

MODUL SOLAR PV

Renewable Energy Technology
Sistem Solar Foto Volta
(Off-Grid)

2025
Versi 1.0



Ts. Mazuwan Mustaffa
Ts. Hamzi Rusli
Ts. Mohd Nur Yassieen Mat Zaki

SEDA malaysia Qualified Person (QPs) in OGPV



MODUL SOLAR PV

Renewable Energy Technology
Sistem Solar Foto Volta
(Off-Grid)

2025

Versi 1.0

Terbitan:
Kolej Komuniti Beaufort
Kementerian Pendidikan Tinggi
Jalan Melalugus
89807 Beaufort,
Sabah

Tel: 087-212528 / 529
Email: adminkkbs@kkbeaufort.edu.my
Laman sesawang: <https://kkbeaufort.mypolycc.edu.my/>

Hak Cipta © 2025 Kolej Komuniti Beaufort

Hakcipta terpelihara. Tiada bahagian daripada terbitan ini boleh diterbitkan semula, disimpan untuk pengeluaran atau ditukarkan ke dalam sebarang bentuk atau dengan apa-apa jua alat, samada secara elektronik, gambar serta rakaman dan sebagainya tanpa kebenaran bertulis daripada pihak Kolej Komuniti Beaufort terlebih dahulu.

Perpustakaan Negara Malaysia
Data Mengkatalog dan Penerbitan

e ISBN 978-629-95005-5-1



Modul Solar PV Renewable Energy Technology – Sistem Solar Foto Volta (*Off-Grid*)

Ketua Penulis:

Ts. Mazuwan Bin Mustaffa
Kolej Komuniti Beaufort

Penulis Bersama:

Ts. Hamzi Bin Rusli
Litar Abadi Engineering Sdn. Bhd.

Ts. Mohd Nur Yassieen Bin Mat Zaki
Kolej Komuniti Padang Terap

Editor:

Faizatul Noor Binti Abu Bakar
Norashikin Binti Amir
Kolej Komuniti Segamat 2

Nor Azawati Bt Abu Talib
Kolej Komuniti Jempol

Nor Shahima binti Othman
Kolej Komuniti Kuala Langat

Reka Bentuk & Ilustrasi:

Noraini binti Harun
Politeknik Tun Syed Nasir Syed Ismail

Wan Norhashimah binti Wan Husin
Kolej Komuniti Bandar Darulaman

Zulkurnain Bin Hassan
Politeknik Port Dickson

Diana Anak Ringau
Politeknik Mukah

Tarikh Terbitan:
Edisi Pertama

Versi Modul:
Jun 2025

PRAKATA KETUA PENULIS

Dengan penuh rasa syukur dan setinggi-tinggi penghargaan, saya mempersembahkan modul Sistem Solar Fotovolta *Off-Grid* ini sebagai sebuah sumber rujukan ilmiah yang komprehensif kepada para pembaca yang ingin mendalami pengetahuan serta pemahaman dalam bidang teknologi tenaga boleh diperbaharui, khususnya berkaitan sistem solar fotovolta jenis *off-grid*.

Modul ini disusun dengan pendekatan yang praktikal dan mudah difahami. Rekabentuk sistem solar *off-grid* dalam modul ini telah dipermudahkan agar pembaca dari pelbagai latar belakang dapat memahami konsep asas, komponen utama, serta kaedah pemasangan dan penyelenggaraan dengan lebih jelas dan berkesan.

Diharapkan modul ini dapat membantu meningkatkan pengetahuan teknikal dan kemahiran asas dalam bidang tenaga solar, seterusnya menyumbang kepada pembangunan tenaga hijau di Malaysia.

Saya ingin merakamkan penghargaan kepada semua pihak yang telah memberikan sokongan dan kerjasama dalam penyediaan modul ini. Semoga modul ini memberi manfaat dan dapat digunakan secara meluas dalam pembelajaran serta aplikasi sebenar berkaitan sistem solar *off-grid*.

Sekian, terima kasih.

Ts. Mazuwan bin Mustafa

Ketua Penulis Modul

(SEDA Qualified Persons (QP))

(Off Grid Photovoltaic (OGPV) & Grid Connected Photovoltaic (GCPV))



LATAR BELAKANG MODUL

Latar Belakang Modul

Tenaga boleh diperbaharui kini menjadi salah satu alternatif utama dalam usaha menangani krisis tenaga global dan pencemaran alam sekitar. Antara sumber tenaga boleh diperbaharui yang semakin mendapat perhatian ialah tenaga solar, khususnya melalui teknologi sistem solar fotovolt (PV). Di Malaysia, penggunaan sistem solar semakin berkembang, terutamanya di kawasan luar bandar dan kawasan terpencil yang tidak mempunyai akses kepada grid elektrik konvensional.

Modul ini dibangunkan bagi memperkenalkan teknologi sistem solar fotovolt (off-grid) kepada pelajar, tenaga pengajar, dan pihak berkepentingan dalam bidang tenaga boleh diperbaharui.

Objektif Modul

Modul ini bertujuan untuk:

1. Memberi pemahaman asas mengenai konsep tenaga solar dan teknologi fotovolt.
2. Menjelaskan komponen utama dalam sistem solar off-grid.
3. Meningkatkan kemahiran dalam merancang dan memasang sistem solar PV secara praktikal.
4. Menyemai kesedaran tentang kepentingan penggunaan tenaga bersih dan mampan.

Kepentingan Modul

Modul ini disusun selaras dengan keperluan pembelajaran abad ke-21 dan Revolusi Industri 4.0. Ia menyediakan asas pengetahuan dan kemahiran teknikal yang boleh diaplikasikan dalam bidang kejuruteraan tenaga serta membuka peluang kerjaya dalam industri tenaga boleh diperbaharui. Modul ini juga menyokong agenda pembangunan mampan dan penggunaan teknologi hijau di Malaysia.

Kaedah Penggunaan Modul

Modul ini boleh digunakan dalam sesi pembelajaran formal, latihan kemahiran teknikal, serta pembelajaran sendiri. Setiap topik disusun secara sistematik dengan aktiviti amali dan latihan pengukuhan untuk memastikan kefahaman yang mendalam.

ISI KANDUNGAN

TOPIK 1	Pengenalan kepada RE	8-12
TOPIK 2	Pengenalan Sistem Solar OGPV	13-19
TOPIK 3	Rekabentuk Solar OGPV	20-37
TOPIK 4	Pemasangan Sistem Solar OGPV	38-39
TOPIK 5	Penyelenggaraan dan Penjagaan Sistem Solar	40-42
TOPIK 6	Isu Keselamatan dalam Sistem Solar	43-45
TOPIK 7	Pengurusan dan Pengoptimuman Sistem Solar	46-49
TOPIK 8	Aspek Undang-Undang dan Etika dalam Teknologi Tenaga	50-51
TOPIK 9	Projek Akhir dan Penilaian	52

1 - PENGENALAN KEPADA RE

1.1 Apa Itu Tenaga Boleh Diperbaharui?

Tenaga yang diperoleh secara berterusan daripada sumber alam semula jadi dikenali sebagai tenaga boleh diperbaharui. Sumber tenaga ini boleh diperbaharui melalui proses semula jadi seperti angin, cahaya matahari, air dan haba bumi jadi ia tidak akan habis.

1.2 Jenis-Jenis Tenaga Boleh Diperbaharui

1. Tenaga Suria (*Solar Energy*)

- Menggunakan cahaya matahari untuk menjana elektrik melalui sel fotovoltaik (solar panel).
- Digunakan dalam sistem solar *off-grid* dan *on-grid*.



Rajah 1.1: Mini Off Grid, Tatau, Bintulu



Rajah 1.2: TCS Floating LSSPV, Serendah, Rawang

2. Tenaga Angin (*Wind Energy*)

- Menggunakan turbin angin untuk menghasilkan elektrik melalui pergerakan udara.
- Sesuai untuk kawasan yang mempunyai kelajuan angin tinggi.



Rajah 1.3: Dabancheng Wind Farm, Xinjiang, China



Rajah 1.4: Amazon Wind Farm, Texas

1 - PENGENALAN KEPADA RE

3. Tenaga Hidro (Hydropower)

- Menggunakan aliran air seperti sungai dan empangan untuk menggerakkan turbin bagi menjana elektrik.
- Sumber tenaga utama di banyak negara termasuk Malaysia.



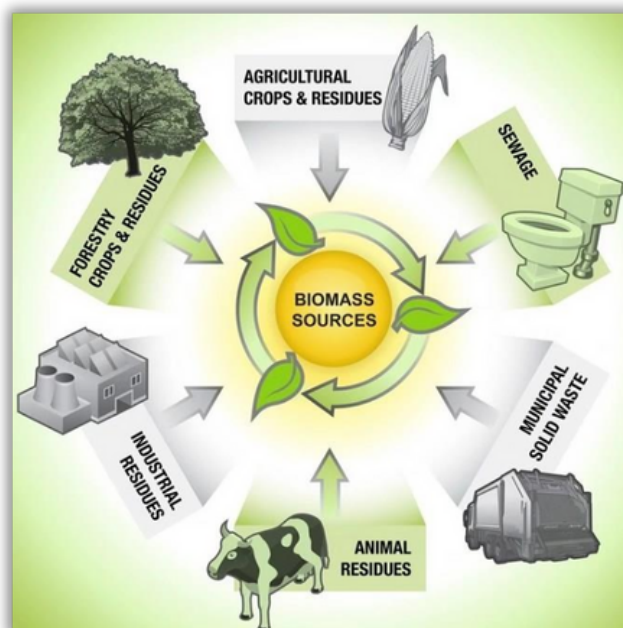
Rajah 1.5: Empangan Hidroelektrik Bakun



Rajah 1.6: Skim hidroelektrik Sungai Perak

4. Tenaga Biojisim (Biomass Energy)

- Menggunakan bahan organik seperti sisa pertanian, kayu dan sampah untuk menghasilkan tenaga.
- Boleh ditukarkan kepada biogas atau biofuel untuk kegunaan industri dan domestik.



Rajah 1.7: Sumber Tenaga Biomass

1 - PENGENALAN KEPADA RE

5. Tenaga Geoterma (Geothermal Energy)

- Menggunakan haba dari bawah permukaan bumi untuk menjana elektrik dan pemanasan.
- Digunakan secara meluas di negara dengan aktiviti gunung berapi yang tinggi.



Rajah 1.8: Hellisheidi Geothermal Power Plant, South-West, Iceland

1.3 Kelebihan Tenaga Boleh Diperbaharui

- Mesra Alam
- Sumber Tidak Terhad
- Menjimatkan Kos Jangka Panjang
- Meningkatkan Keselamatan Tenaga
- Mewujudkan Peluang Pekerjaan

1 - PENGENALAN KEPADA RE

1.4 Cabaran Dalam Penggunaan Tenaga Boleh Diperbaharui

- Kos Permulaan yang Tinggi - Pemasangan teknologi seperti panel solar dan turbin angin memerlukan pelaburan yang besar.
- Bergantung kepada Cuaca - Cuaca tidak selalu mempengaruhi tenaga suria dan angin.
- Keperluan Ruang yang Besar - Sistem seperti ladang solar dan turbin angin memerlukan kawasan yang besar.
- Keterbatasan Infrastruktur - Mengintegrasikan tenaga boleh diperbaharui ke dalam sistem bekalan tenaga utama memerlukan grid elektrik yang sesuai.

