

SKRIPSI

ANALISIS PEMANFAATAN ENERGI TENAGA SURYA OLEH NELAYAN UNTUK MEMBANTU PENERANGAN DI MALAM HARI

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

DWIKI SYAHPUTRA
1707220060



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi surya adalah sumber energi yang tak pernah habis ketersediaannya dan energi ini juga dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif yang akan diubah menjadi energi listrik, dengan menggunakan sel surya. Sel surya atau *solar cell* sejak tahun 1970-an telah mengubah cara pandang kita tentang energi dan memberi jalan baru bagi manusia untuk memperoleh energi listrik tanpa perlu membakar bahan bakar fosil sebagaimana pada minyak bumi, gas alam, batu bara, atau reaksi nuklir. Sel surya mampu beroperasi dengan baik hampir seluruh belahan bumi yang tersinari matahari tanpa menghasilkan polusi yang dapat merusak lingkungan sehingga lebih ramah lingkungan.

Sel surya ini akan menghasilkan listrik searah (DC) apabila permukaannya terkena sinar matahari dengan intensitas tertentu. Potensi dari sumber energi matahari dapat memberikan sumbangan yang besar bila dapat dimanfaatkan secara optimal dengan mendesain suatu sistem pengubah energi yang dapat mensuplai kebutuhan energi. Penggunaan sumber energi matahari ini mempunyai beberapa keuntungan antara lain tersedianya sumber energi yang cuma-cuma, ramah lingkungan sehingga bebas polusi dan tak terbatas. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian yang lebih detail untuk memahami sistem listrik yang berasal dari sumber energi matahari ini.

Pemanfaatan sumber energi matahari sangat mendukung di kepulauan tropis ini, hanya saja dalam 10 atau 12 jam tidak semuanya dalam keadaan cerah, terkadang cuaca sering kali tidak stabil dalam arti kondisi mendung, berawan, dan

hujan. Kondisi ini penyerapan energi yang optimal dalam satu hari bahkan tidak akan mencapai 10 jam penuh. Oleh karena itu dibutuhkan rata-rata dan berapa lama optimalnya penyerapan energi matahari yang maksimal dalam setiap harinya untuk perencanaan beban yang akan dipasang agar penggunaan listrik optimal dan tidak terjadi pemadaman atau pengosongan baterai yang terlalu cepat dikarenakan beban yang terpasang yang berlebihan.

Perkembangan teknologi dalam kurun waktu singkat telah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Teknologi tenaga surya yang dulu banyak digunakan oleh perusahaan-perusahaan besar kini mulai digunakan untuk kebutuhan perumahan dan penerangan jalan. Seperti pada uraian di atas bahwa tenaga surya merupakan energi alternatif yang sangat ramah lingkungan dan tidak berbahaya bagi manusia.

Satu masalah yang muncul pada penggunaan energi matahari ini adalah energi yang dihasilkan berubah-ubah tergantung pada musim dan lingkungan. Hal ini akan sangat dirasakan pada daerah-daerah dimana intensitas mataharnya berubah-ubah secara ekstrim. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem penyimpanan energi yaitu *accumulator* atau baterai. Energi matahari yang dihasilkan dari matahari dapat digunakan untuk men-*charging* daya ke *accumulator* untuk selanjutnya dari *accumulator* tersebut dapat digunakan langsung.

Seiring berkembangannya pemikiran manusia akan energi alternatif untuk masyarakat kalangan menengah ke bawah terutama mereka yang memiliki pekerjaan sebagai nelayan kecil yang sering kali harus mengeluarkan uang lebih untuk membayar sewa listrik maupun bahan bakar minyak untuk kebutuhan listrik

dengan genset. Dengan menggunakan listrik tenaga surya para nelayan di Kelurahan Nelayan Indah untuk memenuhi kebutuhan penerangan di malam hari. Rata-rata nelayan menggunakan mesin dompleng untuk penerangan di malam hari, baik ketika berlabuh di tengah laut menggunakan jangkar saat memperbaiki jarring maupun ketika berlabuh di pelabuhan perikanan. Otomatis, untuk penerangan malam hari para nelayan harus mengeluarkan sejumlah uang untuk membeli minyak. Padahal bila memanfaatkan sinar matahari ketika melaut di pagi dan siang hari, para nelayan dapat menghemat pengeluaran untuk membeli minyak mesin.

Berdasarkan hal tersebut di atas, peneliti merancang suatu alat penerangan listrik di malam hari pada sampah/boat penangkap ikan menggunakan panel surya yang dilengkapi charger otomatis untuk mengisi baterai sebagai penyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Sistem ini terdiri dari sel surya (*solar cell*) sebagai penghasil energi listrik yang dilengkapi dengan solar charge controller dan inverter. Peneliti berupaya untuk menciptakan suatu sumber tenaga listrik mandiri sebagai sumber tenaga untuk mengoperasikan mesin listrik untuk penerangan. Dengan mendesain penerangan listrik yang dapat diletakkan pada atap perahu/boat dan mudah untuk dioperasikan. Karena dana penelitian yang disiapkan dalam penelitian ini sangat terbatas maka desain mesin penghasil listrik penerangan di perahu/boat nelayan didesain dalam kapasitas daya listrik kecil.

Berdasarkan beberapa permasalahan tersebut, peneliti berkeinginan membuat skripsi dengan judul **"Pemanfaatan Energi Tenaga Surya oleh Nelayan Untuk Membantu Penerangan di Malam Hari"**. Alat ini nantinya

akan dapat membantu nelayan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik mengurangi pengeluaran berlebih.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang alat penerangan tenaga surya untuk alternatif penerangan nelayan di malam hari?
2. Bagaimana cara mengaplikasikan penerangan tenaga surya untuk alternatif penerangan nelayan di malam hari?

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui cara merancang penerangan tenaga surya sebagai alternatif penerangan nelayan di malam hari.
2. Mampu mengaplikasikan penerangan tenaga surya untuk menciptakan sumber energi listrik sebagai alternatif nelayan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penulisan penelitian ini antara lain:

- a. Bagi Kampus. Sebagai bahan referensi tentang pemanfaatan tenaga surya untuk kemaslahatan umat, dan dapat dimanfaatkan mahasiswa dalam menulis kajian yang sama.
- b. Bagi Peneliti. Melalui penelitian ini diharapkan peneliti dapat mengetahui alur dan sistem kerja penerangan lampu tenaga surya. Serta mengetahui jumlah pemakaian daya yang dibutuhkan selama lampu beroperasi.

