

SKRIPSI

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA
PERAHU NELAYAN**



OLEH :

FAHRUL ISLAM

D211 15 038

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2020

SKRIPSI

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA
PERAHU NELAYAN**

OLEH :

FAHRUL ISLAM

D211 15 038

**Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2020

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini di ajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mengikuti Ujian Akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

JUDUL:

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA PERAHU NELAYAN.

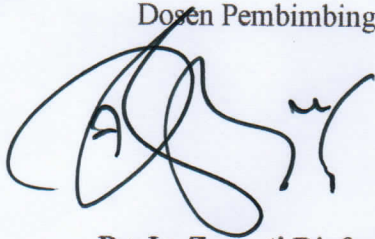
FAHRUL ISLAM

D211 15 038

Gowa, 01 Desember 2020

Telah di periksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing 1



Dr. Ir. Zuryati Djafar, MT.
NIP. 19680301 199702 2 001

Dosen Pembimbing 2



Prof. Dr.-Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME
NIP. 19600302 198609 1 001

Mengetahui

Ketua Departemen Mesin Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Dr.Eng. Jalaluddin, ST., MT
NIP. 19720825 200003 1 001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : Fahrul Islam
NIM : D211 15 038
JUDUL SKRIPSI : Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Perahu Nelayan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Hasanuddin atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Makassar, Desember 2020
Yang membuat pernyataan,



Fahrul Islam

ABSTRACT

The use of solar energy on fishing boats in Indonesia is still small because it requires a large area of solar panels to obtain large power. Provision of continuous electricity is needed for safe operation of equipment and ships, therefore, it is necessary to design a solar power plant (PLTS) that produces power as needed. This study aims to determine the magnitude and influence of sunlight intensity on energy storage in batteries, determine the number of solar panels and batteries, and design the PLTS according to the shape of the boat and the electricity needs of fishing boats and determine the pay back period when using PLTS. This research uses experimental methods and descriptive methods. The experimental method is to test solar panels by measuring the output current and voltage as well as the intensity of sunlight and descriptive methods, namely designing a PLTS on fishing boats based on theory and based on the results of the PV mini-grid test. The results of the PLTS design on a fishing boat with a capacity of 20 Gross Tonnage with a total requirement of electric power per day of 3,810Wh require 9 monocrystalline type solar panels with a power of 100 Wp. The supporting components for PLTS are Solar Charge Controller 20A, battery, 12V 100Ah and 500 Watt Inverter. Based on the calculation of the cost aspect, the initial investment from PLTS is Rp. 15,770,000 with a long Pay Back Period of 13 months.

Keywords: Solar energy, PLTS, monocrystalline, investment, Pay Back Period

ABSTRAK

Pemanfaatan energi surya pada perahu nelayan di Indonesia masih sedikit karena memerlukan luasan panel surya yang besar untuk mendapatkan daya yang besar. Penyediaan listrik yang kontinyu sangat dibutuhkan untuk operasi peralatan dan kapal secara aman, oleh karena itu, perlunya perancangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang menghasilkan daya sesuai kebutuhan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan besar dan pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap penyimpanan energi pada aki, menentukan jumlah panel surya dan aki, dan melakukan rancang bangun PLTS yang sesuai bentuk perahu dan kebutuhan listrik pada perahu nelayan serta menentukan lama *pay back period* jika menggunakan PLTS. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan metode deskriptif. Metode eksperimental yaitu melakukan pengujian panel surya dengan mengukur arus dan tegangan keluaran serta intensitas cahaya matahari dan metode deskriptif yaitu melakukan perancangan PLTS pada perahu nelayan berdasarkan teori dan berdasarkan hasil pengujian PLTS. Hasil perancangan PLTS pada perahu nelayan berkapasitas 20 *Gross Tonnage* dengan total kebutuhan daya listrik perharinya sebesar 3.810Wh memerlukan panel surya tipe *monocrystalline* dengan daya 100 Wp sebanyak 9 buah. Adapun komponen pendukung PLTS yaitu *Solar Charge Controller* 20A, baterai/aki, 12V 100Ah dan *Inverter* 500 Watt. Berdasarkan hasil perhitungan aspek biaya diperoleh investasi awal dari PLTS sebesar Rp. 15.770.000 dengan lama waktu *Pay Back Period* selama 13 bulan.