1.5 Perbandingan Tenaga Boleh Diperbaharui vs Tenaga Tidak Boleh Diperbaharui

Jadual 1.1: Tenaga boleh diperbaharui vs Tenaga tidak boleh diperbaharui

Aspek	Tenaga Boleh Diperbaharui	Tenaga Tidak Boleh Diperbaharui
Sumber	Alam semula jadi (matahari, angin, air)	Fosil (minyak, gas, arang batu)
Kebolehan Diperbaharui	Tidak akan habis	Terhad dan akan habis
Pencemaran	Rendah	Tinggi (pengeluaran karbon)
Kos Jangka Panjang	Menjimatkan selepas pemasangan awal	Kos tinggi dan tidak stabil
Contoh Teknologi	Panel suria, turbin angin	Loji janakuasa arang batu, minyak

1 - PENGENALAN KEPADA RE

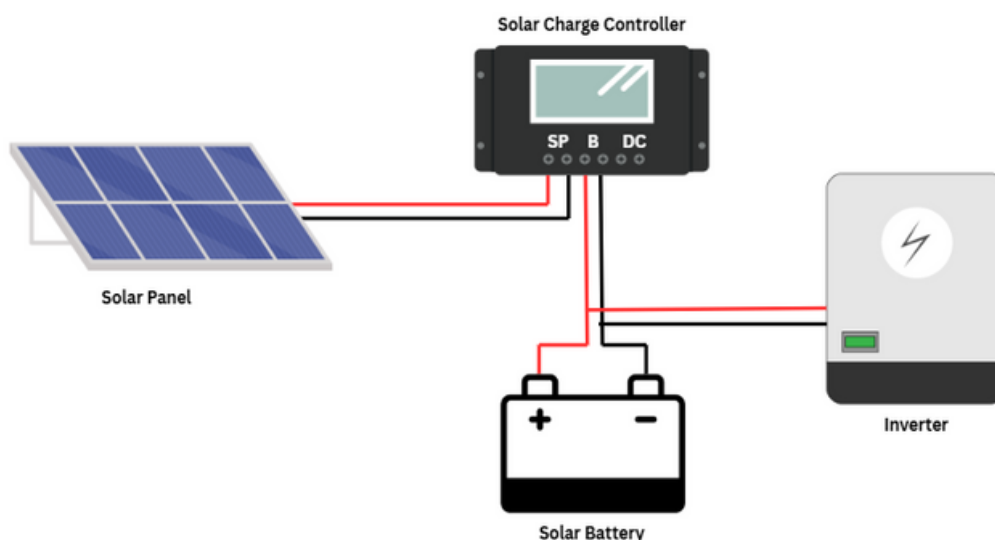
1.6 Kesimpulan

- Penyelesaian utama untuk menangani isu perubahan iklim dan mengurangkan kebergantungan kepada bahan api fosil ialah tenaga boleh diperbaharui.
- Peralihan kepada tenaga hijau semakin dipercepatkan oleh kemajuan teknologi dan sokongan dasar kerajaan, walaupun terdapat cabaran dalam penggunaannya.
- Kelestarian tenaga boleh ditingkatkan di Malaysia dan di seluruh dunia melalui inisiatif seperti pembangunan sistem solar, penggunaan tenaga biojisim dan penggunaan tenaga hidro.

2 - PENGENALAN SISTEM SOLAR OGPV

2.1 Pengenalan

- Sistem tenaga boleh diperbaharui jenis solar off-grid (OGPV) tidak bergantung kepada grid elektrik utama.
- Ia digunakan secara meluas di kawasan terpencil atau luar bandar di mana bekalan elektrik konvensional tidak tersedia.
- Sebagai sumber utama sistem ini menghasilkan dan menyimpan tenaga elektrik untuk kegunaan harian.
- Sistem solar di luar rangkaian memainkan peranan penting dalam menyediakan tenaga kepada komuniti yang menghadapi halangan infrastruktur elektrik dalam era pembangunan lestari.
- Dengan kos tenaga yang meningkat dan keperluan untuk mengurangkan pelepasan karbon, sistem ini mendapat perhatian yang semakin meningkat di seluruh dunia.
- Selain membantu kehidupan harian, teknologi ini membolehkan orang dalam komuniti yang terlibat mengambil bahagian dalam aktiviti keusahawanan dan ekonomi.



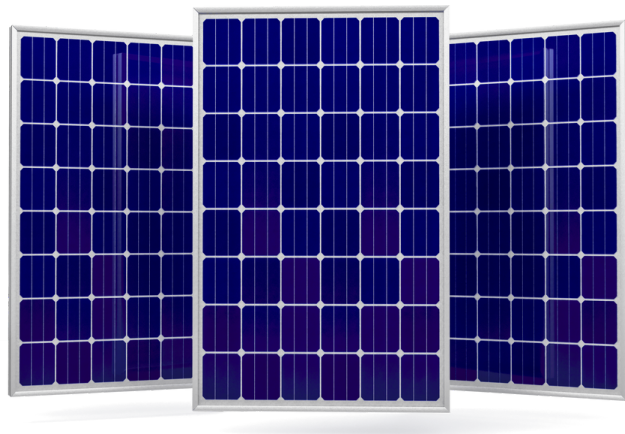
Rajah 2.1: Sistem Off Grid Photovoltaic

2 - PENGENALAN SISTEM SOLAR OGPV

2.2 Komponen Utama Sistem Solar Off-Grid

1. Solar Panel

- Menghasilkan tenaga elektrik (DC) daripada cahaya matahari.



Rajah 2.2: Solar Panel

2. Bateri

- Menyimpan tenaga untuk digunakan pada waktu malam atau ketika cuaca mendung.



Rajah 2.3: Bateri

2 - PENGENALAN SISTEM SOLAR OGPV

2.2 Komponen Utama Sistem Solar Off-Grid

3. Charge Controller

- Mengawal aliran tenaga yang dihantar oleh panel suria ke bateri untuk mengelakkan cas yang berlebihan atau berlebihan.



Rajah 2.4: Solar Charge Controller

4. Inverter

- Menukarkan arus terus (DC) daripada bateri kepada arus ulang alik (AC).



Rajah 2.5: Inverter

2 - PENGENALAN SISTEM SOLAR OGPV

2.2 Komponen Utama Sistem Solar Off-Grid

5. Load

- o Peralatan atau sistem yang menggunakan tenaga elektrik seperti lampu, peti sejuk, mesin basuh, kipas dan pam air.



Rajah 2.6: Motor Elektrik

6. Komponen BOS (*Balance of system*)

- o Kabel (DC dan AC)
- o Fuse, Breaker & Surge Protection Devices (SPD)
- o MC4 Connector
- o Solar Mounting Structure (Rangka Sokongan Panel)
- o Monitoring System



Rajah 2.7: BOS Component (railing, MC4, DC Breaker, Bateri Breaker, SPD)

2 - PENGENALAN SISTEM SOLAR OGPV

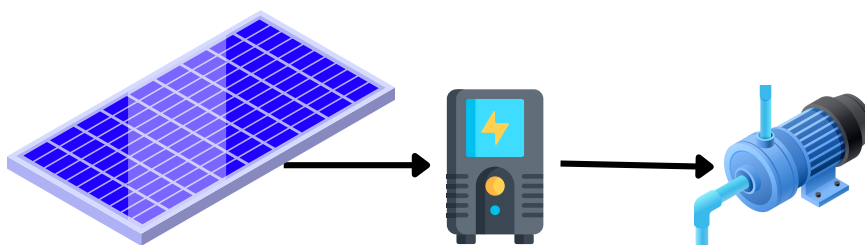
2.3 Jenis Sistem Solar Off-Grid

i. *Direct-coupled PV system - without energy storage*

- Sistem fotovoltaik (PV) gandingan terus tanpa penyimpanan tenaga menggunakan panel solar terus kepada beban (seperti pam air, kipas atau peralatan DC/AC lain).
- Ianya melibatkan penggunaan bateri atau peranti penyimpanan tenaga.
- Sistem ini hanya berfungsi apabila terdapat cahaya matahari.

- Ciri-ciri utama:
 - i. Tiada storan tenaga atau bateri diperlukan: tenaga yang dihasilkan oleh panel fotovoltaik digunakan segera.
 - ii. Reka bentuk yang lebih ringkas memerlukan kurang komponen, kos awal yang lebih rendah dan kurang penyelenggaraan.
 - iii. Bergantung pada cahaya matahari: Beban hanya berfungsi pada siang hari apabila terdapat keamatan cahaya matahari yang mencukupi.

- Aplikasi:
 - i. Sistem pam air solar
 - ii. Sistem pengudaraan, seperti kipas loteng solar
 - iii. Sistem air hujan
 - iv. Pengering kuasa suria



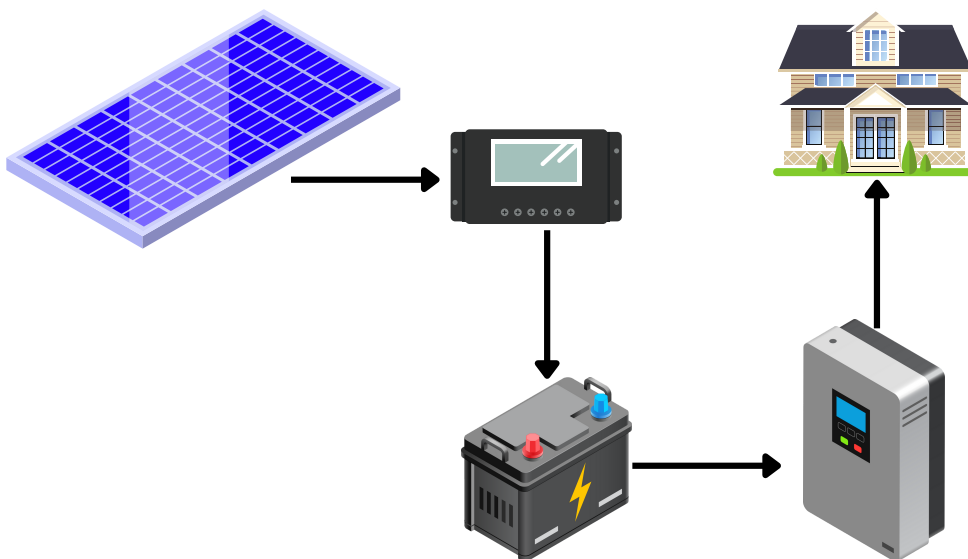
Rajah 2.8: *Direct-coupled PV system - without energy storage*

2 - PENGENALAN SISTEM SOLAR OGPV

2.3 Jenis Sistem Solar Off-Grid

ii. PV Battery System

- Sistem tenaga solar yang menggunakan panel fotovoltaik untuk menghasilkan tenaga elektrik dan menyimpannya dalam bateri, terutamanya pada waktu malam atau dalam cuaca mendung.
- Ciri-ciri utama:
 - i. Tenaga boleh disimpan: Panel solar menghasilkan elektrik yang boleh disimpan dalam bateri yang boleh digunakan pada bila-bila masa.
 - ii. Boleh beroperasi sama ada bersama grid (hybrid) atau tanpa sambungan grid.
 - iii. Lokasi luar bandar atau tempat di mana bekalan elektrik kerap terganggu.
- Aplikasi
 - i. Rumah di Kawasan Luar Bandar
 - ii. Sistem Komunikasi / Telekomunikasi
 - iii. Perniagaan Kecil (Kiosk / Gerai)
 - iv. Sistem Pam Air



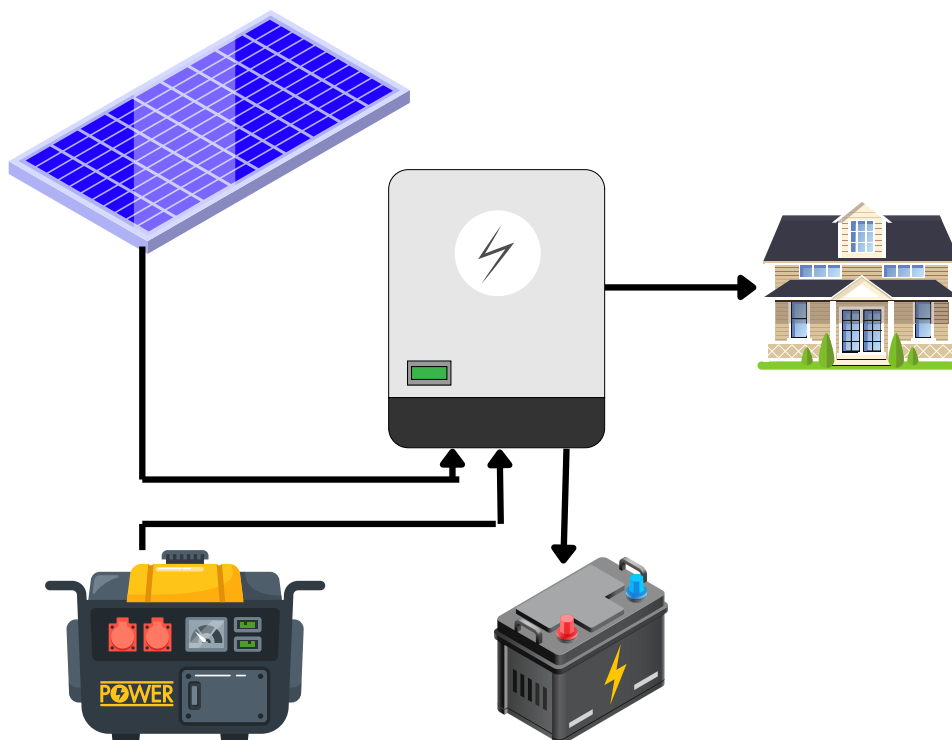
Rajah 2.9: PV Battery System

2 - PENGENALAN SISTEM SOLAR OGPV

2.3 Jenis Sistem Solar Off-Grid

iii. *Hybrid PV system*

- Sistem fotovoltaik solar hibrid menggabungkan panel solar, bateri, dan sumber tenaga tambahan, seperti grid atau generator dalam satu sistem yang bersepadu.
- Walaupun dalam cuaca mendung atau malam sistem ini akan memberikan bekalan elektrik yang berterusan.
- Ciri-ciri utama:
 - i. Menyimpan tenaga - boleh digunakan pada waktu malam atau dalam kecemasan melalui bateri.
 - ii. Fleksibel - boleh digunakan secara off-grid (bebas dari grid) atau grid-tied.
 - iii. Kebolehpercayaan tinggi - sangat berguna di kawasan di mana bekalan grid tidak stabil.