- c. Bagi Masyarakat. Sebagai bahan informasi masukan terhadap masyarakat khususnya nelayan dalam merencanakan penerangan lampu tenaga surya di malam hari.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

1. Merancang alat penerangan tenaga surya untuk alternatif penerangan nelayan di malam hari
2. Cara mengaplikasikan penerangan tenaga surya untuk alternatif penerangan nelayan di malam hari

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini meliputi:

- a. Bab I. Pendahuluan
- b. Bab II. Tinjauan Pustaka
- c. Bab III. Metodologi Penelitian
- d. Bab IV. Hasil pembahasan
- e. Bab V. Penutup
- f. Daftar Pustaka
- g. Lampiran

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Sel Surya

Sel surya pada dasarnya sebuah fotodiode yang besar dan dirancang dengan mengacu pada gejala photovoltaik sehingga dapat menghasilkan daya sebesar mungkin. Sel surya mempunyai pengertian yaitu suatu elemen aktif yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik. Pengertian tersebut berdasarkan irisan sel surya yang terdiri dari bahan semikonduktor positif dan negatif dengan ketebalan minimum 0,3 mm, yang apabila suatu cahaya jatuh padanya, maka pada kedua kutubnya timbul perbedaan tegangan sehingga menimbulkan suatu arus searah. Silicon jenis P merupakan lapisan permukaan yang dibuat sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai junction. Bagian P ini diberi lapisan nikel yang berbentuk cincin sebagai terminal keluaran positif. Di bawah bagian P terdapat bagian jenis N yang dilapisi dengan nikel juga sebagai terminal keluaran negatif.

2.2 Sejarah Sel Surya

Prinsip dasar pembuatan sel surya adalah memanfaatkan efek photovoltaik, yaitu suatu efek yang dapat mengubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik. Efek photovoltaic pertama kali dikenali pada tahun 1839 oleh Fisikawan Perancis Alexandre-Edmond Becquerel. Akan tetapi, sel surya yang pertama dibuat baru pada tahun 1883 oleh Charles Fritts, yang melingkupi semikonduktor selenium dengan sebuah lapisan emas yang sangat tipis untuk membentuk sambungan-sambungan. Alat tersebut hanya memiliki efisiensi 1%.

Russell Ohl mematenkan sel surya modern pada tahun 1946 (U.S. Patent 2,402,662, "LightSensitive Device"). Masa emas teknologi tenaga surya tiba pada tahun 1954 ketika Bell Laboratories, yang bereksperimen dengan semikonduktor, secara tidak disengaja menemukan bahwa silikon yang didoping dengan unsur lain menjadi sangat sensitif terhadap cahaya. Hal ini menyebabkan dimulainya proses produksi sel surya praktis dengan kemampuan konversi energi surya sebesar sekitar 6%. Pertama kali penggunaan sel surya diperuntukkan bagi satelit-satelit ruang angkasa pada tahun 1958, dikarenakan ringan dan dapat diandalkan, tahan lama dan energi matahari di angkasa lebih besar dari bumi. Tapi penggunaan sel Surya pada masyarakat umum belum begitu meluas dikarenakan mahalnya biaya untuk instalasinya.

Solar cell adalah divais yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Jadi secara langsung arus dan tegangan yang dihasilkan oleh solar cell bergantung pada penyinaran matahari. Pada solar cell ini dibutuhkan material yang dapat menangkap matahari dan energi tersebut digunakan untuk memberikan energi ke elektron agar dapat berpindah melewati band gapnya ke pita konduksi, dan kemudian dapat berpindah ke rangkaian luar. Melalui proses tersebutlah arus listrik dapat mengalir dari solar cell. Umumnya, divais dari solar cell ini menggunakan prinsip PN junction. Pada pelaksanaannya, sel surya tidak dipakai sendirian, tetapi biasanya dirakit menjadi Modul Surya. Modul Surya (fotovoltaic) adalah sejumlah sel surya yang dirangkai secara seri dan paralel untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban. Untuk mendapatkan keluaran energi listrik

yang maksimum maka permukaan modul surya harus selalu mengarah ke matahari.

Komponen utama sistem surya photovoltaic adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya photovoltaic. Untuk membuat modul photovoltaic secara pabrikan bisa menggunakan teknologi kristal dan thin film.

Modul photovoltaic kristal dapat dibuat dengan teknologi yang relatif sederhana, sedangkan untuk membuat sel photovoltaic diperlukan teknologi tinggi. Modul photovoltaic tersusun dari beberapa sel photovoltaic yang dihubungkan secara seri dan paralel.

Pemanfaatan energi surya mempunyai beberapa keuntungan yaitu:

1. Sumber energi yang digunakan sangat melimpah dan cuma-cuma
2. Sistem yang dikembangkan bersifat modular sehingga dapat dengan mudah di instalasi dan diperbesar kapasitasnya
3. Perawatannya mudah
4. Tidak menimbulkan polusi
5. Dirancang bekerja secara otomatis sehingga dapat diterapkan di tempat terpencil
6. Relatif aman
7. Keandalannya semakin baik
8. Adanya aspek masyarakat pemakai yang mengendalikan sistem itu sendiri
9. Mudah untuk di instalasi
10. Radiasi matahari sebagai sumber energi tak terbatas
11. Tidak menghasilkan CO²serta emisi gas buang lainnya

Pada sistem ini menggunakan solar cell jenis polycrystalline dengan kapasitas 20 WP (Wattpeak) yang akan menghasilkan tegangan antara 8-20V dengan arus maksimal 1A. Penggunaan solar cell 20 WP ini dipilih karena tegangan dan arus yang dihasilkan sudah cukup digunakan untuk melakukan pengisian pada accu dan efisien terhadap penggunaannya pada motor DC.

Pada solar cell ini, tegangan dan arus yang dihasilkan sangat berpengaruh pada intensitas cahaya matahari. Hal ini juga sangat berpengaruh terutama pada arus yang dihasilkan oleh solar cell. Maka dari itu, karena keterbatasan arus yang dihasilkan oleh solar cell, maka arus pengisian pada accu pun tidak bisa maksimal.

2.3 Jenis-jenis Panel Surya

Panel surya terdiri dari susunan sel surya yang dihubungkan secara seri. Sel surya berfungsi mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya umumnya dibuat dari silicon yang merupakan bahan semikonduktor. Daya yang dihasilkan sebuah panel surya bergantung pada radiasi matahari yang diterima, luas permukaan panel dan suhu panel. Daya yang dihasilkan semakin besar jika radiasi dan luas permukaan lebih besar, sedang kenaikan suhu mengakibatkan penurunan daya. Karena itu, pada saat pemasangan panel perlu diperhatikan untuk menyediakan jarak dengan atap agar udara dapat bersirkulasi di bawah panel (efek pendinginan). Panel Surya type terbaru mempunyai daya 130Watt peak/m². Berikut beberapa jenis panel surya:

2.3.1. Polikristal (*Poly-crystalline*)

Merupakan panel surya yang memiliki susunan Kristal acak. Type Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. Jenis ini biasanya terdiri dari 28 – 36 sel surya dengan ukuran panjang 8,5 cm; lebar 5 cm; dan ketebalan 0,3 mm untuk satu keeping selnya.

