

**PROTOTIPE SISTEM PENDINGIN (*FREEZER*) IKAN BERBASIS  
ENERGI SURYA (*PHOTOVOLTAIC*) PADA KAPAL NELAYAN**

**SKRIPSI**



**JUARNI**

**D33114008**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2021**

**PROTOTIPE SISTEM PENDINGIN (*FREEZER*) IKAN  
BERBASIS ENERGI SURYA (*PHOTOVOLTAIC*) PADA KAPAL  
NELAYAN**

**SKRIPSI**

*Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*



**JUARNI**

**D33114008**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

Judul Skripsi : Prototipe Sistem Pendingin (*Freezer*) Ikan  
Berbasis Energi Surya (*Photovoltaic*) Pada  
Kapal Nelayan

Nama Mahasiswa : Juarni

Stambuk : D33114008

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Menyetujui:

Pembimbing-I



Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Eng.  
NIP. 19810211200501 1 003

Pembimbing II



Ir. Sverly Klara, MT.  
NIP.196405011990022001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Sistem

Perkapalan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Eng.  
NIP. 19810211200501 1 003

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul skripsi : Prototipe Sistem Pendingin (Freezer) Ikan Berbasis Energi  
Surya (Photovoltaic) Pada Kapal Nelayan .  
Nama Mahasiswa : Juarni  
NIM : D33114008

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh Panitia Ujian Sarjana Program Strata Satu (S1) Teknik Sistem Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 10 Agustus 2021.

### Panitia Ujian Sarjana

Ketua : Dr. Eng Faisal Mahmudin S.T., M.Eng. :   
Sekretaris : Ir. Syerly Klara, MT. :   
Anggota : Andi Husni Sitepu, ST.,MT. :   
: Dr. Eng. Erwin Eka Putra, ST.,MT. : 

**PERNYATAAN KEASLIAN**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Juarni  
NIM : D331 14 008  
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul Prototipe Sistem Pendingin (*Freezer*) Ikan Berbasis Energi Surya (*Photovoltaic*) Pada Kapal Nelayan adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya tersebut.

Makassar, 08 Agustus 2021

Yang menyatakan



(Juarni)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Prototipe Sistem Pendingin (*Freezer*) Ikan Berbasis Energi Surya (*Photovoltaic*) Pada Kapal Nelayan”. Tujuan penulisan ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dalam jenjang perkuliahan Strata I di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Terselesainya skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dorongan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

1. Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech., M.Eng. selaku pembimbing I yang selalu bersedia meluangkan waktu ditengah-tengah kesibukan beliau dan juga atas masukan dan nasehat-nasehat selama proses penulisan skripsi ini.
2. Ir. Syerly Klara, MT. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan selama proses penulisan skripsi ini.
3. Andi Husni Sitepu, ST., MT. dan Dr.Eng Andi Erwin Eka Putra, ST., MT. selaku tim penguji atas saran dan masukannya untuk kesempurnaan skripsi ini.

4. Surya Hariyanto, ST., MT. selaku Pembimbing Akademik yang selalu mengarahkan dan memberi nasehat bijak selama menempuh pendidikan.
5. Seluruh dosen dan staff pengajar yang telah mengabdikan diri untuk menjadi pengajar ilmu di Program Studi Teknik Sistem Perkapalan Universitas Hasanuddin : Ir. Zulkifli, MT; Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl. Ing; Baharuddin, ST., MT; M. Rusdy Alwi, ST., MT; Hasnawiyah Hasan, ST., M.Eng; Rahimuddin, ST., MT; Haryanti Rivai, ST., MT., Ph.D; Dr. Andi Haris Muhammad, ST., MT
6. Ungkapan terima kasih yang mendalam untuk Ayah dan Ibu serta saudara-saudariku Ramly; Octavianus Sumule; Akbar; Juharty; Ummaliani; Annisa Anugrah dan Shifah Al Gifari.
7. Rekan-rekan S1 Teknik Sistem Perkapalan 2014 khususnya Nurmainnah, Mardiyansyah, Jeryls, Miftahul Arzaq dan Muhammad Baharuddin Arif Aswar.
8. Rekan-rekan Labo Sistem Bangunan Laut.
9. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga amal, bantuan, bimbingan dan doa yang telah diberikan, mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis

berharap semoga apa yang telah penulis selesaikan ini bermanfaat bagi kita semua. Aamiin

Makassar, Agustus 2021

Juarni

**PROTOTIPE SISTEM PENDINGIN (*FREEZER*) IKAN BERBASIS  
ENERGI SURYA (*PHOTOVOLTAIC*) PADA KAPAL NELAYAN**

**Nama Mahasiswa : Juarni**  
**NIM : D331 14 008**  
**Departemen : Teknik Sistem Perkapalan**  
**Pembimbing I : Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Eng.**  
**Pembimbing II : Ir. Syerly Klara, MT.**

**Abstrak**

Konsumsi bahan bakar fosil sebagai sumber energi saat ini masih menjadi prioritas utama. Semakin menurunnya cadangan sumber bahan bakar fosil sebagai bahan bakar pembangkit listrik serta konsumsi yang terus meningkat membuat para ahli memikirkan dan mencari sumber-sumber energi alternatif serta menciptakan teknologi baru yang dapat menggantikan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Oleh karena itu, pada saat ini berbagai riset telah dilakukan di berbagai negara maju untuk mengurangi emisi gas buang dengan menghemat penggunaan bahan bakar fosil, salah satu diantaranya adalah penggunaan sistem photovoltaic. Dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sebuah protipe sistem pendingin ikan yang dapat digunakan para nelayan agar ikan hasil tangkapan tetap segar sampai didarat dan bagaimana performa dari sistem pendingin yang telah dibuat. Dan COP dari sistem pendingin yang telah dibuat adalah 5,17 jadi sistem pendingin ini efisien untuk digunakan.

**Kata Kunci : Energi, Freezer, Photovoltaic, Kapal Ikan, COP**

**PROTOTYPE OF SOLAR ENERGY-BASED (PHOTOVOLTAIC) FISH  
COOLING SYSTEM (FREEZER) ON FISHING VESSELS**

**Name** : Juarni  
**NIM** : D331 14 008  
**Department** : Marine System Engineering  
**Supervisor I** : Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Eng.  
**Supervisor II** : Ir. Syerly Klara, MT.

