dapat dikirimkan secara langsung dan jarak jauh menggunakan GSM/GPRS
- Pyranometer yang digunakan untuk pengukuran radiasi sinar matahari





9

Sistem monitoring| Baik dan Buruk



Pyranometer langsung terkena sinar matahari dan berada di level yang sama dengan modul surya



Ada kemungkinan pyranometer terkena bayangan karna diletakkan secara vertikal dan memberikan data radiasi yang tidak valid.



9

Sistem monitoring | Baik dan Buruk



Instalasi sistem monitoring yang rapi dan kabel terlindungi.



Sistem monitoring terpasang tanpa kabel.



10

Rumah pembangkit | Fungsi dan komponen

Berfungsi untuk penempatan peralatan dan tempat kegiatan operasional pembangkit

- Terdapat pagar yang melindungi PLTS secara keseluruhan
- Ventilasi yang cukup untuk menghindari suhu ruangan yang panas, bila perlu dilengkapi kipas yang diatur oleh thermostat
- Kabel dari modul surya harus melewati bawah tanah





10

Rumah pembangkit | Baik dan Buruk



Pembangunan rumah pembangkit yang baik dengan ventilasi yang memadai, pondasi yang kokoh dan pagar pelindung.



Pondasi retak dan tidak dilengkapi apron.



10

Rumah pembangkit | Baik dan Buruk



Instalasi kabel yang sangat rapi
dengan penutup



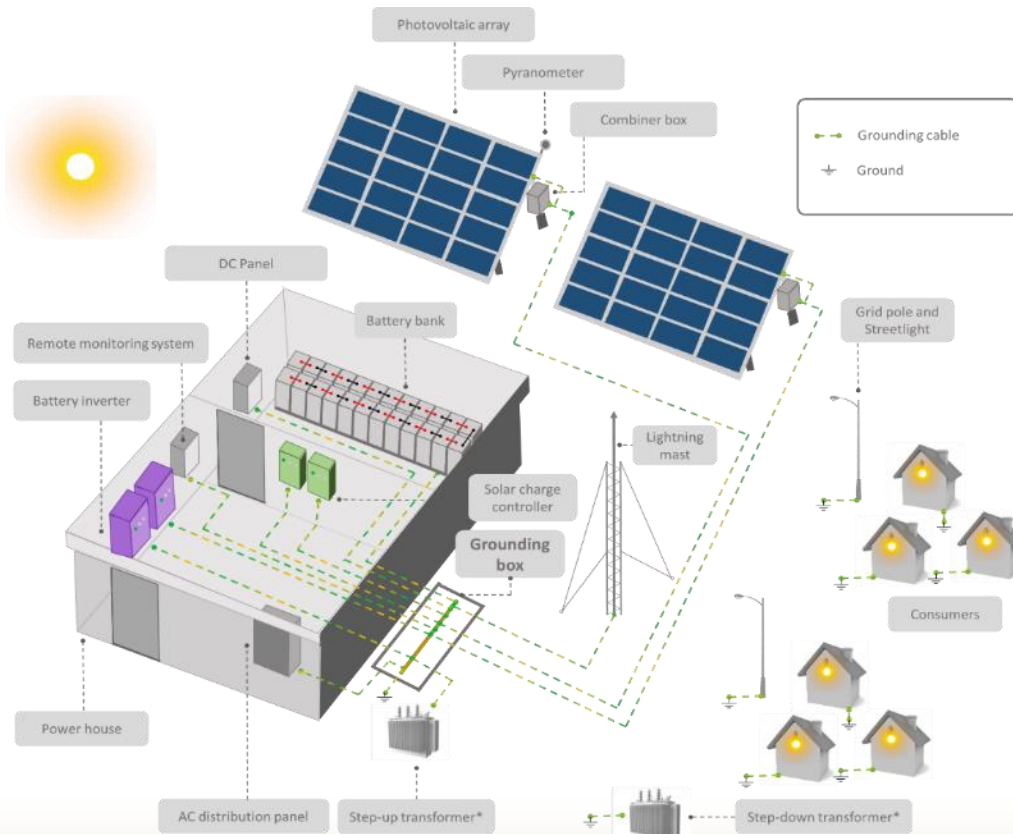
Instalasi kabel yang berantakan dan
terbuka. Dapat mengakibatkan
berkumpulnya binatang.