2.3.2. Monokristal (*Monocrystalline*)

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

2.3.3. Amorphous Amorphoussilicon (*a-Si*)

Telah digunakan sebagai bahan sel surya photovoltaic pada kalkulator. Meskipun kemampuannya lebih rendah dibandingkan sel surya jenis c-Si, hal ini tidak penting pada kalkulator, yang memerlukan energi yang kecil.

2.3.4. Thin Film Photovoltaic

Merupakan panel surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokristal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8,5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan perwatt daya yang dihasilkan lebih besar dari pada monokristal dan polykristal. Inovasi terbaru adalah Thin Film Triple

Junction PV (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.

Watt peak menunjukkan daya maksimum yang dihasilkan pada kondisi radiasi matahari 1000W/m^2 dan suhu panel 25°C . Panel surya diproduksi dalam berbagai ukuran (daya terpasang). Konstruksi panel surya terdiri dari susunan sel surya, tutup kaca, bingkai aluminium khusus, dan soket. Panel surya memiliki usia yang relatif panjang yaitu minimal 20 tahun, dan umumnya supplier panel surya member garansi output power hingga 10 – 25 tahun. Saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) arus listrik yang dihasilkan juga akan berkurang.

Dengan menambah panel surya (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya. Umumnya panel surya dengan ukuran tertentu memberikan hasil tertentu pula. Contohnya ukuran $a\text{ cm} \times b\text{ cm}$ menghasilkan listrik DC (Direct Current) sebesar $\times\text{ Watt per hour/jam}$.

Tabel 2.1. Perbandingan Keunggulan Dari Tiap Jenis Panel Surya

Jenis Solar Panel	Keunggulan	Kelemahan
Monocrystalline	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efisiensi/ kinerja tinggi ▪ Estetika 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biaya lebih tinggi
Polycrystalline	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biaya lebih rendah 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efisiensi/ kinerja yang lebih rendah
Thin-film	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Portabel dan fleksibel ▪ Ringan ▪ Estetika 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efisiensi/ kinerja terendah

2.4. Aplikasi Tenaga Surya

Tenaga surya yang diserap bumi adalah sebanyak 120ribu terawatt. Pada prinsipnya tenaga surya sebagai pembangkit listrik dengan dua cara:

- Produksi uap dengan lading cermin yang digunakan untuk menggerakkan turbin. Pembangkit listrik tenaga surya besar.
- Mengubah sinar surya menjadi listrik dengan panel surya/solar cell photovoltaik. Pembangkit listrik tenaga surya portabel/kecil.

Tenaga surya dapat diaplikasikan sebagai berikut:

1. Tenaga surya untuk penerangan di rumah.
2. Tenaga surya untuk penerangan lampu jalan (PJU)
3. Tenaga surya untuk penerangan lampu taman
4. Tenaga surya sebagai sumber listrik untuk kamera CCTV.
5. Tenaga surya sebagai sumber listrik untuk instalasi wireless (WIFI), radio pemancar, perangkat komunikasi.
6. Tenaga surya untuk perangkat signal kereta api, kapal.
7. Tenaga surya untuk rumah walet, irigasi, pompa air.
8. Tenaga surya sebagai portable power supply
9. Tenaga surya sebagai pemanas untuk menggerakkan turbin sebagai pembangkit listrik tenaga surya seperti di Nevada Amerika.
10. Tenaga surya sebagai sumber tenaga untuk perangkat satelit.

2.5. Keuntungan Panel Surya

Mampu menyuplai listrik untuk lokasi yang belum dijangkau jaringan listrik PLN sehingga dapat digunakan untuk daerah yang terpencil. Listrik surya merupakan solusi yang cepat, karena proses instalasi yang relatif cepat untuk menghasilkan listrik penerangan dan lain-lain. Tenaga Surya merupakan energi yang sangat bersih, karena sifatnya secara fisika dapat Mengabsorpsi UV radiasi

(dari matahari), tidak menghasilkan emisi sedikitpun, tidak menimbulkan suara berisik dan tidak memerlukan bahan bakar yang perlu dibeli setiap harinya. Sistem tenaga Surya sudah terbukti handal lebih dari 50 tahun mendukung program luar angkasa, dimana tidak ada sumber energi lain, tidak juga nuklir, yang mampu bertahan dalam keadaan ekstrim di luar angkasa. Panel Surya merupakan salah satu alat yang dapat memanfaatkan potensi energi radiasi matahari sebesar 4,8Kwh/m²/hari yang merupakan potensial daya yang cukup besar dan belum maksimal dimanfaatkan di Indonesia. Panel Surya mempunyai kesan modern dan futuristik, tetapi juga mempunyai kesan pedulilingkungan dan bersih. Sangat cocok untuk dunia arsitektur modern yang memadukan unsur-unsur penting tersebut. Kinerja pada suhu tinggi dan desain yang kuat yang membuat produk tahan lama di lapangan dan mudah untuk pemasangan.

Tabel 2.2. Spesifikasi Solar Cell Polycrystalline 20 WP

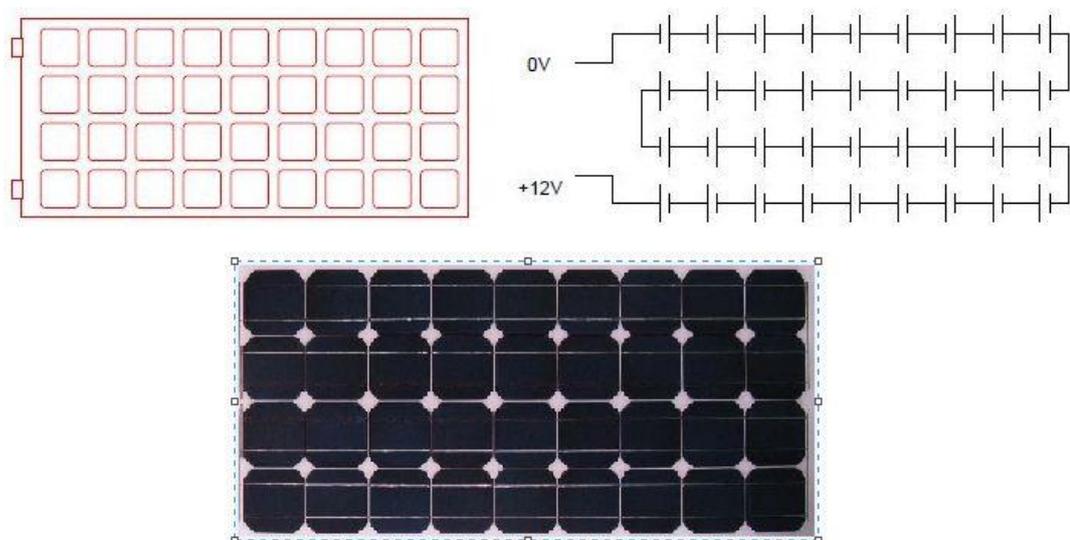
Spesifikasi	Keterangan
Max. Power (Pmax)	20W
Max. Power Voltage (Vmp)	17,7V
Max. Power Current (Imp)	1,16A
Open Circuit Voltage (Voc)	20,64V
Short Circuit Current (Isc)	1,3A
Nominal Operating Cell Temp (NOCT)	45 ± 2°C
Max. System Voltage	1000V
Max. Series Fuse	16A
Weight	2,0 Kg
Dimension	535 × 345 × 25 mm