**ABSTRACT**

Consumption of fossil fuels as an energy source is currently still a top priority. The decreasing reserves of fossil fuel sources as fuel for power generation and increasing consumption make experts think and look for alternative energy sources and create new technologies that can replace fossil fuels as fuel for power generation. Therefore, at this time various studies have been carried out in various developed countries to reduce exhaust emissions by saving on the use of fossil fuels, one of which is the use of photovoltaic systems. And the purpose of this research is to make a prototype of a fish cooling system that can be used by fishermen to keep the fish caught fresh until they land and how the performance of the cooling system that has been made. And the COP of the cooling system that has been made is 5.17 so this cooling system is efficient to use.

**Keywords:** Energy, Freezer, Photovoltaic, Fishing Vessel, COP

## DAFTAR ISI

SAMPUL	
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
Abstrak .....	vii
ABSTRACT .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR SIMBOL .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1 Latar belakang .....	1
I.1 Rumusan Masalah.....	3
I.2 Batasan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	4
I.4 Manfaat Penelitian.....	4
I.5 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
II.1 Kapal Ikan.....	6
II.2 Sistem Pendingin.....	6
II.2.1 Pengertian Sistem Pendingin .....	6
II.2.2 Bagian-bagian sistem pendingin .....	7

II.2.3 Cara Kerja Kulkas .....	11
II.3 Tenaga Surya .....	13
II.3.1 Pengertian Panel Surya ( <i>Photovoltaic</i> ).....	15
II.3.2 Jenis-jenis Panel Surya ( <i>Photovoltaic</i> ).....	16
II.3.3 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	18
II.3.4 Prinsip Kerja Panel Surya ( <i>Photovoltaic</i> ).....	22
II.3.5 Karakteristik Energi Panel Surya .....	24
BAB III METODE PENELITIAN .....	27
III.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	27
III.2 Metode Penelitian .....	27
III.3 Data Ketebalan Material.....	28
III.4 Sketsa Penampang.....	29
III.5 Kerangka Pemikiran.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	32
IV.1 Peralatan, Komponen Sistem, dan Bahan .....	32
IV.1.1 Prototipe Sistem Pendingin .....	32
IV.1.2 Peralatan dan Langkah Pemasangan Panel Surya .....	33
IV.1.3 Komponen Sistem.....	37
IV.1.4 Bahan .....	41
IV.1.5 Langkah-langkah Pembuatan Sistem Pendingin ( <i>Freezer</i> ).....	43
IV.2 Sistem Kerja Rangkaian.....	45
IV.3 Hasil Pengujian Pada Sistem Pendingin .....	46
IV.4 Efektivitas Kotak Sistem Pendingin .....	49
BAB V PENUTUP.....	51
V.1 KESIMPULAN.....	51

V.2 SARAN .....	52
DAFTAR PUSTAKA .....	53
Lampiran 1. Proses pemasangan rangkaian pada saat akan melakukan pengisian battery	
Lampiran 2. Proses pembuatan kotak pendingin	
Lampiran 3. Proses pemasangan rangkaian sistem	
Lampiran 2. Hasil pengukuran suhu setiap 30 menit	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kompresor .....	8
Gambar 2. 2 Kondensor .....	8
Gambar 2. 3 Filter .....	9
Gambar 2. 4 Evaporator .....	9
Gambar 2. 5 Thermostat.....	10
Gambar 2. 6 Refrigerant.....	11
Gambar 2. 7 Sistem Kerja Lemari Pendingin.....	12
Gambar 2. 8 Modul Surya .....	15
Gambar 2. 9 Sistem PLTS yang Berdiri Sendiri ( <i>Stand Alone</i> ) .....	17
Gambar 2. 10 Sistem PLTA <i>Grid Connection</i> .....	18
Gambar 2. 11 Output Gelombang Inverter.....	20
Gambar 2. 12 Struktur Solar Charge Controller .....	21
Gambar 2. 13 Sambungan Semikonduktor Terkena Cahaya Matahari.....	22
Gambar 2. 14 Lapisan Panel Surya.....	23
Gambar 2. 15 Kurva Karakteristik I-V Sel Surya.....	24
Gambar 2. 16 Kurva Karakteristik Pengaruh Intensitas Matahari Terhadap Kurva I-V .....	25
Gambar 2. 17 Kurva Karakteristik Pengaruh Intensitas Temperatur Terhadap Kurva I-V .....	26
Gambar 3. 1 Kapal Model.....	28
Gambar 3. 2 Sketsa Sistem Pendingin .....	29
Gambar 3. 3 Sketsa Penampang .....	30

Gambar 4. 1 Sistem Pendingin .....	33
Gambar 4. 2 Panel Surya.....	34
Gambar 4. 3 Battery.....	35
Gambar 4. 4 Inverter.....	35
Gambar 4. 5 Solar Charge Controller .....	36
Gambar 4. 6 Digital Multimeter .....	36
Gambar 4. 7 Kompresor .....	38
Gambar 4. 8 Kondensor .....	39
Gambar 4. 9 Filter dan Pipa Kapiler .....	39
Gambar 4. 10 Evaporator .....	40
Gambar 4. 11 Thermostat.....	41
Gambar 4. 12 Refrigerant.....	41
Gambar 4. 13 Skema Sistem Kerja Rangkaian .....	45
Gambar 4. 14 Grafik Hasil Percobaan .....	48

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data Utama Kapal .....	29
Tabel 3. 2 Ketebalan Material Sistem Pendingin .....	30
Tabel 3. 3 Ukuran Kotak Sistem Pendingin .....	30
Tabel 4. 1 Tabel Bahan Pembuatan Kotak Pendingin .....	42
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Suhu Pada Percobaan Pertama.....	47
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Suhu Pada Percobaan Kedua .....	47
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Suhu Pada Percobaan Ketiga.....	48

## DAFTAR SIMBOL

<u>Simbol</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Satuan</u>
$\Delta t$	= Perbedaan suhu awal dan akhir	( $^{\circ}\text{C}$ )
$\dot{m}$	= Laju aliran pendinginan refrigerant	(kg/s)
$DC$	= Arus Listrik Searah	(Ampere)
$AC$	= Arus Listrik Bolak-balik	(Ampere)
$W$	= Usaha	(kj/kg)
$h$	= Entalpi	(kj/kg)
$COP$	= Coeficient of performance	
$Q$	= Kalor yang dilepas atau diserap	(Kkal)
$m$	= Massa	(kg)
$c$	= Panas spesifik	(kkal/ kg $^{\circ}\text{C}$ )
$P$	= Tekanan	(bar)

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar belakang**

Konsumsi bahan bakar fosil sebagai sumber energi saat ini masih menjadi prioritas utama. Konsumsi yang berlebihan dan ketergantungan pada sumber bahan bakar fosil akan menimbulkan kelangkaan dikarenakan pembentukannya yang membutuhkan waktu yang sangat lama. Penggunaan bahan bakar fosil juga merupakan salah satu penyebab global warming dan hujan asam akibat emisi gas yang dihasilkan dan dibuang ke lingkungan.