Rajah 2.10: *Hybrid PV system*

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

3.1 Pengenalan

- Sistem solar *off-grid* berfungsi tanpa grid elektrik awam. Ia sangat baik untuk kawasan terpencil atau luar bandar yang tidak mempunyai bekalan elektrik biasa.
- Tenaga suria adalah satu-satunya sumber yang digunakan oleh sistem ini untuk membekalkan elektrik kepada pelbagai peranti yang digunakan oleh pengguna, termasuk lampu, kipas, pam air dan peralatan elektronik.
- Analisis beban tenaga, pemilihan komponen yang betul (seperti panel solar, bateri, pengecas kawalan dan inverter) dan pengiraan sistematik adalah semua perkara yang diperlukan untuk reka bentuk sistem solar off-grid yang berkesan.
- Semua ini dilakukan untuk memastikan sistem mampu menyimpan dan membekalkan tenaga yang mencukupi sepanjang hari, termasuk pada masa malam atau hari mendung.
- Sebelum merekabentuk sistem solar off grid beberapa perkara perlu difahami terlebih dahulu seperti:

1. Jenis-jenis litar Elektrik
2. Hukum Ohm dan Persamaan Kuasa
3. Litar Arus Terus dan Beban
4. *Irradiance dan Peak Sun Hour (PSH)*
5. *Power, current dan voltage PV Module.*
6. *Space Constraint*

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

3.2 Jenis Litar Elektrik

- o Litar Siri – Arus mengalir melalui satu laluan sahaja.
- o Litar Selari – Arus mengalir melalui lebih daripada satu laluan.
- o Litar Siri-Selari – Gabungan litar siri dan selari, di mana arus mengalir melalui pelbagai laluan gabungan.

3.3 Hukum Ohm dan Persamaan Kuasa

- o $V = I \times R$
(Voltan = Arus $\times$ Rintangan)
- o $P = I \times V$
(Kuasa = Arus $\times$ Voltan)
- o $P = I \times I \times R$ atau $P = I^2 \times R$
(Kuasa = Arus kuasa dua $\times$ Rintangan)
- o $E = P \times t$
(Tenaga = Kuasa $\times$ Masa)

Contoh 1 :

Sebuah kipas berkuasa 240 W disambungkan kepada bateri 24 V. Tentukan arus yang mengalir dalam kipas dan jumlah tenaga yang digunakan jika ia beroperasi secara berterusan selama 10 jam.

Pengiraan:

$$I = P / V$$

$$= 240 \text{ W} \div 24 \text{ V}$$

$$= 10 \text{ A}$$

(Arus yang mengalir dalam kipas ialah 10 ampere)

$$E = P \times t$$

$$= 240 \text{ W} \times 10 \text{ jam}$$

$$= 2400 \text{ Wh}$$

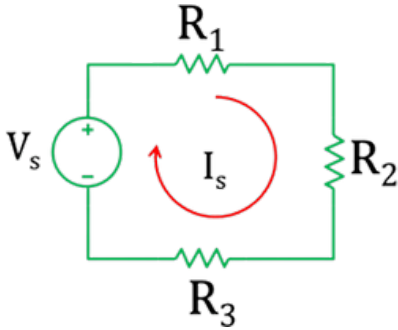
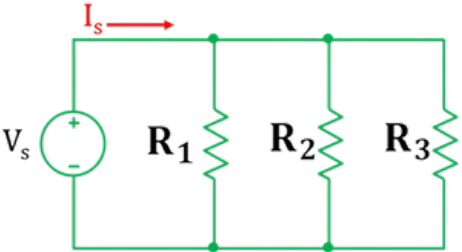
(Jumlah tenaga yang digunakan ialah 2400 watt-jam)

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

3.4 Litar Arus Terus dan Beban

Arus Terus (DC) ialah komponen tenaga elektrik yang mengalir dalam satu arah sahaja dan mempunyai dua kutub (polariti), iaitu positif (+) dan negatif (-).

Jadual 3.1: Litar Siri dan Selari

Aspek	Siri	Selari
Sumber		
Voltan	$V_s = V_1 + V_2 + V_3$ $V_1 = I_s R_1; V_2 = I_s R_2; V_3 = I_s R_3$	$V_s = V_1 = V_2 = V_3 = I_s R_{eq}$
Arus	$I_s = I_1 = I_2 = I_3 = \frac{V_s}{R_{eq}}$	$I_s = I_1 + I_2 + I_3$ $I_1 = \frac{V_s}{R_1}; I_2 = \frac{V_s}{R_2}; I_3 = \frac{V_s}{R_3}$
Rintangan	$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$	$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
Ciri	Jika satu komponen rosak, litar menjadi tidak aktif dan arus terhenti.	Jika satu komponen rosak, arus hanya terhenti pada cabang itu sahaja, bahagian lain masih berfungsi dengan baik.

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

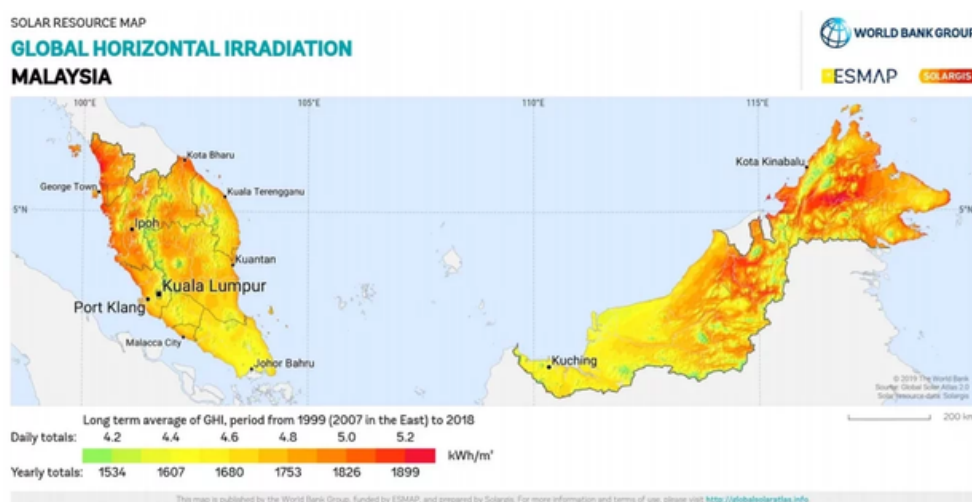
3.5 Irradiation and Peak Sun Hour (psh)

Irradiance ialah jumlah tenaga yang diterima permukaan dari cahaya matahari dalam waktu tertentu. *Watt per meter persegi* (W/m²) adalah unit yang digunakan untuk mengukurnya. Ia menunjukkan seberapa kuat intensiti cahaya matahari yang sampai ke permukaan bumi pada masa yang sama.

Semakin tinggi nilai *irradiance*, semakin banyak tenaga solar yang akan ditukarkan menjadi tenaga elektrik. Lokasi, masa dalam setahun, waktu dalam sehari, dan cuaca mempengaruhi tahap radiasi. Pada waktu tengah hari, apabila matahari berada di kedudukan paling tinggi di langit, irradiansi boleh mencapai **1000 W/m²**, terutamanya di kawasan kering atau tropika.

Walau bagaimanapun, tahap radiasi boleh berubah-ubah:

- Kawasan yang dekat dengan khatulistiwa biasanya mempunyai tahap irradiansi yang tinggi dan menerima lebih banyak cahaya matahari.
- Irradiation* cenderung lebih rendah di kawasan yang lebih jauh dari khatulistiwa seperti di latitud tinggi terutamanya pada musim sejuk.
- Cuaca berawan boleh mengurangkan jumlah radiasi yang sampai ke permukaan bumi dengan nilai radiasi yang lebih rendah daripada yang ideal.



Rajah 3.1: Global Horizontal Irradiation

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

Peak Sun Hour (PSH) atau Jam Matahari Puncak merujuk kepada jumlah tenaga suria yang diterima oleh suatu kawasan dalam sehari dinyatakan dalam jam bersamaan dengan intensiti cahaya matahari maksimum iaitu 1000 watt per meter persegi (1000 W/m^2).

- 1 PSH = 1000 W/m^2 selama 1 jam
- Jika satu kawasan menerima cahaya matahari dengan intensiti 1000 W/m^2 selama 5 jam, maka kawasan itu dikira menerima 5 Peak Sun Hours.

Contoh penggunaan dalam sistem solar:

- Jika panel solar anda berkapasiti 1 kW dan kawasan anda menerima 5 PSH sehari, maka panel itu boleh menjana kira-kira:
- $1 \text{ kW} \times 5 \text{ jam} = 5 \text{ kWh/hari}$

Fungsi PSH ialah:

- i. Untuk mengetahui berapa banyak tenaga elektrik yang boleh dihasilkan oleh sistem tenaga suria di tempat tertentu.
- ii. Membantu dalam mencipta sistem fotovoltaiik yang berkesan sama ada on-grid atau off-grid berdasarkan keadaan matahari setempat.