2.7. Struktur dan Cara kerja

Sel surya atau juga sering disebut fotovoltaik adalah divais yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai ke bumi, walaupun selain dipergunakan untuk

menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem solar thermal.

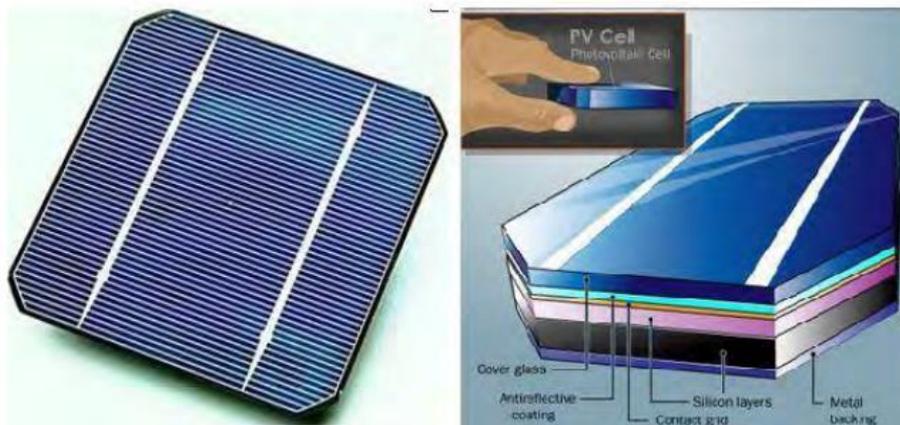
Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala milliampere percm². Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28 – 36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar (Air Mass 1.5). Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu. Gambar di bawah menunjukkan ilustrasi dari modul surya.



Gambar 2.1. Modul Sel Surya

2.8. Struktur Sel Surya

Sesuai dengan perkembangan sains dan teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda pula. Dalam tulisan ini akan dibahas struktur dan cara kerja dari sel surya yang umum berada di pasaran saat ini yaitu sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur dan cara kerja sel surya generasi pertama (sel surya silikon) dan kedua (thin film/lapisan tipis).



Gambar 2.2. Struktur dari Sel Surya Komersial

Gambar di atas menunjukkan ilustrasi sel surya dan juga bagian-bagiannya.

Secara umum terdiri dari:

1. Substrat/ Metal backing

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktivitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau molybdenum. Untuk sel surya *dye-sensitized* (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga

berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti: indium tin oxide (ITO) dan *flourine doped tin oxide* (FTO).

2. Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1 – 3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar di atas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material Cu(In,Ga)(S,Se)_2 (CIGS), CdTe (*kadmium telluride*), dan amorphous silikon, di samping material-material semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti: $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$ (CZTS) dan Cu_2O (copper oxide). Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan di atas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS, dll) yang membentuk p-n junction. P-n junction ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya. Pengertian semikonduktor tipe-p, tipe-n, dan juga prinsip p-n junction dan sel surya akan dibahas dibagian “cara kerja sel surya”.

3. Kontak metal/ *contact grid*

Selain substrat sebagai kontak positif, di atas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai

kontak negatif.

4. Lapisan anti reflektif

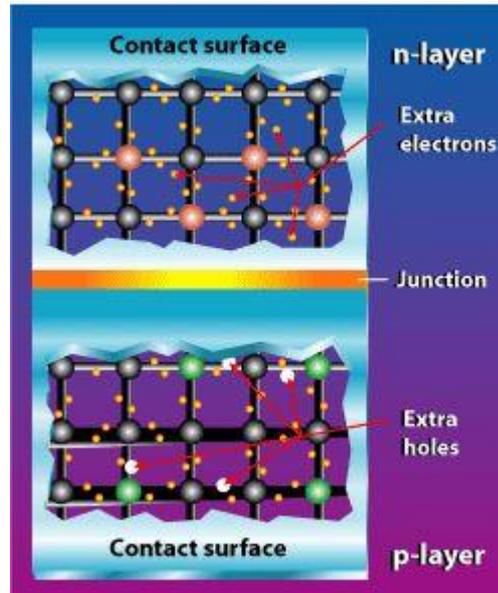
Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

5. Enkapsulasi/ cover glass

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

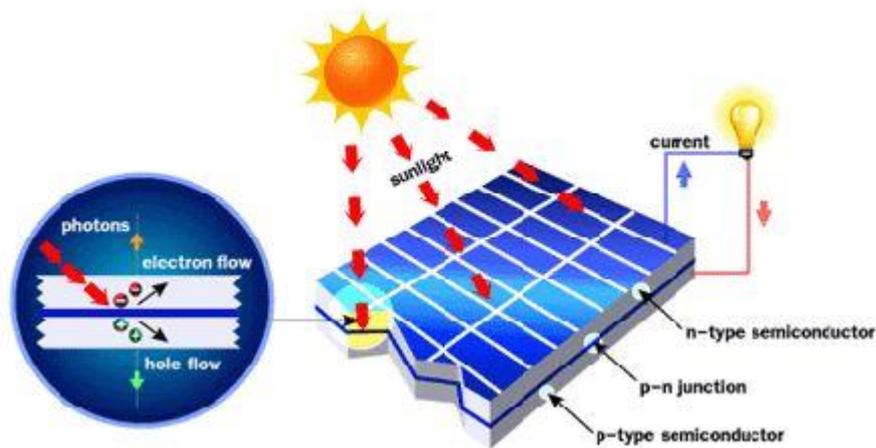
2.9. Cara Kerja Sel Surya

Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktortipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi di bawah menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n.