Semakin menurunnya cadangan sumber bahan bakar fosil sebagai bahan bakar pembangkit listrik serta konsumsi yang terus meningkat membuat para ahli memikirkan dan mencari sumber-sumber energi alternatif serta menciptakan teknologi baru yang dapat menggantikan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Oleh karena itu, pada saat ini berbagai riset telah dilakukan di berbagai negara maju untuk mengurangi emisi gas buang dengan menghemat penggunaan bahan bakar fosil, salah satu diantaranya adalah penggunaan sistem photovoltaic.

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atas matahari atau sol karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel photovoltaik, photovoltaik dapat diartikan sebagai "cahaya-listrik". Sel surya atau sel photovoltaik bergantung pada efek photovoltaik untuk

menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan.

Sekarang ini biaya panel listrik surya membuatnya tidak praktis untuk penggunaan sehari-hari di mana tenaga listrik "kabel" telah tersedia. Bila biaya energi naik dalam jangka tertentu, atau bila penerobosan produksi terjadi yang mengurangi ongkos produksi panel surya, ini tidak akan terjadi dalam waktu dekat.

Salah satu sumber energi yang berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia adalah sel surya dengan generator. Hal ini dikarenakan letak geografis Indonesia yang berada pada daerah khatulistiwa, sehingga wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10-12 jam dalam sehari. Potensi sumber energi matahari di Indonesia mencapai rata-rata 4,5 kWh per meter persegi per hari, matahari bersinar berkisar 2000 jam per tahun, sehingga Indonesia tergolong kaya sumber energi matahari (Putri dkk, 2016).

Sistem pendingin pada kapal nelayan tradisional masih cenderung konvensional yang mengakibatkan kondisi ikan hasil tangkapan nelayan harus segera dibawa ke daratan. Maka perlunya sebuah sistem pendingin yang optimal dan juga rama terhadap lingkungan. Sistem pendingin (*freezer*) menjadi salah satu opsi yang dapat digunakan, adapun sumber energy yang dapat digunakan untuk pengoperasiannya adalah dengan menggunakan *photovoltaic*. Selain penggunaan dan pengaplikasian photovoltaic yang cenderung lebih mudah dibandingkan

energy terbarukan yang lain, photovoltaik sangat memungkinkan diterapkan pada perahu nelayan.

Oleh karena itu akan dibuat sebuah sistem pendingin (*freezer*) ikan pada kapal nelayan yang dapat digunakan untuk mendinginkan ikan hasil tangkapan para nelayan agar kualitas dan mutu ikan ketika berada di lautan sampai dibawah ketempat penjualan ikan dalam keadaan segar, sehingga harga yang ditawarkan lebih tinggi untuk hasil tangkapan yang masih segar.

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis akan meneliti mengenai ***“Prototipe Sistem Pendingin (Freezer) Ikan Berbasis Energi Surya (Photovoltaic) pada Kapal Nelayan”***.

## **I.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana membuat sebuah prototipe sistem pendingin pada kapal nelayan menggunakan tenaga surya?
2. Bagaimana performa penggunaan sistem pendingin pada kapal nelayan menggunakan energi dari tenaga surya?

## **I.3 Batasan Masalah**

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan, sehingga tujuan penelitian akan tercapai . Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapal nelayan.

2. Penelitian ini diperuntuhkan untuk membuat sebuah prototipe sistem pendingin (*freezer*) ikan pada kapal nelayan dengan bantuan energi surya.

#### **I.4 Tujuan Penelitian**

1. Untuk membuat sebuah prototipe sistem pendingin (*freezer*) ikan pada kapal nelayan dengan menggunakan tenaga surya.
2. Untuk mengetahui performa penggunaan prototipe sistem pendingin pada kapal nelayan.

#### **I.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui bagaimana membuat sebuah prototipe sistem pendingin (*freezer*) ikan pada kapal nelayan dengan menggunakan tenaga surya.
2. Untuk mengetahui performa penggunaan prototipe sistem pendingin pada kapal nelayan.

#### **I.6 Sistematika Penulisan**

##### **BAB I: PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisi konsep dasar penyusunan skripsi yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

##### **BAB II: TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan diuraikan waktu dan lokasi penelitian, tahapan atau prosedur penelitian, alat yang digunakan, serta kerangka pikir.

#### **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan menyajikan data-data yang telah diperoleh, proses pengolahan data serta hasil pengolahan data.

#### **BAB V : PENUTUP**

Pada bab ini akan menyajikan secara singkat kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan dan juga memuat saran-saran bagi pihak yang berkepentingan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Kapal Ikan**

Kapal ikan didefinisikan sebagai kapal atau perahu atau alat apung yang digunakan untuk melakukan kegiatan penangkapan ikan termasuk melakukan survei atau eksplorasi perikanan. Kapal penangkap ikan adalah kapal yang secara khusus dipergunakan untuk menangkap ikan termasuk menampung, menyimpan, mendinginkan atau mengawetkan. Kapal pengangkut ikan adalah kapal yang secara khusus dipergunakan untuk mengangkut ikan termasuk memuat, menampung menyimpan, mendinginkan atau mengawetkan. Berdasarkan definisi-definisi tersebut diatas, maka dapat diketahui bahwa kapal ikan sangat beragam dari kekhususan penggunaannya hingga ukurannya. Kapal-kapal ikan tersebut terdiri dari kapal atau perahu berukuran kecil berupa perahu sampan (perahu tanpa motor) yang digerakkan dengan tenaga dayung atau layar, perahu motor tempel yang terbuat dari kayu hingga pada kapal ikan berukuran besar yang terbuat dari kayu, *fiberglass* maupun besi baja dengan tenaga penggerak mesin diesel. Jenis dan bentuk kapal ikan ini berbeda sesuai dengan tujuan usaha, keadaan perairan, daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) dan lain-lain, sehingga menyebabkan ukuran kapal yang berbeda pula (Purbayanto dkk, 2004).