PSH dipengaruhi oleh perkara berikut:

- i. Geografi lokasi
- ii. Musim
- iii. Cuaca dan awan
- iv. Kecondongan dan orientasi panel solar

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

3.6 Power, current dan voltage PV Module

$$P_{max} = P_{maxSTC} \times f_{mm} \times f_{degrade} \times f_{temp} \times f_g \times f_{clean} \times f_{unshade}$$

- P_{max} , Max PV module power at real operating condition ROC (W)
- P_{maxSTC} , max power of PV module at standard test condition STC (W)
- f_{mm} , factor due to mismatch
- $f_{degrade}$, factor due to aging
- f_{temp} , factor due to temperature for power
- f_g , factor due to irradiance
- f_{clean} , factor due to dirt
- $f_{unshade}$, factor due to shading

$$f_{degrade} = 1 + \left(\frac{A - (B \times (C - 1))}{100} \right)$$

$$f_{temp} = 1 + \left(\left(\frac{\gamma_{pmax}}{100} \right) \times (T_{mod} - T_{stc}) \right)$$

$$f_g = \left(\frac{G_i}{1000} \right)$$

Specifications (STC)

Maximum Power - Pmax [Wp]	625	630	635	640	645	650
Maximum Power Voltage - Vmp [V]	47.54	47.70	47.86	48.02	48.17	48.33
Maximum Power Current - Imp [A]	13.15	13.21	13.27	13.33	13.39	13.45
Open-circuit Voltage - Voc [V]	56.95	57.08	57.21	57.34	57.47	57.60
Short-circuit Current - Isc [A]	13.80	13.86	13.92	13.98	14.04	14.10
Module Efficiency STC [%]	22.36	22.54	22.72	22.90	23.07	23.25
Power Tolerance	0 ~ + 3 %					
Temperature Coefficients of Pmax	-0.29 %/°C					
Temperature Coefficients of Voc	-0.25 %/°C					
Temperature Coefficients of Isc	0.045 %/°C					

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, AM=1.5

Rajah 3.2: Contoh Solar Panel Specification

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

$$I_x = I_{sc} \times f_{temp_i} \times f_g \times f_{clean} \times f_{unshade} \times f_{mmi}$$

- I_x , current of PV modules at ROC (W)
- I_{sc} , current of PV module at STC
- f_{temp_i} , factor due to temperature for current
- f_g , factor due to irradiance
- f_{clean} , factor due to dirt
- $f_{unshade}$, factor due to shading
- f_{mm} , factor due to mismatch

$$f_{temp_i} = 1 + \left[\left(\frac{\alpha I_{sc}}{100} \times \right) \times (T_{mod} - T_{stc}) \right]$$

$$V_x = V_{xstc} \times f_{temp_v} \times f_{mmv}$$

- V_x , voltage (V) of PV modules at ROC (W)
- V_{xstc} , voltage of PV module at STC (V)
- f_{temp_v} , factor due to temperature for voltage
- f_{mmv} , factor due to mismatch

$$f_{temp_v} = 1 + \left[\left(\frac{\beta V_x}{100} \times \right) \times (T_{mod} - T_{stc}) \right]$$

Latihan:

Kirakan kuasa maksimum (P_{max}), Current (I_x) dan Voltage (V_x) bagi Jinko Solar Panel bernilai 650 Watt. (rujuk lampiran datasheets Tiger Neo 78HL4 - BDV)

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

3.6 Space Constraint

$$N_{landscape_{up}} = r.d \left(\frac{W_{roof}}{W_m + \Delta} \right)$$

$$N_{landscape_{across}} = r.d \left(\frac{L_{roof}}{L_m + \Delta} \right)$$



Rajah 3.3: Landscape Orientation

$$N_{max_{landscape}} = N_{landscape_{up}} \times N_{landscape_{across}}$$

$$N_{potrait_{up}} = r.d \left(\frac{W_{roof}}{L_m + \Delta} \right)$$

$$N_{potrait_{across}} = r.d \left(\frac{L_{roof}}{W_m + \Delta} \right)$$



Rajah 3.4: Potrait Orientation

$$N_{max_{potrait}} = N_{potrait_{up}} \times N_{potrait_{across}}$$

$$N_{t_{architecture}} = \max\{N_{max_{landscape}}, N_{max_{potrait}}\}$$

W_{roof} , Lebar rooftop (m)

W_m , Lebar module (m)

L_{roof} , Panjang rooftop (m)

L_m , Panjang module (m)

Δ , Panjang module (m)

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

3.7 Sistem simpanan tenaga

- Teknologi bateri solar adalah dari gabungan sel , elektrolit dan terminal dipanggil anod (+) dan katod (-).
- Deep cycle bermakna reka bentuknya boleh dilepaskan sehingga peratusan tertentu dan dicas semula berulang kali.
- Jenis yang selalu digunakan: Plumbum-asid (Pb-asid), Litium ion (Li-ion)



Rajah 3.5: Solar Battery

- Kapasiti, tenaga & kadar nyahcas

1200 Ah pada kadar nyahcas C20 pada 25C

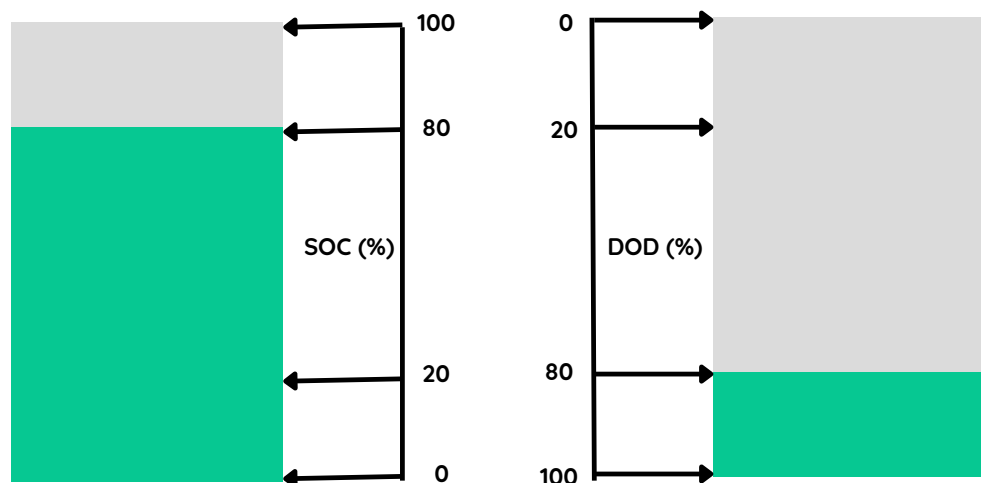
Pada suhu. 25C, bateri mempunyai 1200 Ah cas yang boleh dihantar pada kadar 20jam sehingga ia habis sepenuhnya.

Terms Crate : C1 ialah 1C, C2 ialah 0.5C, C5 ialah 0.2C

Caj, $C = Ah$

Tenaga, $E = CV$

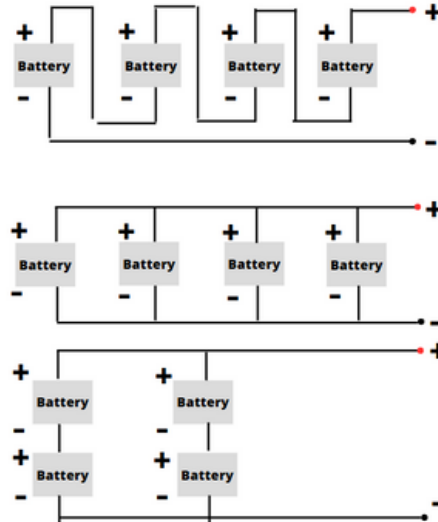
$1 = SOC + DOD$



Rajah 3.6: SOC & DOD battery

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

3.7 Konfigurasi Bateri



Rajah 3.7: Konfigurasi Bateri

Contoh 2:

Satu set bank bateri dengan voltan nominal 12V dan kapasiti 300Ah pada kadar nyahcas C20. Konfigurasinya ialah 4x2. Hitungkan:

- Voltan bagi setiap *string*
- Kapasiti bagi setiap *string*
- Tenaga bagi setiap *string*
- Kapasiti bateri *bank*
- Tenaga bateri *bank*

Jawapan:

$$\begin{aligned} i. V_{string} &= V_{system} = V_{string 1} = V_{string 2} = V_{string 3} = V_{string 4} \\ &= (\text{setiap string ada 2 bateri}) = 12 + 12 = 24V \end{aligned}$$

$$ii. C_{string} = C_{string 1} = C_{string 2} = C_{string 3} = C_{string 4} = 300Ah \text{ (in series)}$$

$$\begin{aligned} iii. E_{string} &= E_{string 1} = E_{string 2} = E_{string 3} = E_{string 4} \\ &= V_{string} \times C_{string} = 24V \times 300AH = 7200Wh \end{aligned}$$

$$iv. C_{bank} = N_p \times C_{string} = 4 \times 300Ah = 1200Ah$$

$$v. E_{bank} = C_{bank} \times V_{system} = 1200Ah \times 24V = 28,800Wh$$

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

Contoh 3:

Bank bateri tersebut kemudian dinyahcas selama 10 jam menggunakan kadar C20 selepas disambungkan kepada beban. Kira:

- i. Arus nyahcas pada kadar C20
- ii. Cas yang tinggal dalam bank bateri
- iii. Tenaga yang tinggal dalam bank bateri
- iv. Anggaran masa yang tinggal sehingga bank bateri dinyahcas sepenuhnya menggunakan kadar C20.

Jawapan:

i. $I_{\text{discharge}} = \text{C20 capacity of battery bank} / \text{rate} = 1200\text{Ah} / 20\text{h} = 60\text{A}$

ii. $C_{\text{discharged}} = 60\text{A} \times 10\text{h} = 600\text{Ah}$

$C_{\text{remains}} = C_{\text{bank}} - C_{\text{discharged}} = 1200 - 600 = 600\text{Ah}$

iii. $E_{\text{remains}} = C_{\text{remains}} \times V_{\text{bank}} = 600\text{Ah} \times 24\text{V} = 14,400\text{Ah}$

iv. $T = C_{\text{remains}} / I_{\text{discharge}} = 600\text{Ah} / 60\text{A} = 10\text{h}$

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

3.8 Sembilan langkah mudah merekabentuk Sistem Off Grid Solar PV

Apabila memilih *Inverter* Off Grid - penilaian beban yang tepat mesti terlebih dahulu dikira - untuk menentukan permintaan kuasa dan lonjakan maksimum yang diperlukan bagi beban.

Kriteria utama memilih *inverter* OG:

- Jenis beban - mentol, motor, peralatan sensitif
- Kualiti bentuk gelombang: *modified sin wave* atau *pure sin wave*
- Persekitaran: dalaman atau luaran
- Piawaian elektrik : voltan i/p atau o/p, frekuensi
- Permintaan kuasa maksimum
- Kuasa berterusan
- Saiz dan berat
- *Surge Power* daripada beban induktif seperti motor:
- Nilai *surge factor*:
 - 1 untuk beban rintangan; seterika dan periuk nasi
 - 3 untuk motor universal; kebanyakan peralatan dapur
 - 7 untuk motor aruhan; pam

Modified Sine Wave:

- Murah.
- Sesuai untuk beban rintangan dan beban mudah seperti kipas atau lampu.
- Tidak sesuai untuk motor atau peralatan sensitif kerana ia boleh menyebabkan overheating atau kerosakan.

Pure Sine Wave:

- Kuasa yang lebih besar walaupun harga yang lebih tinggi.
- Mensimulasikan gelombang AC sebenar grid TNB.
- Sesuai untuk semua jenis beban, termasuk elektronik sensitif dan motor.

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

Langkah 1:

Tentukan *load profile* : Tenaga yang diperlukan (*Energy required*)

Langkah 2:

Tentukan *load profile* : Permintaan maksimum (*Max Demand*)

Jadual 3.2: Load Profile

Load	Total	Power (Watt)	Duration (H)	Max Demand (W)	Energy Required (Wh)
LED Lamp	2	18	6	36	216
Fan	2	65	4	130	520
Charger	1	35	2	35	70
Total				201	806

Langkah 3:

Tentukan *Surge Factor* untuk beban (*load*)

Jadual 3.3: Surge Factor

Load	Total	Power (Watt)	SF
LED Lamp	2	18	1
Fan	2	65	1
Charger	1	35	1

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

Langkah 4:

Tentukan *Peak Sun Hour* (gaisma)

Contoh : PSH = 4.37

Beaufort, [Malaysia](#) - Solar energy and surface meteorology

Variable	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Insolation, kWh/m ² /day	4.48	4.88	5.36	5.52	5.19	5.08	5.10	5.14	5.14	4.82	4.64	4.37

Rajah 3.8: *Insolation Data*

Langkah 5:

Tentukan *System Voltage*

Jadual 3.4: Penentuan Voltan Sistem

Max Demand	V system
0 - 1000 Watt	12 V
1001 - 2000 Watt	24 V
2001 - 4000 Watt	48 V
> 4000 Watt	96 V

Langkah 6:

Tentukan Charge Required dan sambungan bateri :

Gunakan formula ringkas

$$\text{Charge Required} = \left[\frac{E}{V_{\text{system}}} \right] \times T_{\text{autonomy}}$$

$$\text{Charge Required} = \left[\frac{806}{12} \right] \times 2 = 134.33 \text{ Ah}$$

Cadangan menggunakan bateri 150Ah

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

Langkah 7:

Tentukan *Charge Controller*

$$I = \frac{Max_{demand}}{V_{system}}$$

$$I = \frac{201}{12} = 16.75A$$

Cadangan gunakan 12V, 20A MPPT

Langkah 8:

Tentukan *Solar Panel*

$$Solar\ Panel = \frac{Energy\ Required}{PSH}$$

$$Solar\ Panel = \frac{806}{4.37} = 184.4\ Watt$$

Cadangan gunakan solar panel berkapasiti 184.4 Watt ke atas yang terdapat dipasaran.