12
11



Penangkal petir dan pentanahan | Fungsi

Penangkal petir berfungsi untuk melindungi peralatan modul surya, solar inverter, charge controller dan inverter baterai dari sambaran petir.



12
11



Penangkal petir dan pentanahan | Instalasi

- Pentanahan terbuat dari rod tembaga
- Semua pentanahan harus tersambung untuk menghindari beda potensial, termasuk modul surya didalam kotak pentanahan
- Seluruh modul surya harus tersambung dengan pentanahan
- Pelindung tegangan surja atau surge protection device harus terpasang di combiner box dan panel distribusi AC





12

11

Penangkal petir dan pentanahan | Baik dan Buruk



Pentanahan struktur PV array dan pengkabelan menuju bawah tanah yang rapi



Kabel pentanahan yang tidak memadai.



12

11

Penangkal petir dan pentanahan | Baik dan Buruk



Kotak pentanahan yang kering dan pentanahan yang saling tersambung dengan baik



Pentanahan yang terpisah beresiko untuk membuat perbedaan potensial antar konduktor pentanahan.

14
13



Jaringan distribusi | Fungsi

... saluran yang menghubungkan antara sumber daya listrik atau PLTS dengan konsumen

- Dapat berupa jaringan listrik tegangan rendah dan tegangan menengah
- Tegangan menengah dilengkapi transformer untuk menaikkan dan menurunkan tegangan
- Tiang distribusi terbuat dari pipa besi dan setiap tiang dipasang lampu penerangan dengan efisiensi (daya/lumen) tinggi dan IP65 rating.





14
13

Jaringan distribusi | Baik dan Buruk



Kabel distribusi yang sangat rendah dapat menimbulkan masalah keamanan bagi pengguna jalan.



Instalasi transformer yang kurang tinggi dan tanpa pagar pelindung yang memadai.



14
13

Jaringan distribusi | Baik dan Buruk



Pengkabelan jaringan distribusi dan lampu jalan yang rapi



Pohon digunakan untuk menopang kabel. Kayu sangat rapuh dan data mengakibatkan ketidak stabilan



14

13

Jaringan distribusi | Baik dan Buruk



Lampu jalan sangat rentan dengan kondisi cuaca yang buruk dan tidak memiliki rating IP 65



Kap lampu jalan tergantung dan terlepas dari tiang penyangga.



15

Instalasi rumah tangga | Komponen

... instalasi pada konsumen atau rumah tangga yang tersambung dari tiang jaringan distribusi

- Setiap sambungan akan diberikan sebagai berikut:
 - Energi limiter: untuk membatasi pemakaian listrik (max. 260 – 300 Wh untuk rumah tangga)
 - MCB dengan rating 1 – 2 A: Melindungi kabel dari arus berlebih
 - Tiga (3) buah lampu LED 5 W
 - Satu (1) soket listrik dan saklar





15

Instalasi rumah tangga | Baik dan Buruk



Energi limiter dan MCB yang terlindungi dan pengkabelan yang rapi



Sambungan listrik yang tidak rapi dan tidak aman



15

Instalasi rumah tangga | Baik dan Buruk



Energi limiter dan MCB yang terinstal rapi dan terlindungi didalam kotak. Kabel pentanahan terpasang untuk menghindari sengatan listrik jika ada kesalahan.



Sambungan listrik tidak melewati energi limiter (bypassed)



Terima kasih

Ada pertanyaan?

Tanpa belajar takkan
ada perubahan. Tanpa
perubahan berarti mati.

#SayQuotable