Kata Kunci: Energi surya, PLTS, *monocrystalline*, investasi, *Pay Back Period*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esar, karena atas tuntunan dan penyertaan-Nya dalam penyusunan tugas akhir ini sehingga Penulis dapat menyelesaikan dengan baik. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Meskipun banyak hambatan dan tantangan yang Penulis alami selama penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dan kerja sama berbagai pihak, akhirnya Penulis dapat mengatasi hambatan dan tantangan tersebut. Untuk semua itu, pada kesempatan ini Penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibunda Setiawati dan Ayahanda Drs. Supriadi LH serta saudara-saudari penulis: Fitriani Supriadi, Muh. Akil dan Fahril Imam atas segala bantuan, bimbingan dan motivasi serta doa restu yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi.
2. Ibu Dr. Ir. Zuryati Djafar, MT dan Bapak Prof. Dr.-Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME sebagai Pembimbing I dan Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, petunjuk dan saran selama Penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT dan Bapak Azwar Hayat, ST., M.Sc., Ph.D selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, petunjuk dan saran sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT sebagai Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta Staff Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dan kemurahan yang diberikan.
5. Bapak dan Ibu dosen pengajar Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala ilmu yang telah diberikan.
6. Saudara seperjuangan HYDRAULIC 2015 yang telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.

7. Pengurus HMM FT-UH Periode 2018 atas pengalaman dan kisahnya selama kepengurusan.
8. Saudara seperjuangan TEKNIK 2015 serta Pengurus Kabinet Perjuangan OKFT-UH Periode 2019 atas pengalaman dan kisah berkesannya.
9. Keluarga besar IPPMP-UH dan saudara Angkatan 2015 yang memberikan wadah untuk penulis mengabdikan untuk kota kelahirannya.
10. Nurul Azizah Syafruddin, ST yang telah menemani penulis selama pengerjaan tugas akhir ini.
11. Kanda senior dan teman-teman di RMR Group yang telah memberi pengalaman yang berkesan untuk penulis.
12. Teman-teman ZONASI 2015 yang telah mengajak penulis untuk berlibur disela-sela pengerjaan tugas akhir ini.

Gowa, November 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRACT	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Kebutuhan Listrik	4
2.2. Photovoltaic.....	5
2.2.1. Efek <i>Photovoltaic</i>	5
2.2.2. Sel <i>Photovoltaic</i>	5
2.3. Sel Surya (<i>Solar Cell</i>)	6
2.4. Jenis-jenis Panel Surya.....	7
2.5. Perancangan Sistem Tenaga Surya	8
2.6. Perhitungan Efisiensi Panel Surya	9

2.7. <i>Pay Back Period</i>	10
BAB III : METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2. Alat dan Bahan	12
3.3. Metode Penelitian	15
3.4. Pelaksanaan Penelitian	15
3.4.1. Prosedur Pelaksanaan Penelitian	15
3.4.2. Diagram Alur Penelitian	17
3.5. Pengukuran Variabel/Parameter	18
3.6. Analisa Data	18
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1. Perancangan Awal PLTS pada Perahu Nelayan	19
4.8.1. Data Perahu Nelayan	19
4.8.2. Total Beban Harian pada Perahu Nelayan	19
4.8.3. Jam Matahari Ekuivalen (ESH)	20
4.8.4. Jumlah Panel yang Dibutuhkan	20
4.8.5. Kebutuhan Baterai / Aki	20
4.8.6. Kebutuhan <i>Solar Charge Controller</i>	21
4.8.7. Kebutuhan Inverter	21
4.2. Perancangan Simulasi PLTS	21
4.8.1. Total Beban Harian Simulasi	21
4.8.2. Jam Matahari Ekuivalen (ESH)	21
4.8.3. Jumlah Panel yang Dibutuhkan	21
4.8.4. Kebutuhan Baterai / Aki	21
4.8.5. Kebutuhan <i>Solar Charge Controller</i>	22
4.8.6. Kebutuhan Inverter	23
4.3. Intensitas Cahaya Matahari terhadap Arus Keluaran Panel Surya ..	23
4.4. Intensitas Cahaya Matahari terhadap Tegangan Keluaran PV	24
4.5. Hasil Perhitungan Daya Keluaran Panel Surya	25