Langkah 9:

Tentukan *Inverter*, melalui *Max demand*

Max Demand 201 Watt - gunakan 250 to 500 Watt Inverter

3 - REKABENTUK SISTEM SOLAR OGPV

3.9 Pemilihan Saiz Kabel dan DC Breaker

Pilihan saiz kabel dan DC breaker untuk sistem solar PV (photovoltaic) adalah penting untuk keselamatan, kecekapan sistem, dan pematuhan kepada piawaian seperti MS IEC 60364, MS 1837, atau NEC (National Electrical Code) jika sistem itu digunakan di luar Malaysia.

Panduan asas untuk pemilihan Saiz kabel DC yang boleh dipilih adalah seperti berikut:

- Jumlah arus maksimum (I_{max})
- Jarak kabel (susut nilai voltan)
- Jenis pemasangan (dalam conduit, saluran, atas bumbung, dsb.)
- Kedua-dua konduktor tembaga dan aluminium

Jadual 3.5: Pemilihan DC Kabel berdasarkan arus

Arus Solar Panel (A)	Jarak ≤ 5 meter	Jarak 6–10 meter	Jarak 11–20 meter
0 – 10 A	1.5 mm ²	2.5 mm ²	4 mm ²
11 – 20 A	2.5 mm ²	4 mm ²	6 mm ²
21 – 30 A	4 mm ²	6 mm ²	6 mm ²
31 – 40 A	6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²
41 – 60 A	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²

- Saiz Breaker (A) = Arus maksimum $\times 1.25$

TIGER Neo

78HL4-BDV

625-650 Watt

BIFACIAL MODULE WITH DUAL GLASS

N-type



N-type Technology

N-type modules with Tunnel Oxide Passivating Contacts (TOPcon) technology offer lower LID/LeTID degradation and better low light performance.



HOT 3.0 Technology

N-type modules with JinkoSolar's HOT 3.0 technology offer better reliability and efficiency.



Dual-Sided Power Generation

Dual-sided power generation gain increases with backside exposure to light, significantly reducing LCOE.



Mechanical Load Enhanced

Certified to withstand:
5400 Pa front side max static test load
2400 Pa rear side max static test load



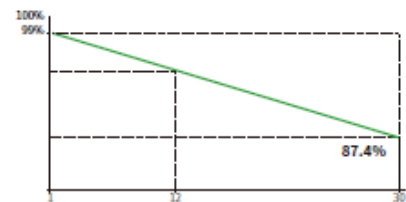
SMBB Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



Anti-PID Guarantee

Minimizes the chance of degradation caused by PID phenomena through optimization of cell production technology and material control.



12 Year
Product Warranty

30 Year
Linear Power
Warranty

1%
First-year
Degradation

0.40%
Annual Degradation
Over 30 Years

- IEC61215:2021 / IEC61730:2023
- IEC61701 / IEC62716 / IEC60068 / IEC62804
- ISO9001:2015: Quality Management System
- ISO14001:2015: Environment Management System
- ISO45001:2018: Occupational health and safety management systems



POSITIVE QUALITY™
Continuous Quality Assessment

JKM625-650N-78HL4-BDV-F9-EN

78HL4-BDV 625-650 Watt

Mechanical Characteristics

Cell Type	N-type Mono-crystalline
No. of cells	156 (78×2)
Dimensions	2465×1134×30 mm
Weight	34.0 kg
Front Glass	2.0 mm, Anti-reflection Coating
Back Glass	2.0 mm, Heat Strengthened Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Protection Class	Class II
IEC Fire Type	Class C
Connector Type	JK03M/MC4/Others
Output Cables	4.0 mm ² (+): 400 mm, (-): 200 mm or Customized Length

Packaging Configuration

Pallet Dimensions	2525×1140×1251 mm
Packing Detail (Two pallets = One stack)	36 pcs/pallets, 72 pcs/stack, 576 pcs/ 40'HQ Container

Specifications (STC)

Maximum Power - P _{max} [Wp]	625	630	635	640	645	650
Maximum Power Voltage - V _{mp} [V]	47.54	47.70	47.86	48.02	48.17	48.33
Maximum Power Current - I _{mp} [A]	13.15	13.21	13.27	13.33	13.39	13.45
Open-circuit Voltage - V _{oc} [V]	56.95	57.08	57.21	57.34	57.47	57.60
Short-circuit Current - I _{sc} [A]	13.80	13.86	13.92	13.98	14.04	14.10
Module Efficiency STC [%]	22.36	22.54	22.72	22.90	23.07	23.25
Power Tolerance	0 ~ +3 %					
Temperature Coefficients of P _{max}	-0.29 %/°C					
Temperature Coefficients of V _{oc}	-0.25 %/°C					
Temperature Coefficients of I _{sc}	0.045 %/°C					

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, AM=1.5

Specifications (BNPI)

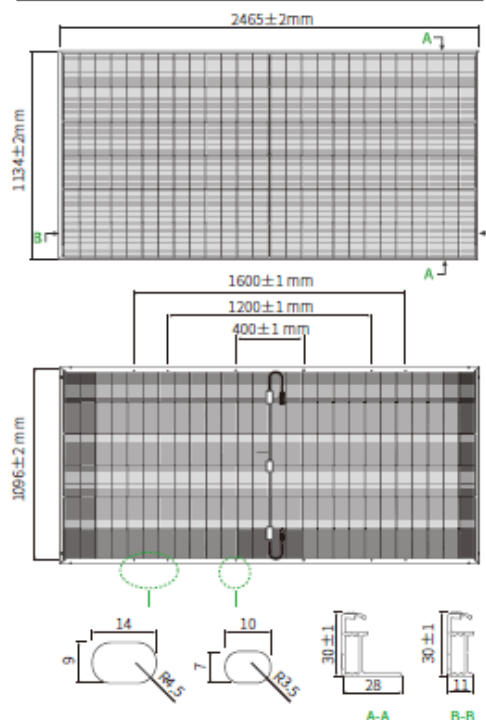
Maximum Power - P _{max} [Wp]	688	693	699	704	710	716
Maximum Power Voltage - V _{mp} [V]	47.57	47.73	47.91	48.06	48.23	48.40
Maximum Power Current - I _{mp} [A]	14.46	14.52	14.59	14.65	14.72	14.79
Open-circuit Voltage - V _{oc} [V]	57.00	57.14	57.28	57.42	57.56	57.70
Short-circuit Current - I _{sc} [A]	15.19	15.27	15.35	15.43	15.51	15.59

BNPI: Irradiance: front 1000W/m², rear 135W/m², Cell Temperature 25°C, AM=1.5

Application Conditions

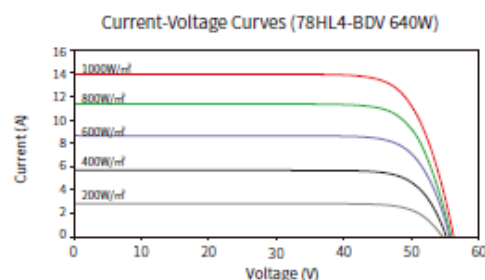
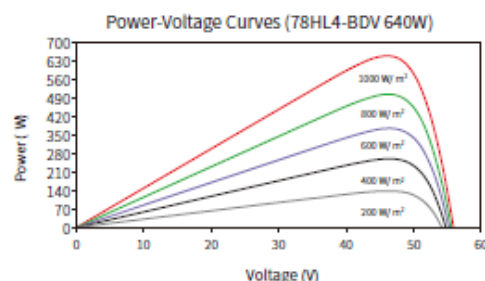
Operating Temperature	-40 °C ~ +70 °C
Maximum System Voltage	1500 VDC (IEC)
Maximum Series Fuse Rating	30 A
Bifaciality Coefficient	φV _{oc} : 98±5 %, φI _{sc} : 80±5 %, φP _{max} : 80±5 %

Engineering Drawings



*Note: For specific dimensions and tolerance ranges, please refer to the corresponding detailed module drawings.

Electrical Performance & Temperature Dependence



4 - PEMASANGAN SISTEM SOLAR OGPV

4.1 Langkah-Langkah Pemasangan Sistem OGPV

1. Penilaian Tapak

- Analisis lokasi terdiri daripada teduhan, orientasi matahari dan ruang fizikal.
- Profil penggunaan tenaga menunjukkan beban dan masa yang digunakan.



Rajah 4.1: *Solar Pathfinder*

2. Perancangan Sistem

- Nilai kapasiti sistem (kW), dan nilai kapasiti bateri (Ah/kWh).
- Pilihan komponen berdasarkan jumlah tenaga yang diperlukan setiap hari.

3. Persiapan Lokasi

- Struktur untuk pemasangan panel
- Perlindungan sistem dan piawaian (MCB, ELCB, fuis, dsb.)



Rajah 4.2: *Pemasangan Railing*

4 - PEMASANGAN SISTEM SOLAR OGPV

4. Konfigurasi Peralatan

- Panel solar harus dipasang di atas bumbung atau struktur besi lain.
- Pendawaian panel ke charge controller, kemudian baterai, inverter dan akhirnya beban.

5. Ujian dan Pentauliahan

- Ujian voltan sistem, keluaran panel dan pengecasan baterai.
- Ujian prestasi sistem dan beban (*Testing and Commissioning*).

5 - PENYELENGGARAAN DAN PENJAGAAN SISTEM SOLAR

5.1 Kepentingan Penyelenggaraan Sistem Solar

- Menjamin kecekapan sistem solar dalam tempoh masa yang panjang.
- Memastikan pengeluaran tenaga yang paling cekap.
- Mencegah kerosakan dan kos pembaikan yang tinggi.
- Meningkatkan jangka hayat komponen sistem, termasuk panel, bateri dan inverter.
- Penting untuk memastikan sistem sentiasa selamat untuk digunakan.

5.2 Jenis-jenis Penyelenggaraan

- Penyelenggaraan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)
 - Dilakukan berkala untuk mencegah kerosakan.
 - Contohnya:
 - Percubaan visual untuk panel solar.
 - Ujian keupayaan bateri.
 - Periksa sambungan kuasa.
- Penyelenggaraan Pembetulan (*Corrective Maintenance*)
 - Dilakukan apabila terdapat kerosakan atau prestasi merosot.
 - Contohnya:
 - Gantikan kabel yang rosak.
 - Menyesuaikan bateri atau inverter yang rosak.

5 - PENYELENGGARAAN DAN PENJAGAAN SISTEM SOLAR

5.3 Penjagaan Komponen Sistem Solar

- Jalankan pemeriksaan menyeluruh setiap tiga hingga enam bulan.
- Rekodkan prestasi dan penyelenggaraan.
- Pastikan sistem selamat daripada haiwan perosak dan air.
- Rujuk manual pengeluaran untuk maklumat tentang spesifikasi penjagaan untuk setiap komponen.

1. Solar Panel

- Pembersihan Berkala: Gunakan kain lembut dan air bersih untuk membersihkan habuk, daun kering, najis burung dan kotoran lain daripada permukaan panel. Elakkan pencuci dengan bahan kimia kuat.
- Periksa Visual: Cari keretakan, perubahan warna, atau kabel longgar.
- Arah dan Sudut: Pastikan panel berada dalam kedudukan yang betul dan tidak terganggu oleh bayang-bayang.
- Pastikan tiada halangan: Pokok atau struktur berdekatan tidak menghalang cahaya matahari secara berterusan.

2. Inverter

- Pemeriksaan Lampu Indikator: Pastikan inverter menunjukkan status operasi normal. Untuk kod warna atau lampu, rujuk manual pengeluaran.
- Pastikan Pengudaraan Baik: Untuk mengelakkan terlalu panas, inverter perlu diletakkan di tempat yang mempunyai jumlah pengudaraan yang mencukupi.
- Bersihkan Habuk: Lap permukaan luar inverter untuk memastikan haiwan kecil dan serangga tidak masuk ke dalam ruang komponen.
- Rekodkan Prestasi tenaga.