#### **II.2 Sistem Pendingin**

##### **II.2.1 Pengertian Sistem Pendingin**

Sistem pendingin adalah sebuah alat elektronik dan menggunakan sistem refrigasi untuk mendinginkan suhu dalam ruang pendingin tersebut. Sistem

pendingin banyak digunakan untuk mendinginkan, membekukan, hingga mengawetkan makanan.

Seberapa besar suhu atau seberapa dingin kotak pendingin dapat diatur menggunakan kontrol yang tersedia. Biasanya untuk suhu -18 derajat celsius digunakan untuk membekukan makanan. Selanjutnya suhu 4 hingga 0 derajat celsius untuk mengawetkan daging. Dan 10 derajat celsius untuk menaruh makanan seperti sayur, kue, telur dan lain sebagainya.

### **II.2.2 Bagian-bagian sistem pendingin**

Perlu diketahui bahwa dalam sebuah sistem pendingin terdapat beberapa bagian-bagian penting mulai dari kompresor, kondensor, filter, evaporator, heater, fan motor, protector, dan masih banyak lagi yang lain. Berikut ini pemaparan satu per satu fungsi dari masing-masing bagian yang ada pada sebuah sistem pendingin.

#### **1. Kompresor**

Salah satu bagian terpenting dalam sebuah sistem pendingin adalah kompresor. Kompresor merupakan bagian dari sistem pendingin yang berfungsi memompa bahan pendingin ke seluruh bagian yang ada dalam sistem pendingin. Bahan pendingin yang dimaksud adalah gas refrigerant. Selain memompa, kompresor juga bisa bekerja dengan sistem menekan dan menghisap.

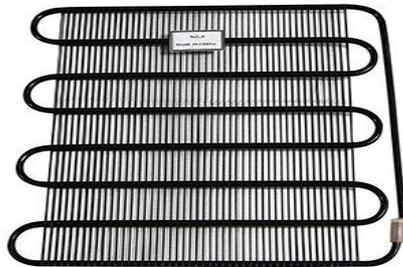


Gambar 2. 1 Kompresor

(<https://www.google.com/search?q=gambar+kompresor+kulkas>)

## 2. Kondensor

Kondensor adalah alat yang berfungsi sebagai penukar kalor yang menurunkan temperatur refrigerant dari yang awalnya gas menjadi cair. Bagian ini terdiri dari coil dan fan. Fan atau kipas yang ada pada kondensor ini berfungsi untuk menghilangkan panas pada refrigerant dengan cara meniupnya.



Gambar 2. 2 Kondensor

(<https://www.google.com/search?q=kondensor+kulkas>)

## 3. Filter

Filter atau receiver drier merupakan bagian dalam sistem pendingin yang mempunyai fungsi membersihkan bahan pengering dan menyaring benda-benda asing termasuk uap air dari sirkulasi refrigerant. Selain itu filter juga berfungsi memisahkan gelembung gas dengan cairan refrigerant.



Gambar 2. 3 Filter

(<https://www.google.com/search?q=filter+pada+kulkas>)

#### 4. Evaporator

Dalam sebuah sistem pendingin, evaporator mempunyai fungsi mengubah cairan pendingin kembali menjadi gas agar dapat dihembuskan ke dalam ruangan sistem pendingin. Evaporator terbuat dari bahan logam yang anti karat, seperti tembaga dan aluminium.



Gambar 2. 4 Evaporator

(<https://www.google.com/search?q=evaporator+kulkas>)

#### 5. Thermostat

Komponen atau bagian lain yang tak kalah penting dalam sebuah sistem pendingin adalah thermostat. Thermostat ini berfungsi untuk mengontrol suhu apabila terjadi pembekuan fan evaporator. Thermostat juga sangat penting untuk mengontrol suhu agar tetap stabil dan sesuai dengan kebutuhan.



**Gambar 2. 5 Thermostat**

*(<http://blog-marlin.blogspot.com/2017/05/cara-kerja-lemari-pendingin-lemari-es.html>)*

## **6. Heater**

Dalam beberapa jenis sistem pendingin ada salah satu komponen atau bagian yang bernama heater. Heater atau pemanas merupakan bagian dalam sebuah sistem pendingin yang berfungsi untuk menghancurkan salju yang berada dalam mesin pendingin. Selain itu heater juga memiliki fungsi untuk mencairkan es yang berada pada evaporator.

## **7. Fan Motor**

Selanjutnya ada bagian dalam sistem pendingin yang bernama fan motor. Dalam sebuah sistem pendingin ada dua buah fan motor. Yang pertama berada pada evaporator, dan yang kedua berada pada kondensor. Fan atau kipas ini berfungsi untuk menghembuskan angin atau suhu dingin agar menyebar keseluruhan bagian ruang dalam sistem pendingin.

## **8. OMP**

Overload Motor Protector merupakan komponen atau bagian dalam sistem pendingin yang punya fungsi sebagai pengaman. Komponen ini letaknya berada

pada terminal kompresor. OMP akan memutus arus listrik saat terjadi kelebihan arus yang dihasilkan oleh kompresor.

## 9. Refrigerant

Dan yang paling penting dalam sistem pendingin adalah refrigerant atau gas pendingin. Refrigerant sendiri merupakan zat yang sangat mudah diubah bentuknya dari gas menjadi cair ataupun sebaliknya. Setiap sistem pendingin pasti memiliki gas pendingin. Gas pendingin atau refrigerant biasanya disimpan dalam sebuah tabung dengan berbagai macam ukuran.