4.6. Hasil Perhitungan Efisiensi Panel Surya	26
4.7. Kapasitas Baterai	27
4.8. Perancangan <i>Real</i> PLTS pada Perahu Nelayan	27
4.8.1. Total Beban Harian pada Perahu	27
4.8.2. Jam Matahari Ekvivalen (ESH)	28
4.8.3. Jumlah Panel yang Dibutuhkan	28
4.8.4. Kebutuhan Baterai / Aki	28
4.8.5. Kebutuhan <i>Solar Charge Controller</i>	29
4.8.6. Kebutuhan Inverter	29
4.8.7. Skema Perancangan Instalasi PLTS	29
4.9. Rancangan Pemasangan PLTS pada Perahu Nelayan	30
4.10. Aspek Biaya	30
4.10.1. Biaya Investasi Awal PLTS	30
4.10.2. Biaya Investasi Awal <i>Generator Set</i>	31
4.10.3. <i>Cash Flow</i> Nelayan	31
4.10.4. <i>Pay Back Period</i>	31
BAB V : PENUTUP	33
5.1. Kesimpulan	33
5.2. Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	36

DAFTAR GAMBAR

2.1 Perahu nelayan tradisional di Pelabuhan Paotere	4
2.2 Skema sederhana system sel PV	5
2.3 Ilustrasi struktur sel surya	7
2.4 Susunan lapisan <i>solar cell</i> secara umum	7
3.1 Modul surya	13
3.2 KT7030 <i>Profesional Digital Dual Display Analog Multimeter</i>	14
3.3 Baterai 100 Ah 12 Volt	14
3.4 <i>Solar Power Meter SM206-SOLAR</i>	14
3.5 KISEKI <i>Solar Charge Controller 20A</i>	15
3.6 Visero Power Inverter 1100 Watt	15
3.7 Arduino <i>Voltage and Current Sensor</i>	15
3.8 Skema Instalasi Pengujian	17
3.9 Diagram alur penelitian	18
4.1 Intensitas cahaya matahari terhadap arus keluaran panel surya 3-5 September 2020	24
4.2 Intensitas cahaya matahari terhadap tegangan keluaran panel surya 3-5 September 2020	25
4.3 Pengaruh Intensitas cahaya matahari terhadap daya keluaran	26
4.4 Intensitas cahaya matahari terhadap efisiensi panel surya	27
4.5 Kapasitas baterai	28
4.6 Instalasi PLTS pada perahu nelayan	30
4.7 Rancangan pemasangan PLTS pada perahu nelayan	31
4.8 <i>Break Event Point</i> dan <i>Pay Back Period</i>	33

DAFTAR TABEL

3.1 Spesifikasi Modul Surya	13
4.1 Total kebutuhan beban harian perahu nelayan	20
4.2 Biaya investasi awal PLTS	31
4.3 Biaya investasi awal <i>Generator Set</i>	32
4.4 Biaya Investasi awal PLTS dan <i>Genset</i>	32

DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
P	Daya	W
V	Tegangan	V
I	Arus	A
G	Intensitas cahaya matahari	W/m ²
FF	<i>Fill Factor</i>	-
P _{in}	Daya <i>Input</i>	W
P _{out}	Daya <i>output</i>	W
η_{pv}	Efisiensi panel surya	%
t	Waktu pengambilan data	Jam
A _{PV}	Luas permukaan panel surya	m ²
I _{mp}	Arus maksimum panel surya	A
V _{mp}	Tegangan maksimum panel surya	V
I _{sc}	Arus rangkaian terbuka panel surya	A
V _{oc}	Tegangan rangkaian terbuka panel surya	V
ESH	<i>Equivalent Sun Hours</i>	Jam

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia karena sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 watt energi matahari per-meter persegi. Kurang dari 30 % energi tersebut dipantulkan kembali ke angkasa, 47% dikonversikan menjadi panas, 23 % digunakan untuk seluruh sirkulasi kerja yang terdapat di atas permukaan bumi, sebagian kecil 0,25 % ditampung angin, gelombang dan arus dan masih ada bagian yang sangat kecil 0,025 % disimpan melalui proses fotosintesis di dalam tumbuh-tumbuhan (Gede, 2012).