5 - PENYELENGGARAAN DAN PENJAGAAN SISTEM SOLAR

3. Bateri

- Pembersihan Terminal: Gunakan berus dan air suam atau larutan baking soda untuk membersihkan terminal bateri daripada kakisan.
- Kekalkan Suhu Sekitar Stabil: Pastikan bateri berada di tempat yang kering dan tidak terlalu panas.
- Jangan Biarkan Bateri Terlalu Kosong: Ini boleh mengurangkan jangka hayat bateri jika bateri dihidupkan sepenuhnya (deep discharge).

6 - ISU KESELAMATAN DALAM SISTEM SOLAR

6.1 Pengenalan

Sistem solar fotovoltaik (PV) menggunakan komponen elektrik berkuasa tinggi dan bahan kimia berbahaya (seperti yang terdapat dalam bateri), terutamanya jika ia beroperasi secara off-grid. Oleh itu, elemen keselamatan adalah penting untuk melindungi pemasang, pengguna dan sistem itu sendiri daripada kerosakan.

6.2 Risiko dalam Solar Photovoltaic (PV)

- **Risiko Terkena Kejutan Elektrik** : Panel solar dan bateri mempunyai voltan tinggi yang boleh menyebabkan kejutan elektrik yang berbahaya. Selagi terdapat cahaya matahari, sistem fotovoltaik boleh menghasilkan elektrik.
- Langkah-langkah keselamatan:
 - Semasa pemasangan dan penyelenggaraan, gunakan peralatan pelindung diri (PPE).
 - Pastikan MC4 connector dan alat keselamatan digunakan dengan betul.
 - Labelkan semua litar dan pastikan DC isolator, atau pemutus litar, berfungsi dengan baik.
- **Kebakaran**: Litar pintas dan kebakaran boleh berlaku akibat pendawaian yang salah, beban berlebihan, atau sambungan longgar. Bateri yang rosak atau terlalu panas juga boleh menyebabkan kebakaran.
- Langkah-langkah keselamatan:
 - Gunakan kabel yang sesuai dengan piawaian.
 - Tempatkan pemutus litar dan fius di lokasi yang strategik.
 - Elakkan sistem daripada suhu tinggi dan hujan.

6 - ISU KESELAMATAN DALAM SISTEM SOLAR

- **Risiko bateri (khususnya Asid Plumbum):** Bateri mengandungi asid sulfurik, yang jika terkena kulit atau mata boleh membahayakan.
- Jika tidak ada pengudaraan, gas hidrogen yang dikeluarkan boleh menyebabkan letupan.
- Langkah-langkah keselamatan:
 - Simpan bateri di tempat yang udaranya baik.
 - Semasa kendalian, gunakan sarung tangan dan cermin mata keselamatan.
 - Elakkan api atau rokok berdekatan dengan bateri.
- **Arka elektrik:** Berlaku apabila sambungan dibuka semasa aliran arus tinggi (terutamanya DC) masih berlaku.
- Boleh membawa kepada luka terbakar dan kerosakan kepada peralatan.
- Langkah-langkah keselamatan:
 - Gunakan suis pemutus arus.
 - Semasa sistem berfungsi, jangan cabut penyambung.

6.3 Langkah-langkah Kecemasan

- Sediakan alat pemadam api CO2 atau buih kering berdekatan dengan sistem.
- Di lokasi pemasangan, letakkan panduan keselamatan dan nombor kecemasan di hadapan orang ramai.
- Beri latihan kepada pemilik sistem atau pengguna tentang apa perlu dibuat jika berlaku kecemasan.

6 - ISU KESELAMATAN DALAM SISTEM SOLAR

- Ringkasan Strategi Keselamatan Terbaik

Jadual 6.1: Strategi Keselamatan Terbaik

Aspek yang Mempengaruhi	Langkah Keselamatan
Pemasangan	Gunakan alatan yang betul dan patuhi piawaian
Operasi	Tanpa PPE jangan sentuh bahagian aktif sistem.
Penyelenggaraan	Isolasi sistem sebelum kerja dimulakan
Bateri	Pengudaraan yang baik dan elakkan litar pintas
Pendidikan	Latihan keselamatan kepada pengguna

7- PENGURUSAN & PENGOPTIMUMAN SISTEM SOLAR

6.1 Pengurusan Sistem Tenaga Solar

Untuk memastikan sistem solar berfungsi dengan paling cekap, meningkatkan jangka hayatnya dan mengurangkan kos penyelenggaraan dalam jangka masa panjang, pengurusan dan pengoptimuman sistem adalah penting.

Pemantauan, rekod prestasi dan pencegahan masalah adalah semua elemen pengurusan yang baik.

Aspek penting dalam pengurusan ialah:

- Pemantauan berkala atau harian
 - Periksa output panel, tahap pengecasan bateri, dan status inverter.
 - Untuk mengesan prestasi dan isu awal gunakan sistem monitoring digital.
- Rekod Prestasi Sistem Solar PV
 - Semak voltan, arus dan kuasa setiap hari atau setiap minggu.
- Rekod untuk penyelenggaraan
 - Termasuk tarikh pembersihan panel dan maklumat tentang penyelenggaraan inverter dan bateri.
- Pengurusan Beban
 - Tentukan keutamaan anda untuk beban kritikal (seperti lampu dan peti sejuk) dan bukan kritikal (seperti TV dan pengecas telefon).
 - Untuk mengawal penggunaan waktu malam, gunakan timer atau switch manual.
- Penyelenggaraan rutin
 - Pastikan panel bersih dan periksa kabel dan sambungan secara berkala.
 - Periksa bateri untuk kakisan dan jika berkaitan, lihat tahap elektrolit.

7- PENGURUSAN & PENGOPTIMUMAN SISTEM SOLAR

6.2 Pengoptimuman untuk Sistem Solar PV

Tujuan pengoptimuman adalah untuk meningkatkan output dan kecekapan sistem sambil mengurangkan kos.

Metodologi pengoptimuman sistem Solar PV:

- **Lokasi dan Sudut Panel Solar**
 - Pastikan panel menghadap ke arah matahari yang paling tinggi biasanya ke arah selatan (*facing south*).
 - Sesuaikan sudut panel mengikut musim.
- **Kebersihan Panel**
 - Panel kotor boleh mengurangkan output sebanyak 20% sehingga 30%.
 - Bersihkan permukaan dengan selamat secara berkala.
- **Rekabentuk Sistem yang Sesuai**
 - Saiz sistem diukur berdasarkan kegunaannya.
 - Terlalu kecil sistem akan rosak dengan cepat manakala terlalu besar akan menjadi mahal.
 - Gunakan formula yang betul untuk mengira tenaga dan simpanan bateri.
 - Gunakan Pengecas Pintar.
- **Penggunaan *solar charge controller* yang lebih baik**
 - *Controller Maximum Power Point Tracking*, atau MPPT, mempunyai keupayaan untuk meningkatkan efisiensi pengecasan sehingga 30% berbanding PWM.
- **Mengurangkan kehilangan tenaga**
 - Untuk mengelakkan kehilangan voltan gunakan kabel yang sesuai.
 - Mengurangkan panjang kabel.

7 - PENGURUSAN & PENGOPTIMUMAN SISTEM SOLAR

6.2 Penilaian Prestasi Sistem

Output tenaga solar (kWh/kWp)

- Jumlah tenaga yang dihasilkan berdasarkan kapasiti sistem.
- Jumlah tenaga elektrik yang dihasilkan oleh sistem solar untuk setiap kilowatt puncak (kWp) kapasiti sistem dalam tempoh masa tertentu, diukur dalam kilowatt-jam atau kWh.
- Fungsi: Menunjukkan betapa berkesannya sistem untuk menghasilkan tenaga berdasarkan kapasiti terpasangnya.
- Sebagai contoh, jika sistem 1 kWp menghasilkan 4 kWh sehari, maka output = 4 kWh/kWp/hari.

Keupayaan bateri (Battery Efficiency)

- Peratusan tenaga yang boleh digunakan daripada bateri.
- Fungsi: Menilai jumlah tenaga yang dilepaskan oleh bateri dan cara ia disimpan. Penyimpanan yang lebih efisien mengurangkan kehilangan tenaga.

$$\text{Keupayaan bateri} = \frac{\text{Tenaga dikeluarkan}}{\text{Tenaga yang disimpan}} \times 100\%$$

- Contohnya, bateri menyimpan 5.0 kWh, tetapi hanya 4.2 kWh boleh digunakan (sama konsep DOD).
- *Dept of Discharge* (DOD) 84%: Bateri digunakan sebanyak 84% kapasiti penuhnya sebelum dicas semula.

7- PENGURUSAN & PENGOPTIMUMAN SISTEM SOLAR

Performance Ratio (PR)

- Nisbah antara tenaga elektrik sebenar yang dihasilkan oleh sistem dan tenaga teori yang sepatutnya dihasilkan oleh cahaya matahari
- Fungsi: Mengambil kira semua kehilangan sistem, termasuk suhu, kotoran, kabel, inverter dan bateri.

$$PR = \frac{E_{AC}}{P_{STC} \times H_{POA}}$$

E_{AC} ,Tenaga AC sebenar yang dijana (kWh)

P_{STC} ,Kapasiti sistem solar (kW) pada Standard Test Condition

H_{POA} ,Radiasi matahari pada permukaan panel (kWh/m²)

- **Kepentingan PR adalah:**
 - Bandingkan prestasi pelbagai sistem PV tanpa mengira cuaca atau lokasi.
 - Semak kerugian atau masalah tersembunyi.
 - Digunakan dalam analisis prestasi jangka panjang dan audit tenaga.

Latihan:

Satu istem solar 4.5 kWp dipasang di lokasi yang menerima 145 kilowatt jam setiap meter persegi radiasi matahari setiap bulan. Pada masa yang sama, sistem tersebut dapat menghasilkan tenaga elektrik sebanyak 560 kilowatt jam dalam bentuk arus ulang-alik (AC). Tentukan nilai PR bagi sistem solar tersebut.

8- ASPEK UNDANG-UNDANG & ETIKA DALAM TEKNOLOGI TENAGA

8.1 Pengenalan

Teknologi tenaga adalah termasuk tenaga yang boleh diperbaharui seperti solar, hidro, angin dan biojisim dan tenaga tradisional seperti bahan bakar fosil. Untuk mengawal pembangunan tenaga secara bertanggungjawab dan selamat, undang-undang dan etika adalah penting.

8.2 Aspek Undang-Undang

- Akta Suruhanjaya Tenaga 2001 (Akta 610)
 - Mengawal selia pembekalan tenaga elektrik dan gas.
- Akta Bekalan Elektrik 1990 (Akta 447)
 - Mengawal penjanaan, penghantaran & pengagihan tenaga elektrik.
- Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974 (Akta 127)
 - Menetapkan kawalan pencemaran daripada loji tenaga.
- Renewable Energy Act 2011 (Akta Tenaga Boleh Diperbaharui)
 - Memperkenalkan mekanisme seperti Feed-in Tariff (FiT) untuk menggalakkan penggunaan tenaga bersih.
- Akta Tenaga Boleh Baharu 2011 & Akta Pihak Berkuasa Pembangunan Tenaga Lestari 2011
 - Menubuhkan SEDA (Sustainable Energy Development Authority).

8.3 Polisi dan Rangka Kerja

- Dasar Tenaga Negara (DTN) 2022
 - Memastikan keselamatan tenaga, keterjangkauan dan kelestarian alam.
- Pelan Hala Tuju Peralihan Tenaga Negara (NETR)
 - Rancangan ke arah tenaga hijau dan neutral karbon menjelang 2050.

8- ASPEK UNDANG-UNDANG & ETIKA DALAM TEKNOLOGI TENAGA

8.4 Aspek Etika

- Cabaran Alam Sekitar
 - Etika pembangunan lestari: Mengurangkan pencemaran dan pelepasan karbon.
 - Kesan terhadap komuniti tempatan dan biodiversiti mesti diambil kira apabila menjana tenaga.
- Hak Asasi dan Kepentingan Komuniti
 - Projek tenaga seperti empangan harus menghormati hak komuniti Orang Asli dan penduduk setempat.
 - Rundingan awam dan keizinan termaklum (Free, Prior and Informed Consent - FPIC) adalah penting.
- Ketelusan dan Pengurusan
 - Ketelusan dalam kontrak dan pemberian lesen tenaga
 - Amalan untuk memerangi rasuah dalam industri tenaga.
- Tanggungjawab Korporat Sosial (CSR)
 - Industri tenaga digalakkan untuk menyumbang kepada pembangunan sosial dan pendidikan masyarakat.