Gambar 2.3. Junction antara Semikonduktor Tipe-p (kelebihan hole) dan Tipe-n (kelebihan elektron)

Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4. Ilustrasi Cara Kerja Sel Surya dengan Prinsip P-N Junction

2.10. Proses Konversi, Aplikasi, dan Sel Surya

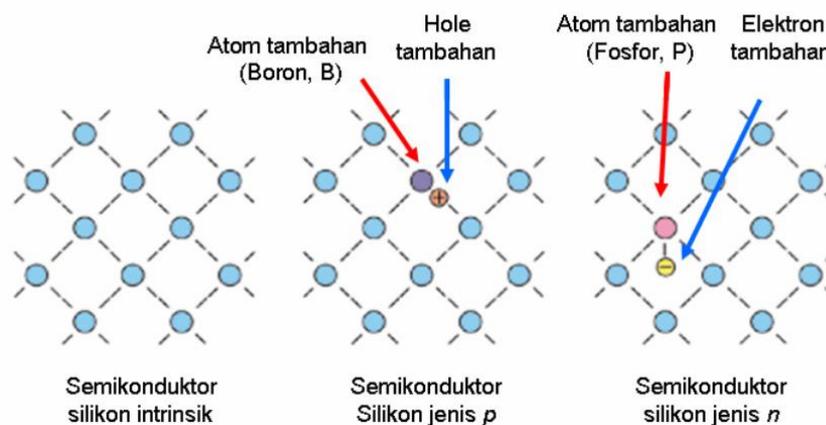
Sel surya/ solar cell, photovoltaic, atau fotovoltaik sejak tahun 1970-an telah mengubah cara pandang kita tentang energi dan memberi jalan baru bagi manusia untuk memperoleh energi listrik tanpa perlu membakar bahan bakar fosil sebagaimana pada minyak bumi, gas alam atau batubara, tidak pula dengan menempuh jalan reaksi fisi nuklir. Sel surya mampu beroperasi dengan baik di hampir seluruh belahan bumi yang tersinari matahari mulai dari daratan, pegunungan hingga permukaan laut.

Sel surya dapat digunakan tanpa polusi, baik polusi udara maupun suara, dan di segala cuaca. Sel surya juga telah lama dipakai untuk member tenaga bagi semua satelit yang mengorbit bumi nyaris selama 30 tahun. Sel surya tidak memiliki bagian yang bergerak, namun mudah dipindahkan sesuai dengan kebutuhan. Semua keunggulan sel surya di atas disebabkan oleh karakteristik khas sel surya yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik secara langsung.

2.10.1. Proses konversi

Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor yakni jenis n dan jenis p.

Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, (n = negatif). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p (p = positif) karena kelebihan muatan positif. Caranya, dengan menambahkan unsur lain kedalam semikonduktor, maka kita dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut, sebagaimana diilustrasikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.6. Jenis Semikonduktor

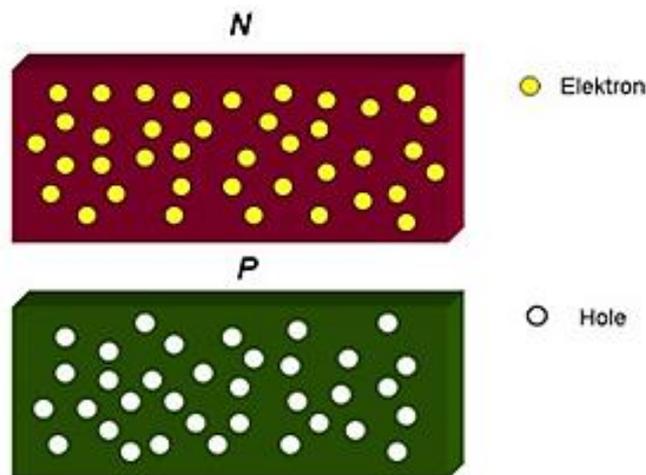
Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktivitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Di dalam semikonduktor alami (disebut dengan semikonduktor intrinsik) ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau hole dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun

panas dari sebuah semikonduktor.

Misal semikonduktor intrinsic yang dimaksud ialah silicon (Si). Semikonduktor jenis p, biasanya dibuat dengan menambahkan unsur boron (B), aluminum (Al), gallium (Ga) atau Indium (In) kedalam Si. Unsur-unsur tambahan ini akan menambah jumlah hole. Sedangkan semikonduktor jenis n dibuat dengan menambahkan nitrogen (N), fosfor (P) atau arsen (As) ke dalam Si. Dari sini, tambahan elektron dapat diperoleh. Sedangkan, Si intrinsic sendiri tidak mengandung unsur tambahan. Usaha menambahkan unsur tambahan ini disebut dengan doping yang jumlahnya tidak lebih dari 1% dibandingkan dengan berat Si yang hendak di-doping.

Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda-p-n (istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi/ metallurgi caljunction) yang dapat digambarkan sebagai berikut.

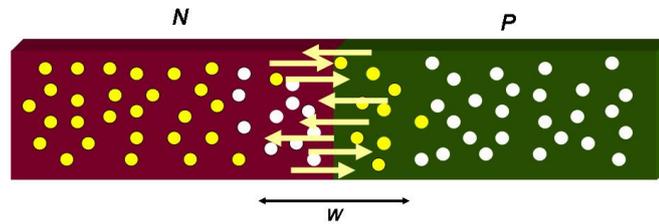
Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung.



Gambar 2.7. Semikonduktor Jenis p dan n Sebelum Disambung

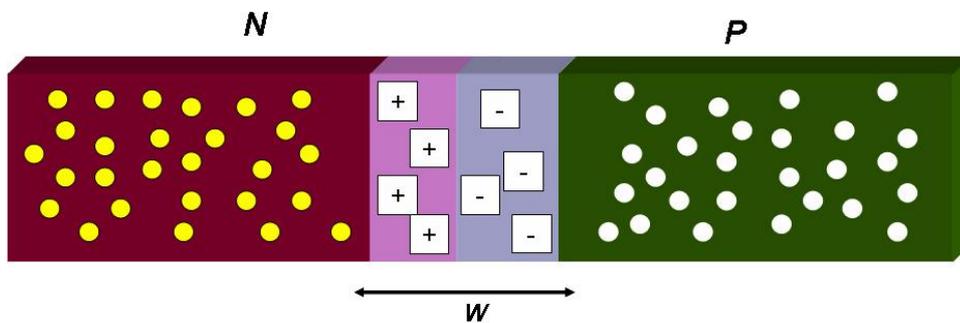
1. Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor n menuju semikonduktor p, dan

perpindahan hole dari semikonduktor p menuju semikonduktor n. Perpindahan elektron maupun hole ini hanya sampai pada jarak tertentu dari batas sambungan awal.