Saat ini, perkembangan teknologi perkapalan di Indonesia telah mencapai kemajuan tingkat internasional, perkembangan dibidang perkapalan tersebut merupakan bagian dari pengembangan teknologi pada umumnya di Indonesia. Usaha untuk mengembangkan, menerapkan dan menguasai teknologi perkapalan telah dilakukan secara terencana, tertib dan terarah dengan memanfaatkan semua sumber daya yang dimiliki. Pengembangan teknologi perkapalan ini sudah cukup maju dan merupakan indikasi kemampuan penguasaan teknologi dalam bidang kelautan. (Belly, 2019).

Perkembangan teknologi energi terbarukan untuk bidang industri maritim saat ini sangatlah maju, khususnya pemanfaatan energi matahari pada kapal. Namun, di Indonesia sendiri masih sangat sedikit pengaplikasiannya karena energi matahari membutuhkan luasan panel surya yang besar untuk mendapatkan daya besar pula. (Candra dkk, 2014).

Segala peralatan yang ada pada suatu kapal dan menunjang kerja dari kapal umumnya memerlukan daya kelistrikan untuk dapat bekerja sebagaimana fungsinya. Daya listrik menjadi hal yang sering menjadi masalah utama dalam proses penangkapkn ikan, karena daya listrik ini sangat dibutuhkan pada sebuah kapal nelayan yang umumnya digunakan sebagai penerangan dan *light fishing*, *fish finder* dan perlengkapan listrik lainnya. Penyediaan listrik yang

kontinyu sangat dibutuhkan untuk operasi peralatan dan kapal secara aman, oleh karena itu, kapasitas daya yang dihasilkan harus memadai (Dionysius dkk, 2014).

Dari uraian di atas, masalah sumber daya listrik dapat diberikan solusi dengan memanfaatkan energi surya sebagai sumber daya listrik pada kapal. Oleh karena itu, penulis mengambil tugas akhir dengan judul “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Perahu Nelayan”.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh dan besar intensitas cahaya matahari terhadap penyimpanan energi pada aki?
2. Berapa jumlah panel surya dan aki yang dibutuhkan?
3. Bagaimana merancang bangun PLTS yang mengikuti bentuk perahu dan kebutuhan listrik pada perahu nelayan?
4. Berapa waktu yang dibutuhkan agar investasi awal dapat kembali (*pay back period*) jika menggunakan PLTS?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh dan besar intensitas cahaya matahari terhadap penyimpanan energi pada aki.
2. Untuk menentukan jumlah panel surya dan aki yang dibutuhkan.
3. Untuk merancang bangun PLTS yang mengikuti bentuk perahu dan kebutuhan listrik pada perahu nelayan.
4. Untuk menentukan waktu yang dibutuhkan agar investasi awal dapat kembali (*pay back period*) jika menggunakan PLTS.

1.4. Batasan Penelitian

1. Perahu yang digunakan adalah perahu dengan jumlah awak 5 - 7 orang.
2. Kapasitas perahu 20 *Gross Tonnage*.

3. Panel surya yang digunakan adalah panel surya tipe *Monocrystalline* 100 WP.
4. Baterai untu penyimpanan daya dengan kapasitas 12V 100Ah.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan gambaran pemanfaatan panel surya pada perahu nelayan.
2. Dapat dipergunakan sebagai parameter dalam pengembangan dan pemanfaatan panel surya pada perahu nelayan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kebutuhan Listrik



Gambar 2.1. Perahu nelayan tradisional di Pelabuhan Paotere

Gambar 2.1 merupakan perahu nelayan tradisional di Pelabuhan Paotere yang digunakan oleh nelayan untuk menangkap ikan. Berdasarkan hasil wawancara, dalam pengoperasian perahu nelayan, daya listrik sangatlah dibutuhkan untuk penerangan, *Fish Finder* dan peralatan listrik lainnya. Umumnya, peralatan kelistrikan yang digunakan pada perahu nelayan yaitu 1 buah lampu LED 6 Watt beroperasi selama 10 jam sehari yang digunakan untuk penerangan perahu, 1 buah lampu LED 5 Watt yang beroperasi selama 10 jam sehari yang digunakan untuk navigasi perahu dan 1 buah lampu sorot LED 10 Watt yang beroperasi selama 10 jam sehari yang digunakan untuk penerangan arah perahu serta 1 buah *fish finder* 350C 300 Watt yang beroperasi selama 12 jam yang digunakan untuk mencari kumpulan ikan.