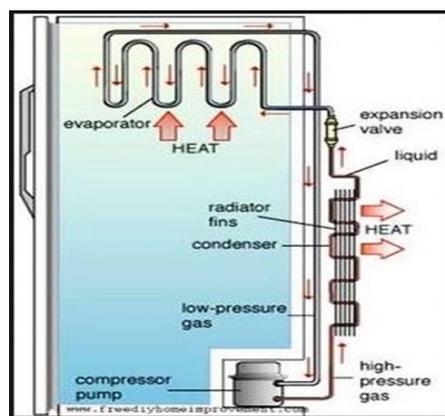
Gambar 2. 6 Refrigerant  
(<https://www.google.com/search?q=refrigerant+kulkas>)

### II.2.3 Cara Kerja Sistem Pendingin

Cara kerja atau prinsip kerja sebuah sistem pendingin ini sebenarnya berdasarkan pada hukum termodinamika. Dalam hukum tersebut dikatakan bahwa energi panas selalu mengalir ke tempat yang lebih dingin. Namun pada sistem pendingin yang dilakukan adalah sebaliknya, yakni mengalirkan kalor ke udara yang punya suhu lebih hangat.

Sebuah sistem pendingin harus membalikkan arah normal aliran energi panas. Dan untuk melakukan hal tersebut diperlukan sebuah energi. Energi yang digunakan oleh sistem pendingin adalah energi listrik. Kunci utama dari proses pendinginan sebenarnya terletak pada bahan pendingin yaitu gas refrigerant.

Sebenarnya refrigerant adalah sejenis zat freon yang memiliki titik didih rendah. Akibatnya refrigerant dapat dengan mudah memfasilitasi perubahan bentuk dari dari cair ke gas atau sebaliknya. Cairan refrigerant sendiri berperan penyerap energi panas yang ada dalam ruang sistem pendingin yang kemudian diubah menjadi gas.



Gambar 2. 7 Sistem Kerja Mesin Pendingin

(<https://www.google.com/search?q=sistem+kerja+lemari+pendingin>)

Proses yang terjadi dalam sebuah sistem pendingin ialah pertama-tama energi panas ditransfer ke dalam sistem pendingin dan menjadi cairan dingin karena melewati bagian mesin evaporator. Selanjutnya refrigerant menyerap energi panas agar menjadi lebih hangat sehingga berubah menjadi gas. Gas kemudian dialirkan melalui kompresor agar memiliki temperatur yang lebih tinggi.

Setelah itu refrigerant yang punya suhu lebih tinggi tersebut mengalir melalui kondensor. Refrigeran tersebut kehilangan energi panasnya dan berubah menjadi energi dingin kembali akibat kumparan pendingin yang ada pada kondensor. Dalam proses tersebut terjadi peristiwa kondensasi yakni gas berubah menjadi cairan.

Dan yang terakhir refrigerant masuk ke dalam tabung ekspansi yang punya ruang untuk menyebarkan cairan keluar dengan maksud agar suhu menjadi lebih rendah. Cairan dingin hasil dari proses refrigerant tadi kemudian mengalir kembali ke evaporator, dan membentuk siklus yang berulang-ulang.

### **II.3 Tenaga Surya**

Energi surya adalah energi yang berupa sinar dan panas dari matahari. Energi ini dapat dimanfaatkan dengan menggunakan serangkaian teknologi seperti pemanas surya, photovoltaik surya, listrik panas surya, arsitektur surya, dan fotosintesis buatan.

Teknologi energi surya secara umum dikategorikan menjadi dua kelompok, yakni teknologi pemanfaatan pasif dan teknologi pemanfaatan aktif. Pengelompokan ini tergantung pada proses penyerapan, pengubahan, dan penyaluran energi surya. Contoh pemanfaatan energi surya secara aktif adalah penggunaan panel photovoltaik dan panel penyerap panas. Contoh pemanfaatan energi surya secara pasif meliputi mengarahkan bangunan ke arah matahari, memilih bangunan dengan massa termal atau kemampuan dispersi cahaya yang baik, dan merancang ruangan dengan sirkulasi udara alami.

Pada tahun 2011, Badan Energi Internasional menyatakan bahwa perkembangan teknologi energi surya yang terjangkau, tidak habis, dan bersih akan memberikan keuntungan jangka panjang yang besar. Perkembangan ini akan meningkatkan keamanan energi negara-negara melalui pemanfaatan sumber energi yang sudah ada, tidak habis, dan tidak tergantung pada impor, meningkatkan kesinambungan, mengurangi polusi, mengurangi biaya mitigasi perubahan iklim, dan menjaga harga bahan bakar fosil tetap rendah dari sebelumnya. Keuntungan-keuntungan ini berlaku global. Oleh sebab itu, biaya insentif tambahan untuk pengembangan awal dianggap sebagai investasi untuk pembelajaran, investasi ini harus digunakan secara bijak dan perlu dibagi bersama.

Energi surya berupa radiasi elektromagnetik yang dipancarkan ke bumi berupa cahaya matahari yang terdiri atas foton atau partikel energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik. Energi surya yang sampai pada permukaan bumi disebut sebagai radiasi surya global yang diukur dengan kepadatan daya pada permukaan daerah penerima. Rata-rata nilai dari radiasi surya atmosfer bumi adalah  $1,353 \text{ W/m}^2$  yang dinyatakan sebagai konstanta surya.

Energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik disebut juga dengan energi photovoltaic. Pada awalnya teknologi ini digunakan sebagai pembangkit listrik di daerah pedesaan terpencil kemudian berkembang menjadi lampu penerangan jalan berenergi surya, penyediaan listrik di tempat umum seperti rumah peribadatan, pelayanan kesehatan, instansi-instansi pemerintah. Walaupun awalnya hanya cukup untuk kebutuhan penerangan namun PLTS

cukup membantu elektrifikasi di tempat yang membutuhkan. Selain itu telah tersedia pula pompa air tenaga surya, yang digunakan untuk pengairan irigasi atau sumber air bersih (Hasan, 2012).