Gambar 2.8. Semikonduktor Jenis p dan n Sesudah Disambung

- Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan hole pada semikonduktor p yang mengakibatkan jumlah hole pada semikonduktor p akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan positif. Pada saat yang sama, Hole dari semikonduktor p bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor n yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.

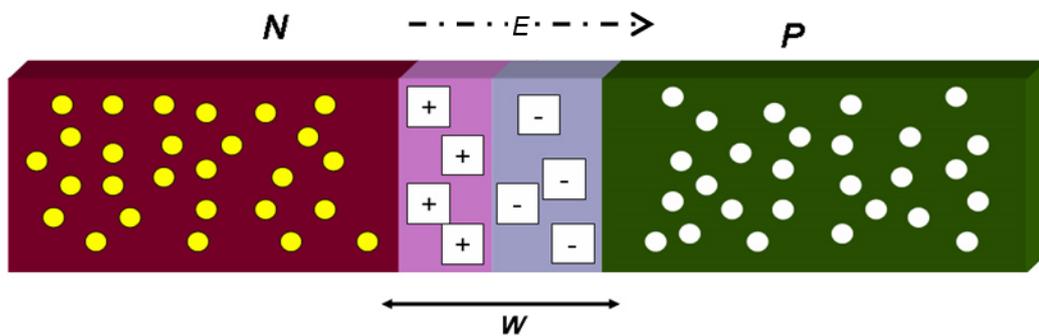


Gambar 2.9. Elektron dari Semikonduktor n Bersatu dengan Hole pada Semikonduktor p.

- Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (*depletion region*) ditandai dengan huruf w .
- Baik elektron maupun hole yang ada pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (*minority charge carriers*) karena keberadaannya

dijenis semikonduktor yang berbeda.

5. Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal E dari sisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali hole ke semikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n. Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi (nomor 1 di atas).

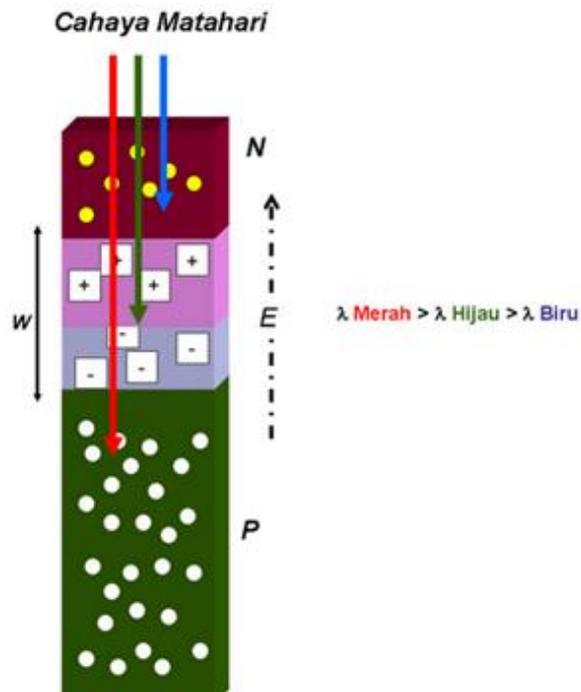


Gambar 2.10. Penarikan Kembali Hole ke Semikonduktor p dan Elektron ke Semikonduktor n

6. Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan pn berada pada titik setimbang, yakni saat dimana jumlah hole yang berpindah dari p ke n dikompensasi dengan jumlah hole yang tertarik kembali ke arah semikonduktor p akibat medan listrik E . Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor n ke p, dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke semikonduktor n akibat tarikan medan listrik E . Dengan kata lain, medan listrik E mencegah seluruh elektron dan hole berpindah dari semikonduktor yang satu ke semikonduktor yang lain.

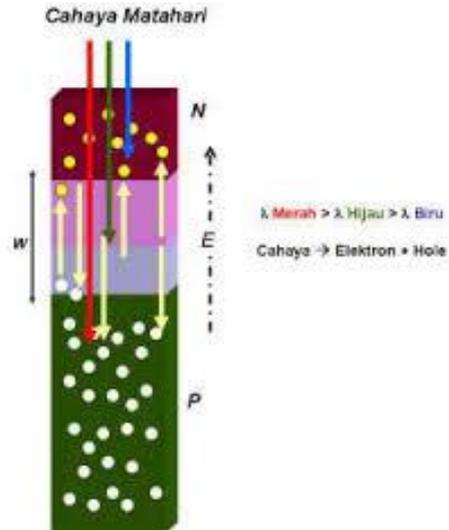
Pada sambungan p-n inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Untuk keperluan sel surya, semikonduktor n berada pada lapisan

atas sambungan p yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor p, sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor p.



Gambar 2.11. Proses Konversi Energi Matahari ke Energi Listrik

Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor n, daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan foto generasi elektron-hole (elektron-hole photo generation) yakni, terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari.



Gambar 2.12. Foto Generasi Elektronhole

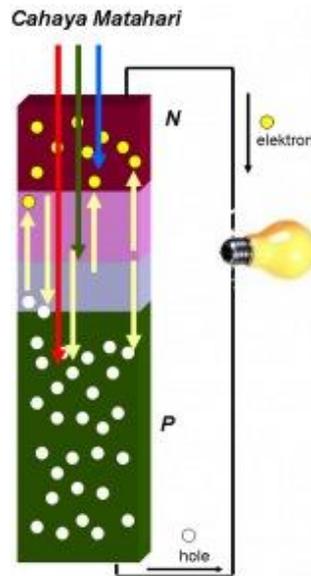
Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan symbol “lambda” sebagai digambar atas) yang berbeda, membuat foto generasi pada sambungan pn berada pada bagian sambungan pn yang berbeda pula.

Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor p yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi.

Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor n.

Selanjutnya, dikarenakan sambungan p-n terdapat medan listrik E, elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor n, begitu pula dengan hole yang tertarik ke arah semikonduktor p.

Apabila rangkaian kabel dihubungkan ke dua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.



Gambar 2.13. Pergerakan Elektron dapat Menyalakan Lampu

2.11 Distribusi Energi Listrik dari Solar Cell ke Baterai

Solar cell merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang tidak menghasilkan polusi sehingga ramah lingkungan, selain itu tidak menghasilkan suara yang bising, dan tahan lama. Seperti pada penjelasan sebelumnya bahwa solar cell sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari yang masuk pada permukaannya.