Dalam pengoperasian peralatan listrik tersebut, nelayan umumnya menggunakan 1 buah Aki sebagai sumber energi dengan kapasitas 12 V 100 Ah serta generator berkapasitas 1.000 Watt untuk *fish finder* dan mengecaskan *handphone*.

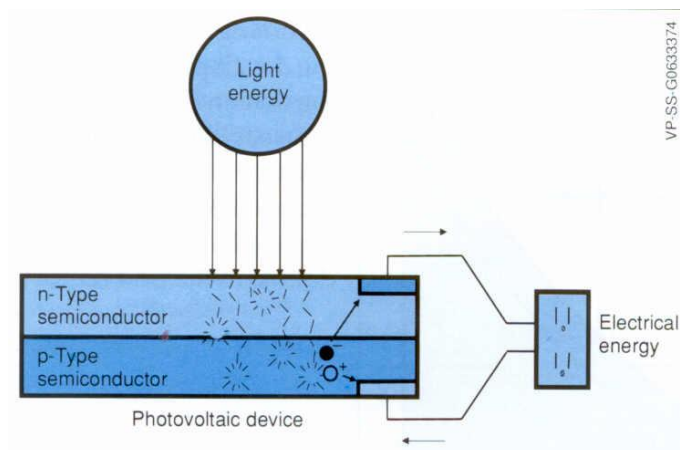
2.2. Photovoltaic

2.2.1. Efek Photovoltaic

Photovoltaic (PV) adalah suatu sistem atau cara langsung (*direct*) untuk mentransfer radiasi matahari atau energi cahaya menjadi energi listrik. Sistem *photovoltaic* bekerja dengan prinsip efek *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* pertama kali ditemukan oleh Henri Becquerel pada tahun 1839. Efek *photovoltaic* adalah fenomena dimana suatu sel *photovoltaic* dapat menyerap energi cahaya dan merubahnya menjadi energi listrik. Efek *photovoltaic* didefinisikan sebagai suatu fenomena munculnya voltase listrik akibat kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat diexpose di bawah energi cahaya. (Goetzberger, A., Hoffmann, V.U. 2005)

Energi solar atau radiasi cahaya terdiri dari biasan foton-foton yang memiliki tingkat energi yang berbeda-beda. Perbedaan tingkat energi dari foton cahaya inilah yang akan menentukan panjang gelombang dari spektrum cahaya. Ketika foton mengenai permukaan suatu sel PV, maka foton tersebut dapat dibiarkan, diserap, ataupun diteruskan menembus sel PV. Foton yang terserap oleh sel PV inilah yang akan memicu timbulnya energi listrik.

2.2.2. Sel Photovoltaic



Gambar 2.2 Skema sederhana system sel PV
(Handini, 2008)

Sel PV adalah suatu perangkat yang mengkonversi energi radiasi matahari menjadi energi listrik. Sistem sel PV pada dasarnya terdiri dari *p-n junction* atau ikatan antara sisi positif dan negatif di dalam sebuah sistem semikonduktor. Sel PV juga dikenal dengan nama *solar cell* atau sel surya.