8.5 Cabaran dan Masalah Semasa

- Ketidakseimbangan antara keperluan pembangunan alam sekitar dan keperluan pembangunan ekonomi
- Masalah teknologi tenaga hijau dengan perlombongan nadir bumi.
- Penyalahgunaan dan ketirisan subsidi tenaga

9- PROJEK AKHIR DAN PENILAIAN

Tajuk Projek Akhir : Reka Bentuk dan Pembangunan Sistem Solar Off-Grid untuk Beban Lampu dan Pengecas.

Objektif Projek:

1. Merancang sistem solar off-grid yang boleh menyokong beban lampu dan pengecas.
2. Mengira kapasiti bateri dan saiz panel solar yang sesuai.
3. Menilai kecekapan sistem dan kos keseluruhan.
4. Mengamalkan pemasangan dan penilaian sistem mengikut aspek keselamatan dan keberkesanan.

Skop Projek

Kumpulan anda dikehendaki:

1. Merancang sistem solar off-grid berdasarkan keperluan beban.
2. Mengira saiz bateri, panel solar dan pengawal caj.
3. Memasang sistem sebenar atau model simulasi.
4. Menguji dan mencatat prestasi sistem.
5. Menyediakan laporan lengkap dan pembentangan.

Hasil Kerja yang Diperlukan

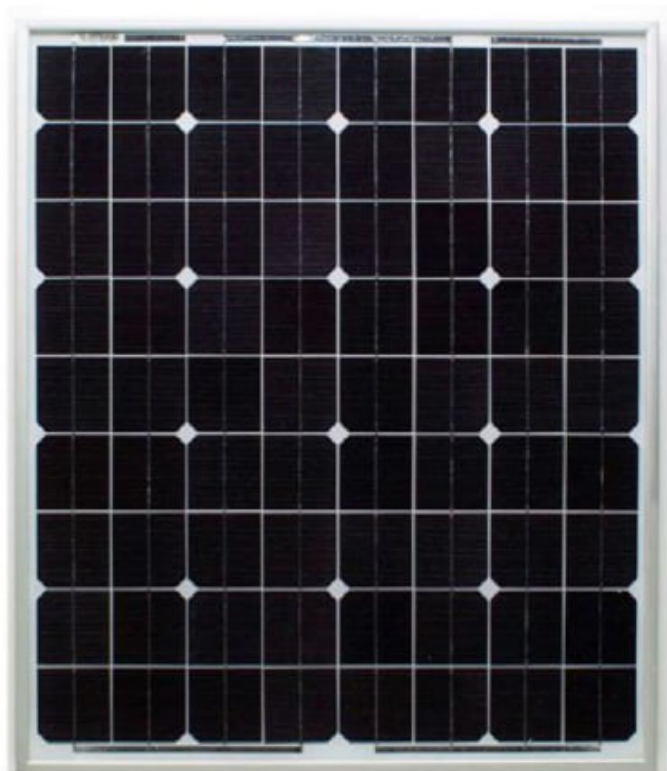
- Laporan Bertulis (dalam Word/PDF)
- Termasuk:
 - Pengiraan teknikal
 - Gambar/video pemasangan
 - Analisis prestasi
- Pemasangan Projek Fizikal
- Demonstrasi sistem yang siap dipasang
- Pembentangan (PowerPoint/Canva)
- 8–10 slaid yang merangkumi ringkasan projek.

RUJUKAN

1. SIRIM Berhad. (2018). MS 1837:2018 – Installation of grid-connected photovoltaic (PV) systems. Cyberjaya, Malaysia: Department of Standards Malaysia.
2. International Electrotechnical Commission. (2002). IEC 60364-7-712: Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems. Geneva, Switzerland: IEC.
3. National Fire Protection Association. (2023). NFPA 70: National Electrical Code (NEC), Article 690 – Solar Photovoltaic (PV) Systems. Quincy, MA: NFPA.
4. International Electrotechnical Commission. (2016). IEC 62548: Photovoltaic (PV) arrays – Design requirements. Geneva, Switzerland: IEC.
5. Sustainable Energy Development Authority (SEDA) Malaysia. (2014). Grid-connected photovoltaic (PV) system installation guideline for Malaysia. Putrajaya, Malaysia: SEDA.
6. ABB Group. (n.d.). DC components for photovoltaic applications. Retrieved from <https://www.abb.com>
7. Schneider Electric. (n.d.). DC breakers and protection devices for solar applications. Retrieved from <https://www.se.com>
8. Pekat Group. (n.d.). Off-grid. Pekat. <https://pekat.com.my/project-reference/off-grid/>
9. Offshore Energy. (2023, March 15). Malaysian firm makes its first foray into renewables with floating solar plant. <https://www.offshore-energy.biz/malaysian-firm-makes-its-first-foray-into-renewables-with-floating-solar-plant/>
10. Vidal, J. (2008, July 25). Renewable energy: The global race to tap the sun. The Guardian. <https://www.theguardian.com/environment/2008/jul/25/renewableenergy.alternativeenergy>
11. ESG Today. (2023, April 6). Amazon invests in over 100 new solar and wind projects over past year. <https://www.esgtoday.com/amazon-invests-in-over-100-new-solar-and-wind-projects-over-past-year/>
12. Utusan Borneo. (2020, January 13). Potensi perluas hidroelektrik rentas sempadan dikaji. <https://www.utusanborneo.com.my/2020/01/13/potensi-perluas-hidroelektrik-rentas-sempadan-dikaji>
13. JinkoSolar. (n.d.). Official website. <https://www.jinkosolar.com>
14. Vinci Biomass. (n.d.). Types of biomass. <https://my.vincibiomass.com/news/types-of-biomass-29388296.html>

SW50M-36

Monocrystalline 36 Cells 5W-50W



Mono Solar Panel Features



Widely using of the most popular and mature type of modules for solar system



High power output and highest conversion efficiency of 13.88%



Anti-reflective and anti-soiling surface reduces power loss from dirt and dust



Outstanding Performance in low-light irradiance environments



Excellent mechanical load resistance: Certified to withstand high wind loads (2400Pa) and Snow loads(5400Pa)



Positive power tolerance: 0~+5W



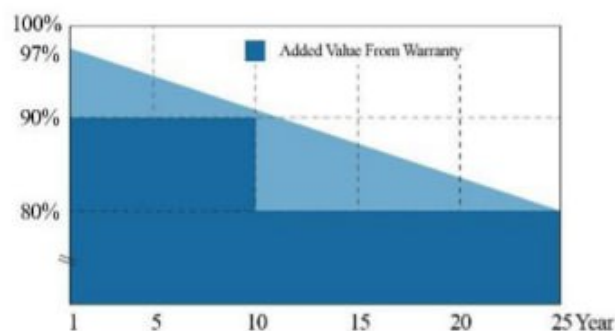
Warranty

12 years for product defects in materials & workmanship

10 years for 90% of warranted minimum power output

25 years for 80% of warranted minimum power output

25 years liner warranty



Reliable Quality

Positive power tolerance: 0~+5W

100% EL Double-inspection ensures modules are defects free

Modules Binned by Current to improve system performance

Potential induced Degradation (PID) Resistant

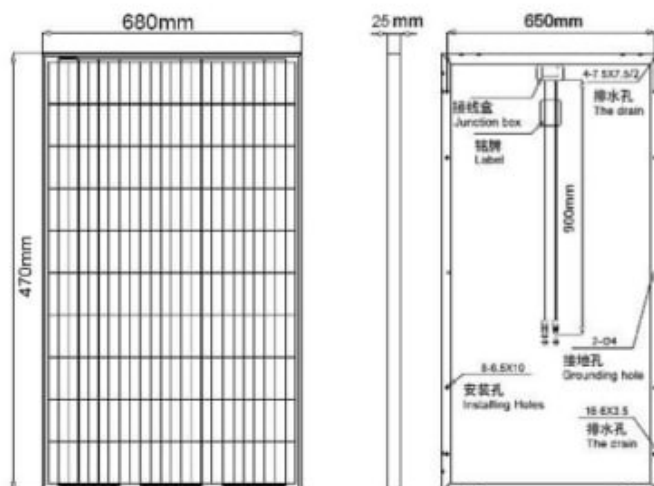
Mechanical parameters

Cell(mm)	156*156
Weight(kg)	4 kg
Glass Thickness	40/45/50mm
Dimensions (L*W*H)(mm)	470*680*25mm
Cable Cross Section Size (mm ²)	4
Cable Cross Section Length (mm)	900/1200
No. of Cells and Connections	36(4*9)
Junction Box	≥IP67
Connector	MC4 Compatible

Working Conditions

Maximum System Voltage	DC 1000V (IEC)
Operating Temperature	-40℃ ~ +85℃
Maximum Series Fuse	15A
Maximum Static Load, Front (e.g. snow and wind)	5000Pa (112 lb/ft ²)
Maximum Static Load, Back (e.g. wind)	2400Pa (50 lb/ft ²)
NOCT	45±2℃
Positive power tolerance	0 ~ +5W
Application Class	Class A

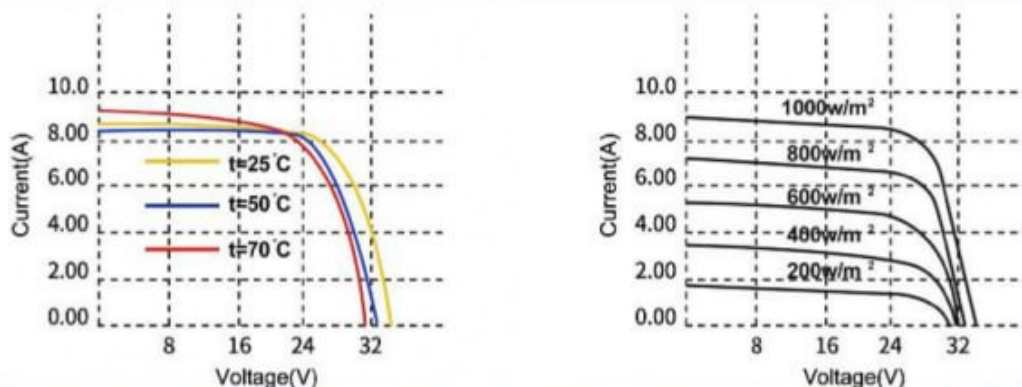
Engineering Drawings



Electrical Parameters

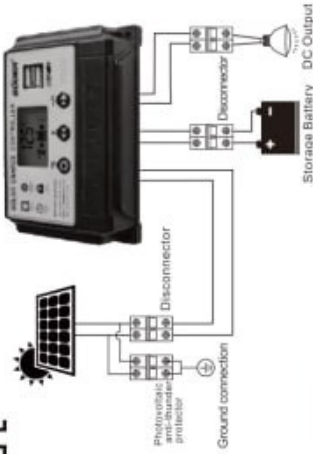
Module	SW5M-36 ~ SW50M-36					
Encapsulation	Class/Eva/Cell/Eva/Backsheet					
Maximum Power Pmax (W)	5	10	20	30	40	50
Maximum Power Voltage (Vmp/V)	18.50	18.50	18.50	18.50	18.50	18.2V
Maximum Power Current (Imp/A)	0.27	0.54	1.09	1.62	2.16	2.2A
Open Circuit Voltage (Voc/V)	22.20	22.20	22.20	22.20	22.20	22.2V
Short Circuit Current (Isc/A)	0.28	0.57	1.14	1.70	2.27	2.37A
Cell Efficiency(%)	10.20	11.80	12.90	13.30	13.90	15.00
Module Efficiency (%)	8.81	10.94	12.89	12.92	13.01	13.88
Power Tolerance (W)	0 ~ +5W					
Temperature Coefficient of Isc (αIsc)	+0.059%/℃					
Temperature Coefficient of Voc (βVoc)	-0.330%/℃					
Temperature Coefficient of Pmax (γPmp)	-0.410%/℃					
STC	Irradiance 1000W/m ² , Cell Temperature 25℃, Air Mass 1.5					

I-V Curve





<<Solar charging system connection diagram>>



FEATURES

1. Three battery charging settings have been preset (B01=Lead acid battery, B02=Lithium ion battery, B03=Lithium iron phosphate battery). According to the types of batteries, with power-off memory function, which can remember the settings when users power on next time.
2. Large-screen LCD display, charging and discharging parameters can be fully customized.
3. Adopt complete three phase PWM charge management (Constant current mode, constant voltage mode, Floating charge mode).
4. Built-in overcurrent (short circuit/open circuit) and battery reverse protection.
5. Double MOS tubes anti-reverse circuit protection, which prevents battery current from being caused power loss transferring to the solar cell at night.