### II.3.1 Pengertian Panel Surya (*Photovoltaic*)

Energi listrik dapat dibangkitkan dengan mengubah sinar matahari melalui sebuah proses yang dinamakan *photovoltaic* (PV). Photo merujuk kepada cahaya dan voltaic merujuk kepada tegangan. Terminologi ini digunakan untuk menjelaskan sel elektronik yang memproduksi energi listrik arus searah dari energi radian matahari seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 2. 8 Modul Surya  
(<https://www.google.com/search?q=gambar+panel+surya>)

Menurut Chenni (2007), *Photovoltaic cell* dibuat dari material semikonduktor terutama silikon yang dilapisi oleh bahan tambahan khusus. Jika cahaya matahari mencapai cell maka elektron akan terlepas dari atom silikon dan mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga energi listrik dapat dibangkitkan. Sel surya selalu didesain untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik sebanyak-banyaknya dan dapat digabung secara seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang diinginkan (M. Rif'an dkk, 2012).

Panel surya atau modul surya adalah kumpulan sel-sel surya yang dirangkai seri atau paralel sesuai dengan keperluan. Generator surya (*array*) adalah sekumpulan beberapa panel surya yang dirangkai seri atau paralel sesuai dengan keperluan. Dalam banyak penggunaan, terutama untuk keperluan umum, panel surya diproduksi dengan daya  $\pm 50\text{Wp}$  pada penyinaran  $1000\text{ W/m}^2$  dengan tegangan  $16,8\text{V}$  yang memungkinkan dihubungkan dengan battery  $12\text{V}$  (M. Rif'an, 2012).

Untuk kerja dari photovoltaic cell sangat tergantung kepada sinar matahari yang diterimanya. Kondisi iklim (misal awan dan kabut) mempunyai efek yang signifikan terhadap jumlah energi matahari yang diterima sel sehingga akan mempengaruhi pula unjuk kerjanya seperti dibuktikan dalam penelitian Youness dkk (2005) dan Pucar dan Despica (2002).

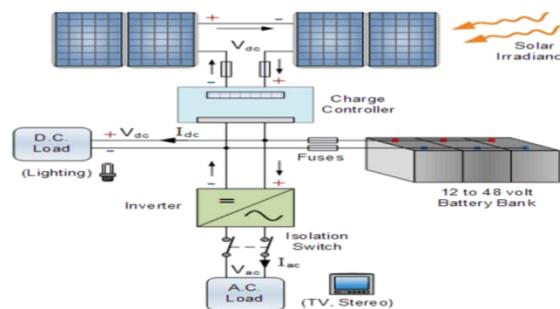
### **II.3.2 Jenis-jenis Panel Surya (*Photovoltaic*)**

Sistem PLTS dapat dibedakan sesuai dengan pengoperasian PLTS itu sendiri. Sistem tersebut umumnya diklasifikasikan sesuai dengan kebutuhan, fungsi operasional, konfigurasi komponen, dan bagaimana PLTS terhubung ke sumber daya listrik lain (*Florida Solar Energi Center (FSEC)*, 2007) yaitu PLTS yang berdiri sendiri (*Stand Alone*) dan PLTS yang terhubung dengan jaringan listrik (*PLTS Grid-Connected*).

#### **1) PLTS *Stand-Alone***

Sistem PLTS *Stand-Alone* atau yang berdiri sendiri dirancang beroperasi mandiri untuk mensuplai arus listrik ke beban DC atau AC. Jenis sistem ini dapat diaktifkan oleh array photovoltaic saja, atau dapat

menggunakan sumber tambahan energi lain, seperti : air, angin dan mesin diesel. Battery digunakan pada kebanyakan sistem PLTS yang berdiri sendiri untuk penyimpanan energi.



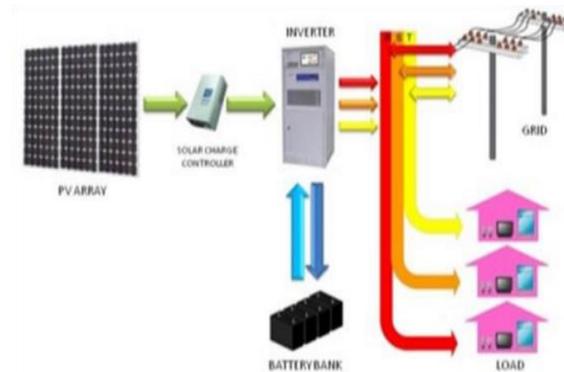
Gambar 2. 9 Sistem PLTS yang Berdiri Sendiri (*Stand Alone*)  
([www.alternative-energy-tutorials.com/stand-alone-pv-system.html](http://www.alternative-energy-tutorials.com/stand-alone-pv-system.html))

Dari gambar sistem stand alone di atas dapat dilihat daya DC yang dihasilkan oleh PV array PLTS dikirim ke charger controller untuk melakukan charging ke battery dan melayani beban DC, charger controller juga mengatur overcharging atau kelebihan pengisian karena battery sudah penuh. Untuk memenuhi kebutuhan beban AC digunakan battery yang telah di charge oleh PV array, dan arus searah (DC) yang berasal dari battery telah dikonversi oleh inverter menjadi arus listrik bolak balik (AC) sehingga dapat memenuhi kebutuhan beban AC.

## 2) PLTS *Grid-Connected*

Sistem PLTS *Grid-Connected* pada dasarnya adalah menggabungkan PLTS dengan jaringan listrik (PLN). Komponen utama dalam sistem ini adalah inverter, atau *Power Conditioning Unit* (PCU). Inverter inilah yang berfungsi untuk mengubah daya DC yang dihasilkan

oleh PLTS menjadi daya AC sesuai dengan persyaratan dari jaringan listrik yang terhubung (*utility grid*).



Gambar 2. 10 Sistem PLTA *Grid Connection*  
(<http://rakhman.net/power-plants-id/jenis-sistem-plts/>)

### II.3.3 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Adapun komponen-komponen yang dibutuhkan yaitu sebagai berikut:

#### 1). Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya mengubah cahaya menjadi listrik.

Mereka disebut surya atas matahari atau "sol" karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel photovoltaik, photovoltaik dapat diartikan sebagai "cahaya-listrik". Sel surya atau sel PV bergantung pada efek photovoltaik untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan.