2.3. Sel Surya (*Solar Cell*)

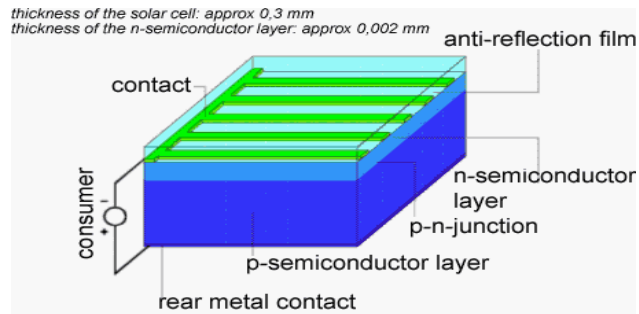
2.3.1. Struktur Umum Sel Surya

Struktur inti dari sel surya pada umumnya terdiri dari satu atau lebih jenis material semikonduktor dengan dua daerah berbeda yaitu, daerah positif dan negatif. Dua sisi yang berlainan ini berfungsi sebagai elektroda. Untuk menghasilkan dua daerah muatan yang berbeda umumnya digunakan *dopant* dengan golongan periodik yang berbeda. Hal ini dimaksudkan agar *dopant* pada daerah negatif akan berfungsi sebagai pendonor elektron, sedangkan *dopant* pada daerah positif akan berfungsi sebagai *acceptor* elektron. (Goetzberger, A., Hoffmann, V.U. 2005)

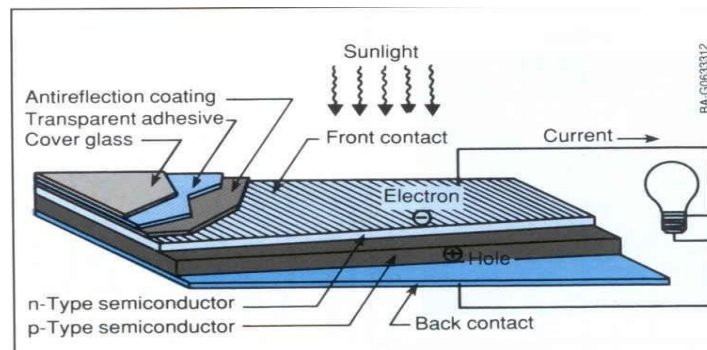
Sebagai contoh, pada solar sel konvensional digunakan material silikon (golongan IV pada tabel periodik) sebagai semikonduktor. Untuk menghasilkan dua muatan yang berbeda, maka pada satu sisi diberi *dopant* dari golongan periodik V yang mempunyai elektron valensi lima. Hal ini mengakibatkan silikon mempunyai kelebihan elektron (n-tipe). Sedangkan pada sisi yang berlainan digunakan *dopant* dari golongan periodik III yang mengakibatkan silikon kekurangan elektron (p-tipe). Dikarenakan untuk membentuk suatu struktur yang stabil dibutuhkan empat elektron, maka kekurangan satu elektron akan didapat dari donor n-tipe. (Goetzberger, A., Hoffmann, V.U. 2005)

Selain itu pada sel surya terdapat lapisan antirefleksi, dan substrat logam sebagai tempat mengalirnya arus dari lapisan tipe-n

(elektron) dan tipe-p (*hole*). Skema sederhana struktur sel surya diilustrasikan pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4.



Gambar 2.3 Ilustrasi struktur sel surya (Handini, 2008)



Gambar 2.4 Susunan lapisan *solar cell* secara umum (Handini, 2018)

2.4. Jenis – Jenis Panel Surya

Ada beberapa jenis panel surya yang dijual dipasaran :

1. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini & menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari nya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

2. Polikristal (*Poly-Crystalline*)

Merupakan Panel Surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel suraya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah.

3. *Thin Film Photovoltaic*

Merupakan Panel Surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokrystal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal & polykristal. Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction Photovoltaic* (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara.

2.5. Perancangan Sistem Tenaga Surya

Langkah-langkah perancangan panel surya adalah sebagai berikut:

1. Mencari total beban harian listrik harian

Rumus yang digunakan untuk mencari total beban pemakaian per hari adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban pemakaian} = \text{Daya (Watt)} \times \text{Lama Pemakaian (h)} \quad (2.1)$$

2. Rugi – rugi dan faktor keamanan sistem

Untuk sistem PLTS dengan daya 1000 Watt ke bawah, faktor 20% harus ditambahkan ke pembebanan sebagai pengganti rugi -rugi sistem dan faktor keamanan. Oleh karena itu, total beban yang ditentukan pada persamaan 2.1 dikalikan dengan 1.20 (Bachtiar,2006).