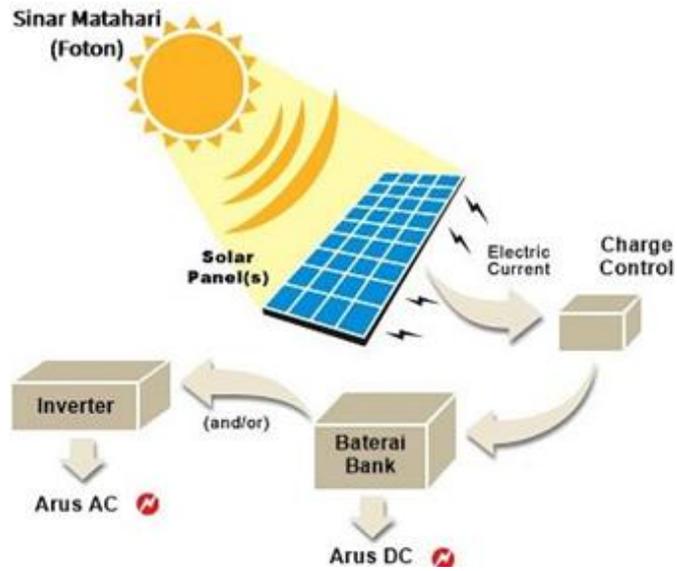
Yang terjadi adalah bahwa daya yang disuplai oleh solar cell ini berubah-ubah dan tidak stabil tergantung kondisi penyinaran saat itu, sehingga apabila solar cell ini dihubungkan secara langsung ke beban, maka dapat merusak beban tersebut. Solusinya adalah dengan menggunakan sistem penyimpanan energi yang menyimpan energi listrik tersebut untuk kemudian disambungkan ke beban, sehingga apabila kondisi penyinaran matahari dalam keadaan mendung, dari sistem penyimpanan energi tersebut masih dapat menyuplai beban secara stabil.

Sistem penyimpanan energi yang sering digunakan adalah baterai/

accumulator. Solar cell yang memiliki nominal tegangan 12 V, biasanya dapat menghasilkan tegangan yang berubah dari 8-20 V, sedangkan baterai yang digunakan mempunyai tegangan nominal 12 V. Adanya perbedaan antara tegangan keluaran dari solar cell dan baterai tentu saja memiliki dampak, yaitu kerusakan pada baterai yang berakibat akan mengurangi lifetime dari baterai. Oleh karena dibutuhkan regulator tegangan yang mengubah tegangan solar cell tersebut ke 12 V. Regulator ini selain berfungsi sebagai regulator tegangan, juga harus mempunyai fungsi sebagai dioda proteksi, sehingga hanya melewatkan arus yang menuju baterai dan tidak ada arus balik ke solar cell. Apabila sore, dengan tidak adanya penyinaran dari matahari, tegangan dari solar cell bisa lebih kecil dari baterai yang memungkinkan adanya arus balik dari baterai ke solar cell, tapi dengan adanya dioda proteksi ini hal tersebut tidak terjadi. Regulator ini juga disebut sebagai Charger.

2.12. Proses Penyerapan Dan Penyuplaian Energi Matahari

Energi listrik yang disuplai ke baterai dapat langsung digunakan oleh motor dikarenakan energi yang tersimpan adalah dalam bentuk arus DC (Direct Current/ Arus Searah) dan motor yang digunakan adalah motor DC.

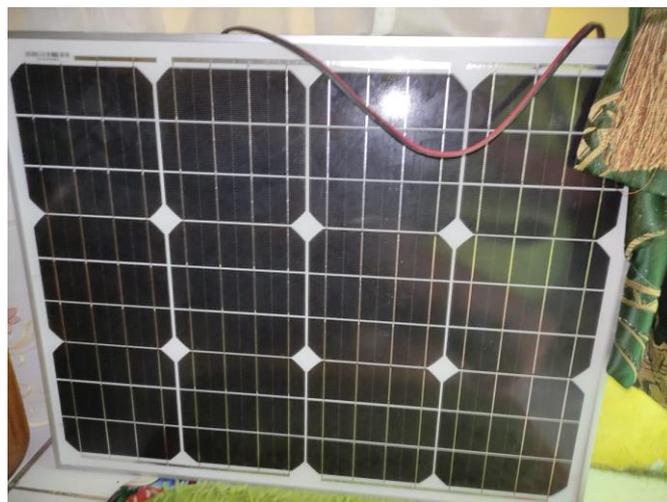


Gambar 2.14. Sistem Kerja Panel Surya

2.13. Perancangan dan Realisasi Perangkat Keras

Perangkat keras alat ini terdiri dari beberapa Modul:

2.13.1. Modul Sel Surya



Gambar 2.15. Modul Cell Surya Polycrystalline

Modul surya (polycrystalline) adalah sejumlah sel surya yang dirangkai secara seri dan paralel, biasanya terdiri dari 28-36 sell untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban. Untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang maksimum maka permukaan modul surya harus selalu mengarah ke matahari. Komponen utama sistem surya photovoltaic adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya photovoltaic. Untuk membuat modul photovoltaic secara pabrikasi bisa menggunakan teknologi kristal dan thin film. Modul photovoltaic kristal dapat dibuat dengan teknologi yang relatif sederhana, sedangkan untuk membuat sel photovoltaic diperlukan teknologi tinggi.

2.13.2. Modul Baterai

Baterai berfungsi sebagai media penyimpanan energi yaitu energi listrik dari panel surya. Baterai yang digunakan adalah baterai kering jenis lead acid dengan tegangan kerja 12V, 70Ah. Daya pada baterai tergantung dari berapa banyak energi yang dapat disimpan, energi yang tersimpan dalam sebuah baterai dalam satuan Ah (Ampere hour) atau daya perjam, sehingga dapat mengetahui total kapasitas arus dengan tegangan kerja baterai.



Gambar 2.16. Modul Baterai

Berikut pada Tabel 2.3 disajikan kapasitas baterai lead acid 12V 70Ah.

Tabel 2.3. Kapasitas Baterai Lead Acid 12V 70Ah

Parameter Baterai	Baterai Lead Acid 12V 70Ah	
	1 buah	2 buah terhubung seri
I (Kuat arus per jam atau Ah)	70 Ah	70 Ah
V (Tegangan baterai atau V)	12 V	24 V
P (daya per jam atau Wh)	840 Wh	1680 Wh
P (daya 80% daya Max)	672 Wh	1344 Wh

Berdasarkan Tabel 1 didapatkan bahwa sebuah baterai Lead Acid 12 V 70Ah memiliki kapasitas pelepasan sebesar ± 672 Wh selama 1 jam, ± 336 W lama 2 jam, dan seterusnya, maka baterai akan semakin cepat mengalami pelepasan energi (*dischargee*). Dalam kondisi terhubung seri didapatkan tegangan kerja baterai sebesar 28V menyesuaikan tegangan kerja motor BLDC yang digunakan, dengan kapasitas $\pm 1,344$ kWh. Penggunaan baterai ini dikarenakan tidak konstannya tenaga matahari dalam menghasilkan listrik. Dalam keadaan berawan/ mendung listrik yang dihasilkan tidak cukup untuk menggerakkan rangkaian sehingga dibutuhkan baterai agar energi listrik tetap tersedia walau di malam hari.