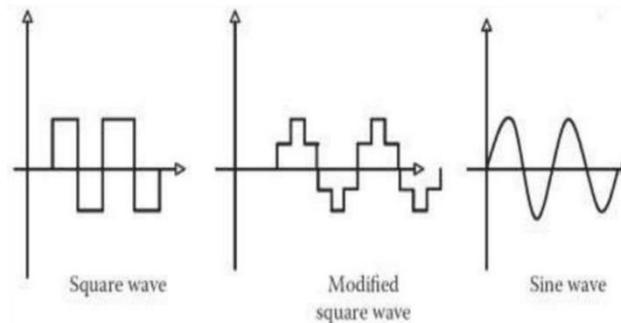
Panel surya merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Panel ini tersusun dari beberapa sel surya yang dihubungkan secara seri maupun paralel. Sebuah panel surya

umumnya terdiri dari 32-40 sel surya, tergantung ukuran panel (Quaschnig, 2005).

## 2). Inverter

Inverter merupakan peralatan elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) dari panel surya atau battery menjadi arus listrik bolak-balik (AC) dengan frekuensi 50Hz/60Hz. Pemilihan inverter yang tepat untuk aplikasi tertentu, tergantung pada kebutuhan beban dan juga tergantung pada apakah inverter akan menjadi bagian dari sistem yang terhubung ke jaringan listrik atau sistem yang berdiri sendiri. Efisiensi inverter pada saat pengoperasian adalah sebesar 90% (Foster dkk., 2010).

Inverter memiliki keluaran gelombang yang berbeda-beda dan dapat mempengaruhi baik dan tidaknya inverter itu sendiri. Berdasarkan bentuk gelombang yang dihasilkan, inverter dikelompokkan menjadi tiga yaitu inverter dengan gelombang keluaran berbentuk square, modified, dan true sine wave. Inverter yang terbaik adalah yang mampu menghasilkan gelombang sinusoida murni atau *true sine wave* yaitu bentuk gelombang yang sama dengan bentuk gelombang dari jaringan listrik PLN (*grid utility*).



Gambar 2. 11 Output Gelombang Inverter  
(Sumber : Foster dkk., 2010)

### 3). Battery

Battery adalah media penyimpanan yang digunakan dalam sistem PLTS yang berfungsi menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya pada siang hari, untuk kemudian dipergunakan pada malam hari dan pada saat cuaca mendung. Battery yang dipergunakan pada PLTS mengalami proses siklus mengisi (*charging*) dan mengosongkan (*discharging*), tergantung ada atau tidaknya sinar matahari.

Saat ini banyak tersedia jenis battery isi ulang cocok untuk diaplikasikan pada sistem PLTS. Meskipun ada beberapa jenis battery yang diproduksi dengan kemajuan teknologi, akan tetapi battery asam-timbal masih yang paling umum digunakan untuk media penyimpanan yang relatif ekonomis dan mempunyai efisiensi tinggi dan daya penyimpanan energi listrik yang besar yang memiliki Efisiensi keseluruhan pengisian dan pemakaian battery asam-timbal sekitar 90 %. Hal tersebut menjadikan battery jenis asam-timbal menjadi media penyimpan yang baik digunakan pada sistem PLTS untuk beberapa tahun ke depan (Massenger dan Ventre, 2005).

#### 4). Charge Controller

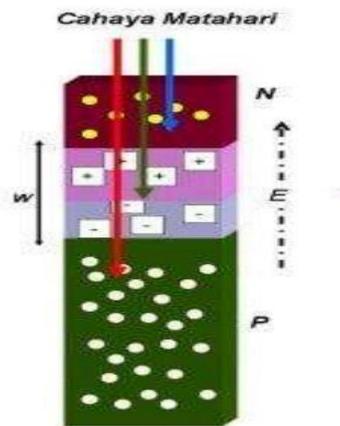
Untuk semua sistem dengan penyimpanan battery, controller merupakan komponen yang sangat penting. Charge controller adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur pengisian arus searah (DC) dari panel surya ke battery dan mengatur penyaluran arus listrik dari battery ke peralatan elektronik (beban). Charge controller mempunyai kemampuan untuk mendeteksi kapasitas pengisian battery. Bila battery sudah terisi penuh maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya ke battery terhenti. Dengan cara pendeteksiannya adalah melalui monitor level tegangan battery. Charge Controller akan mengisi battery sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan telah mencapai level terendah, maka battery akan diisi kembali. Charge Controller adalah indikator yang akan memberikan informasi mengenai kondisi battery sehingga pengguna PLTS dapat mengendalikan konsumsi energi menurut ketersediaan listrik yang terdapat di dalam battery. Saat ini banyak perangkat Charge Controller yang beredar di pasaran yang memiliki efisiensi sekitar 95 %. (Massenger dan Ventre, 2005)



Gambar 2. 12 Struktur Solar Charge Controller  
(<https://www.google.com/search?q=struktur+charge+controller>)

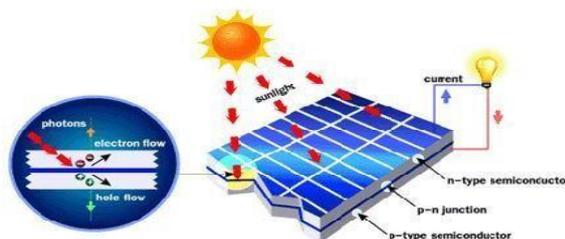
### II.3.4 Prinsip Kerja Panel Surya (*Photovoltaic*)

Dikarenakan munculnya muatan negatif dan muatan positif dari pertemuan didaerah W tersebut dengan sendirinya. Maka, perbedaan muatan tersebut disebut dengan medan listrik yang diistilahkan dengan internal E. Dikarenakan terjadinya medan listrik yang terjadi pada sambungan dioda PN membuat sambungan tersebut berada pada kondisi setimbang satu sama lain.



Gambar 2. 13 Sambungan Semikonduktor Terkena Cahaya Matahari  
(<https://enjiner.com/panel-surya/>)

Dengan memanfaatkan reaksi yang terjadi pada semikonduktor PN. Hal inilah yang dimanfaatkan untuk melakukan konversi cahaya matahari menjadi listrik. Dengan membuat semikonduktor N yang berada pada lapisan atas dan semikonduktor P pada lapisan bawah. Sehingga, saat sinar matahari mengenai panel surya jatuh kepermukaan sel dapat terus terserap dan masuk ke semikonduktor tersebut.