3. Menentukan jam matahari ekivalen (*Equivalent Sun Hours, ESH*)

Jam matahari ekivalen suatu tempat ditentukan berdasarkan peta insolasi matahari dunia yang dikeluarkan oleh Solarex. Berdasarkan

peta insolasi matahari dunia, diperoleh ESH untuk wilayah Indonesia Timur sebesar 4.8 (Bachtiar,2006).

4. Menentukan jumlah panel surya

Rumus yang digunakan untuk menentukan jumlah panel surya sesuai dengan beban pemakaian adalah (Zian,2018):

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{\text{Total beban pemakaian harian (Wh)}}{\text{Kapasitas Modul (Watt)X ESH (h)}} \quad (2.2)$$

5. Menentukan kebutuhan baterai/aki.

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) umumnya dilengkapi dengan baterai sebagai media penyimpanan energi untuk mensuplai kebutuhan listrik beban ketika beroperasi malam hari. Kapasitas baterai dihitung dengan persamaan (Hari,2018):

$$\text{Arus yang dibutuhkan} = \frac{\text{Total beban Pemakaian harian (Wh)}}{\text{Tegangan Sistem (Volt)}} \quad (2.3)$$

$$\text{Jumlah baterai yang dibuthkan} = \frac{\text{Arus yang dibutuhkan (Ah)}}{\text{Kapasitas Aki (Ah)}} \quad (2.4)$$

6. Besar Kebutuhan *Solar Charge Controller* (SCC)

Untuk menghitung kebutuhan *Solar Charge Controller*, perlu untuk mengetahui spesifikasi dari panel surya. Dari spesifikasi panel surya, yang perlu diperhatikan adalah I_{sc} (*short circuit current*). (Hari,2018)

7. Besar Kebutuhan Inverter

Besar kebutuhan inverter yang diperlukan untuk kebutuhan AC adalah minimal sama dengan total daya yang dinyalakan bersamaan (Hari,2018).

2.6. Perhitungan Efisiensi Panel Surya

Untuk mendapatkan nilai efisiensi dari panel surya, terdapat beberapa parameter yang harus diketahui terlebih dahulu, yaitu (Zian,2018):

1. Tegangan keluaran panel surya (V)
2. Arus keluaran panel surya (I)
3. Intensitas cahaya matahari (G)
4. Luasan permukaan panel surya (A_{pv})

5. Nilai *Fill Factor* (FF)

Nilai *Fill factor* berkisar 0.7 – 0.85. Panel surya akan bekerja semakin baik apabila semakin besar nilai FF suatu panel suryam dan akan memiliki efisiensi yang semakin tinggi. Perhitungan nilai FF dapat dilihat pada persamaan 2.5 (Zian, 2018):

$$FF = \frac{I_{mp} \times V_{mp}}{I_{sc} \times V_{oc}} \quad (2.5)$$

6. Daya output panel surya (P_{out})

Perhitungan daya output dapat dilihat pada persamaan 2.6 (Zian,2018):

$$P_{out} = V \times I \times FF \quad (2.6)$$

7. Daya input panel surya (P_{in})

Daya input akibat iradiasi sumber cahaya dapat dihitung dengan persamaan berikut (Zian,2018):

$$P_{in} = G \times A_{pv} \quad (2.7)$$

8. Efisiensi Panel Surya (η)

Perhitungan efisiensi panel surya dapat lihat pada persamaan 2.8 (Zian,2018):

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.8)$$

Keterangan:

I_{mp} = Arus maksimum (Ampere)

V_{mp} = Tegangan maksimum (Volt)

I_{sc} = Arus rangkaian terbuka (Ampere)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka (Volt)

2.10 Pay Back Period

Payback period adalah waktu yang dibutuhkan agar investasi yang telah dikeluarkan kembali kepada investor. Perhitungan *pay back period* dilakukan untuk mengetahui risiko keuangan terhadap proyek yang akan dilakukan. Nilai *Pay Back Period* yang semakin kecil akan semakin baik,

dengan faktor risiko terhadap pengembalian modal akan semakin cepat dalam waktu yang cepat.