ST-S Family: ST-S1210/ST-S1220/ST-S1230

Technical Parameter

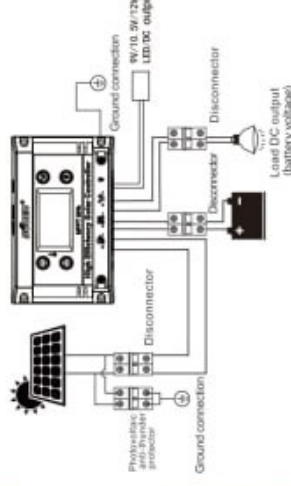
Model	ST-S1210	ST-S1220	ST-S1230
System voltage	12V/24V		
Maximum input voltage	<50V		
Rated current	10A	20A	30A
External 12V battery recommended Solar panel specification	100W/18V	200W/18V	300W/18V
External 24V battery recommended Solar panel specification	100W/36V	200W/36V	300W/36V
External battery	12V 100-150Ah	12V 100-150Ah	12V 100-150Ah
	24V 100-150Ah	24V 100-150Ah	24V 100-150Ah
Battery Type	B01=Lead Acid Battery 12V		
	B02=Lithium-ion battery 3 series 3.7V=11.1V		
	B03=Lithium iron phosphate battery 4 series 3.2V=12.8V		
Charging voltage	*14.3V(B01)	*12.6V(B02)	*14.6V(B03)
Low-voltage cut-off voltage	*10.7V(B01)	*9V(B02)	*10V(B03)
Low power recovery voltage	*12.6V(B01)	*10.5V(B02)	*12V(B03)
USB output	5V/2A		
Standby current	<10mA		
Working temperature	-35 ~ +60℃		

56

MPPT



<<Solar charging system connection diagram>>



FEATURES

1. Max output voltage of solar panel: 50V
2. Regulatory mechanism of temperature compensation Auto regulate the charging voltage according to the temperature sensors
3. Built-in 2 USB 5V 2.1A charging interfaces
4. Auto identify system voltage of 12V/24V
5. LED luminance can be adjusted

Technical Parameter

Function	Model	ST-H1230
To adapt to the battery voltage	12V/24V Adaptive (Battery <16V, 12V System, Battery >18V, 24V System)	
Rating charger voltage	50V	
Rating charger current	30A	
Recommended power of solar panel	12V Open-loop Voltage 18-24V Standard Solar Panel 150W*1 24V Open-loop Voltage 36-48V Standard Solar Panel 300W*1	
Recommended number of solar panels	3 Pieces in parallel	
Charging way	Intelligent Charging MPPT Maximum Power Point tracking	
Constant voltage charging voltage	Default: 14.2V (24V battery *2) parameters can be set in menu /Quick switch available	
Constant current charging current	30A	
Under-voltage protection voltage	Default: 10.5V (24V Battery *2) parameters can be set and adjusted in menu	
One pressure recovery voltage	Default: 12.5V (24V Battery *2) parameters can be set and adjusted in menu	
Battery charge voltage summer and winter automatic temperature compensation	32 mV/°C @ 24 V	
Load overload automatic Recovery time	30S	
DC output	5V2.1A	
Double USB output	9V/10.5V/12V 1A	
Stand-by power consumption	<20mA	
Operating temperature range	-20℃ ~ 55℃	

ST-H-series



FEATURES

- Efficiency is more than 91%, with digital display.
- Low leakage current, less than 90 microamperes
- Intelligent speed-regulating fan: The fan with output power greater than 50W or temperature in the machine over 50°C rotates fast, otherwise it rotates slowly.
- Multiple protection: Input undervoltage protection/ Input overvoltage protection/Overload protection/Overheat protection/Short circuit protection
- Applications: Vehicles and yachts; Home appliances, office and portable equipment, etc.
- AC charging current (only FPC-1000CL)

<<Special applicable for inductive loads.



>>FPC-300AL/BL, FPC-500AL/BL<<



>>FPC-1500AP<<

Technical Parameter

Model	FPC-300AL	FPC-500AL	FPC-500BL	FPC-1000AP	FPC-1000BP	FPC-1000CL	FPC-1500AP	FPC-1500BP
Rated Battery Voltage	12VDC	12VDC	24VDC	12VDC	24VDC	12VDC	12VDC	24VDC
Rated current	32A	50A	25A	100A	50A	100A	150A	75A
No-load current	≤600mA	≤600mA	≤300mA	≤1000mA	≤500mA	≤1000mA	≤1000mA	≤500mA
Efficiency	≥89%	≥89%	≥91%	≥90%	≥90%	≥90%	≥90%	≥90%
Battery Type	Liquid acid Battery	Liquid acid Battery	Liquid acid Battery	Liquid acid Battery	Liquid acid Battery	Liquid acid Battery	Liquid acid Battery	Liquid acid Battery
Rated power	300W	500W	500W	1000W	1000W	1000W	1200W	1200W
AC Voltage	220V/110V	220V/110V	220V/110V	220V/110V	220V/110V	220V/110V	220V/110V	220V/110V
Frequency	50HZ/60HZ	50HZ/60HZ	50HZ/60HZ	50HZ/60HZ	50HZ/60HZ	50HZ/60HZ	50HZ/60HZ	50HZ/60HZ
Waveform	Pure Sine Wave	Pure Sine Wave	Pure Sine Wave	Pure Sine Wave	Pure Sine Wave	Pure Sine Wave	Pure Sine Wave	Pure Sine Wave
Power factor	/	/	/	/	/	/	/	/
Current	/	/	/	/	/	/	/	/
Low Voltage Alarm	10-10.5V	10-10.5V	20-21V	10-10.5V	10-10.5V	10-10.5V	10-10.5V	20-21V
Battery under-voltage shutdown	9.5-10V	9.5-10V	19-20V	9.5-10V	9.5-10V	9.5-10V	9.5-10V	19-20V
Battery Low Voltage Recovery	11.5-12V	11.5-12V	23-24V	11.5-12V	11.5-12V	11.5-12V	11.5-12V	23-24V
Battery Overvoltage Protection	15-15.5V	15-15.5V	30-31V	15-15.5V	15-15.5V	15-15.5V	15-15.5V	30-31V
Battery Voltage Recovery	14-14.5V	14-14.5V	28-29V	14-14.5V	14-14.5V	14-14.5V	14-14.5V	28-29V
Reverse connection protection	YES	YES	YES	NO	NO	NO	NO	NO
Output Short	/	/	/	/	/	/	/	/
Overload protection	/	/	/	/	/	/	/	/
Overtemperature	/	/	/	/	/	/	/	/
Working environment temperature	/	/	/	/	/	/	/	/
Working humidity	/	/	/	/	/	/	/	/
Storage temperature	/	/	/	/	/	/	/	/



>>FPC-1000AP/BP
FPC-2000AP/BP
FPC-3000AP/BP<<

FEATURES

- Efficiency is more than 90%.
- Low leakage current, less than 90 microamperes
- Intelligent speed-regulating fan: The intelligent speed-adjusting fan does not rotate at no-load, the fan rotates slowly when the load reaches more than 5%, and the fan rotates quickly when the load reaches more than 55% or the temperature exceeds 60°C
- Multiple protection: Input undervoltage protection/ Input overvoltage protection/Overload protection/Overheat protection/Short circuit protection
- Applications: Vehicles and yachts; Home appliances, office and portable equipment, etc.
- AC charging current (only FPC-2000CL, 3000CL)



>>FPC-2000CL
FPC-3000CL<<

Technical Parameter

Model	FPC-2000AP	FPC-2000BP	FPC-2000CL	FPC-3000AP	FPC-3000BP	FPC-3000CL
Rated Battery Voltage	12VDC	24VDC	12VDC	12VDC	24VDC	12VDC
Rated current	200A	100A	200A	300A	150A	150A
No-load current	≤1300mA	≤700mA	≤1500mA	≤1500mA	≤750mA	≤750mA
Efficiency	≥88%	≥88%	≥88%	≥88%	≥88%	≥88%
Battery Type	Liquid acid Battery	Liquid acid Battery	Liquid acid Battery	Liquid acid Battery	Liquid acid Battery	Liquid acid Battery
Rated power	2000W	2000W	2000W	3000W	3000W	3000W
AC Voltage	220V/110V	220V/110V	220V/110V	220V/110V	220V/110V	220V/110V
Frequency	50HZ/60HZ	50HZ/60HZ	50HZ/60HZ	50HZ/60HZ	50HZ/60HZ	50HZ/60HZ
Waveform	Pure Sine Wave	Pure Sine Wave	Pure Sine Wave	Pure Sine Wave	Pure Sine Wave	Pure Sine Wave
Power factor	/	/	/	/	/	/
Current	/	/	/	/	/	/
Low Voltage Alarm	10-10.5V	20-21V	10-10.5V	10-10.5V	20-21V	10-10.5V
Battery under-voltage shutdown	9.5-10V	19-20V	9.5-10V	9.5-10V	19-20V	9.5-10V
Battery Low Voltage Recovery	11.5-12V	23-24V	11.5-12V	11.5-12V	23-24V	11.5-12V
Battery Overvoltage Protection	15-15.5V	30-31V	15-15.5V	15-15.5V	30-31V	15-15.5V
Battery Voltage Recovery	14-14.5V	28-29V	14-14.5V	14-14.5V	28-29V	14-14.5V
Reverse connection protection	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Output Short	/	/	/	/	/	/
Overload protection	/	/	/	/	/	/
Overtemperature	/	/	/	/	/	/
Working environment temperature	/	/	/	/	/	/
Working humidity	/	/	/	/	/	/
Storage temperature	/	/	/	/	/	/

MODUL SOLAR PV

Renewable Energy Technology – Sistem Solar Fotovolta (Off-Grid)

Modul Solar PV Renewable Energy Technology – Sistem Solar Fotovolta (Off-Grid) ini dibangunkan sebagai satu inisiatif pendidikan bagi memperkenalkan konsep, komponen, dan aplikasi teknologi tenaga solar kepada pelajar dan golongan berkepentingan. Berfokus kepada sistem solar fotovolta yang beroperasi secara bebas daripada grid elektrik konvensional, modul ini menyediakan asas pengetahuan dan kemahiran praktikal yang relevan dengan keperluan semasa industri tenaga boleh diperbaharui. Melalui pendekatan yang interaktif dan berasaskan amali, peserta akan didedahkan kepada struktur sistem off-grid, fungsi setiap komponen utama, serta teknik asas pemasangan dan penyelenggaraan sistem. Modul ini juga bertujuan menyemai kesedaran tentang kepentingan tenaga bersih, sejajar dengan usaha global dan nasional ke arah pembangunan mampan dan teknologi hijau. Sebagai sumber pembelajaran fleksibel, modul ini sesuai digunakan dalam sesi pembelajaran formal, latihan teknikal, mahupun secara sendiri, menjadikannya platform ideal untuk menyokong pembelajaran abad ke-21 dan Revolusi Industri 4.0 dalam bidang kejuruteraan tenaga.

Hak Cipta © 2025 Kolej Komuniti Beaufort
Tel: 087-212528 / 529

Email: adminkkbs@kkbeaufort.edu.my

Laman sesawang: <https://kkbeaufort.mypolycc.edu.my/>

e ISBN 978-629-95005-5-1