Gambar 2. 14 Lapisan Panel Surya  
 (<https://enjiner.com/panel-surya/>)

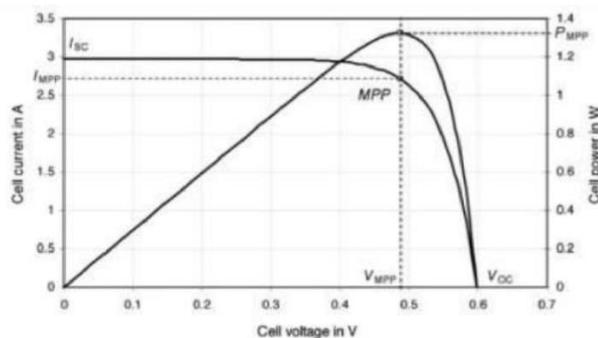
Saat lapisan panel surya ini terkena matahari maka, elektron pada semikonduktor N mendapat energi untuk menyerahkan elektron dari N ke daerah W. Saat terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada posisi elektron yang lepas disebut dengan fotogenerasi elektron. Dimana, dengan hasilnya ini menghasilkan pasangan elektron dan hole pada lapisan semikonduktor P dan N setiap kali terkena sinar matahari.

Setiap kali mengenai lapisan panel surya dengan panjang gelombang spectrum yang berbeda. Membuat fotogenerasi yang ada pada semikonduktor PN mendapat spectrum yang berbeda. Dengan spectrum merah pada gambar mampu menembus lapisan semikonduktor N dan diserap oleh semikonduktor P. Kemudian spectrum biru pada gambar hanya sampai pada semikonduktor N dan diserap.

Dari reaksi inilah yang akan menghasilkan medan listrik pada sambungan semikonduktor PN. Hasil perpindahan elektron inilah yang dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik dan menuju output akhir berupa kabel fasa dan kabel netral.

### II.3.5 Karakteristik Energi Panel Surya

Kapasitas daya dari sel atau modul surya dilambangkan dalam watt peak (Wp) dan diukur berdasarkan standar pengujian Internasional yaitu Standard Test Condition. Standar ini mengacu pada intensitas radiasi sinar matahari sebesar 1000 W/m<sup>2</sup> yang tegak lurus sel surya pada suhu 25°C. Modul photovoltaik memiliki hubungan antara arus dan tegangan yang diwakili dalam kurva I-V. Pada saat tahanan variable bernilai tak terhingga (*open circuit*) maka arus bernilai minimum (nol) dan tegangan pada sel berada pada nilai maksimum, yang dikenal sebagai tegangan open circuit ( $V_{oc}$ ). Pada keadaan yang lain, ketika tahanan variabel bernilai nol (*short circuit*) maka arus bernilai maksimum, yang dikenal sebagai arus short circuit ( $I_{sc}$ ). Jika tahanan variabel memiliki nilai yang bervariasi antara nol dan tak terhingga maka arus (I) dan tegangan (V) akan diperoleh nilai yang bervariasi seperti ditunjukkan pada gambar II.15, dikenal sebagai kurva karakteristik IV pada sel surya.

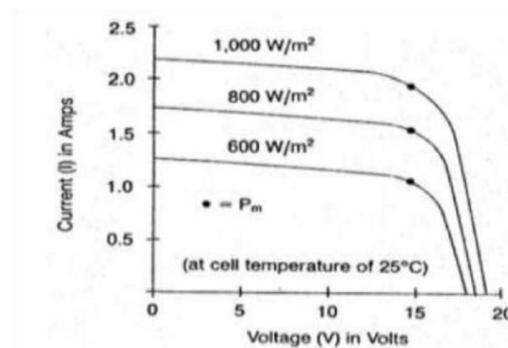


Gambar 2. 15 Kurva Karakteristik I-V Sel Surya  
(Sumber: Quaschnig, 2005)

Kurva ini menunjukkan bahwa pada saat arus dan tegangan berada pada titik kerja maksimal (*Maximum Power Point*) maka akan menghasilkan daya keluaran maksimum ( $P_{mpp}$ ). Tegangan di *Maximum Power Point* (MPP)  $V_{mpp}$ , lebih kecil

dari tegangan rangkain terbuka ( $V_{oc}$ ) dan arus saat MPP  $I_{mpp}$ , adalah lebih rendah dari arus short circuit ( $I_{sc}$ ) (Quaschnig, 2005).

Apabila jumlah energi cahaya matahari yang diterima sel surya berkurang atau intensitas cahayanya melemah, maka besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan juga akan menurun. Penurunan tegangan relatif lebih kecil dibandingkan penurunan arus listriknya (Satwiko, 2012).

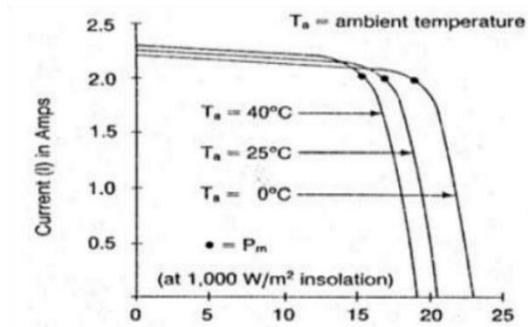


Gambar 2. 16 Kurva Karakteristik Pengaruh Intensitas Matahari Terhadap Kurva I-V

(Sumber : Satwiko, 2012)

Pada kurva di atas, dapat terlihat bahwa keluaran daya berbanding lurus dengan radiasi matahari.  $I_{sc}$  lebih terpengaruh oleh perubahan irradiance daripada  $V_{oc}$ . Hal ini sesuai dengan penjelasan cahaya sebagai paket-paket foton. Pada saat irradiance tinggi, yaitu pada saat jumlah foton banyak, arus yang dihasilkan juga besar. Demikian pula sebaliknya, sehingga arus yang dihasilkan berbanding lurus terhadap jumlah foton.

Perubahan temperatur yang terjadi pada fotovoltaik tidak semuanya dikonversi menjadi listrik, hal ini dikarenakan pada fotovoltaik akan menimbulkan panas, maka tegangan keluaran mengecil seperti pada gambar berikut:



Gambar 2. 17 Kurva Karakteristik Pengaruh Intensitas Temperatur Terhadap Kurva I-V  
(Sumber : Satwiko, 2012)