2.13.4. Inverter

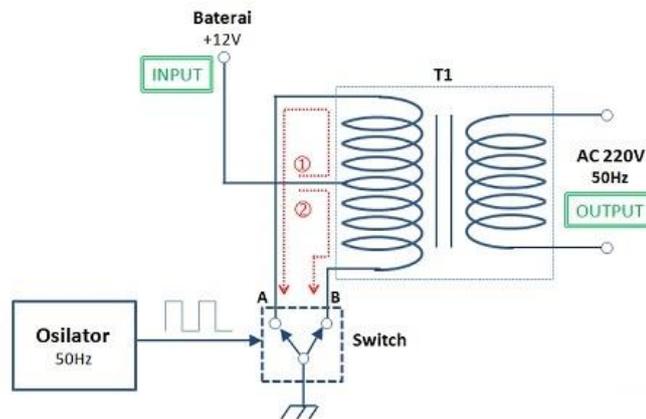


Gambar 2.15. Inverter

Inverter atau biasanya disebut dengan Power Inverter adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari Power Inverter tersebut dapat berupa Baterai, Aki maupun Sel Surya (Solar Cell). Inverter ini akan sangat bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Karena dengan adanya Power Inverter, kita dapat menggunakan Aki ataupun Sel Surya untuk menggerakkan peralatan-peralatan rumah tangga seperti Televisi, Kipas Angin, Komputer atau bahkan Kulkas dan Mesin Cuci yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220V ataupun 110V.

Bentuk-bentuk Gelombang yang dapat dihasilkan oleh Power Inverter diantaranya adalah gelombang persegi (*square wave*), gelombang sinus (*sine wave*), gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*) dan gelombang modulasi pulsa lebar (*pulse width modulated wave*) tergantung pada desain rangkaian inverter yang bersangkutan. Namun pada saat ini, bentuk-bentuk gelombang yang paling banyak digunakan adalah bentuk gelombang sinus (*sine wave*) dan gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*). Sedangkan Frekuensi arus listrik yang dihasilkan pada umumnya adalah sekitar 50Hz atau 60Hz dengan Tegangan Output sekitar 120V atau 240V. Output Daya listrik yang paling umum ditemui untuk produk-produk konsumen adalah sekitar 150 watt hingga 3000 watt.

Sederhananya, suatu Power Inverter yang dapat mengubah arus listrik DC ke arus listrik AC ini hanya terdiri dari rangkaian Osilator, rangkaian Saklar (Switch) dan sebuah Transformator (trafo) CT seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15 berikut.



Gambar 2.15. Prinsip Kerja Inverter

Sumber daya yang berupa arus listrik DC dengan tegangan rendah (contoh 12V) diberikan ke Center Tap (CT) Sekunder Transformator sedangkan dua ujung Transformator lainnya (titik A dan titik B) dihubungkan melalui saklar (switch) dua arah ke ground rangkaian. Jika saklar terhubung pada titik A akan menyebabkan arus listrik jalur 1 mengalir dari terminal positif baterai ke Center Tap Primer Transformator yang kemudian mengalir ke titik A Transformator hingga ke ground melalui saklar. Pada saat saklar dipindahkan dari titik A ke titik B, arus listrik yang mengalir pada jalur 1 akan berhenti dan arus listrik jalur 2 akan mulai mengalir dari terminal positif baterai ke Center Tap Primer Transformator hingga ke ground melalui Saklar titik B. Titik A, B dan Jalur 1, 2.

Peralihan ON dan OFF atau A dan B pada Saklar (Switch) ini dikendalikan oleh sebuah rangkaian Osilator yang berfungsi sebagai pembangkit frekuensi 50Hz yaitu mengalihkan arus listrik dari titik A ke titik B dan titik B ke titik A

dengan kecepatan 50 kali per detik. Dengan demikian, arus listrik DC yang mengalir di jalur 1 dan jalur 2 juga bergantian sebanyak 50 kali per detik juga sehingga ekuivalen dengan arus listrik AC yang berfrekuensi 50Hz. Sedangkan komponen utama yang digunakan sebagai Switch di rangkaian Switch Inverter tersebut pada umumnya adalah MOSFET ataupun Transistor.

Sekunder Transformator akan menghasilkan Output yang berupa tegangan yang lebih tinggi (contohnya 120V atau 240V) tergantung pada jumlah lilitan pada kumparan sekunder Transformator atau rasio lilitan antara Primer dan Sekunder Transformator yang digunakan pada Inverter tersebut.

2.13.4. Lampu Sorot



Gambar 2.15. Lampu Sorot

Lampu sorot dalam penelitian ini direncanakan menggunakan Lampu LED. Lampu LED ini merupakan jenis Lampu yang paling hemat pemakaian energinya. Lampu ini konstruksinya kecil sehingga dapat diterapkan dalam berbagai aplikasi. Di samping itu, warna yang dihasilkan berwarna-warni sehingga nampak indah.

Jenis-jenis Lampu memang sangat menguntungkan bagi kehidupan kita. Dengan mempergunakan jenis Lampu yang sesuai, maka dekorasi rumah kita dapat menjadi indah.

Lampu ini merupakan sirkuit semikonduktor yang memancarkan cahaya ketika dialiri listrik. Sifatnya berbeda dengan filamen yang harus dipijarkan (dibakar) atau lampu TL yang merupakan pijaran partikel. Lampu LED memancarkan cahaya lewat aliran listrik yang relatif tidak menghasilkan banyak panas. Karena itu Lampu LED terasa dingin dipakai karena tidak menambah panas ruangan seperti lampu pijar. Lampu LED juga memiliki warna sinar yang beragam, yaitu: putih, kuning, dan warna-warna lainnya.

Satu varian bentuk Lampu LED, dimana bentuk Lampu LED yang menggantikan bohlam bisa bermacam-macam. Yang pasti adalah Lampu LED merupakan Lampu berisi kumpulan LED kecil dengan warna putih atau kuning. Lampu LED merupakan lampu paling hemat energi di antara jenis Lampu lainnya.

Lampu tembak memanfaatkan light emitting diode tipe HPL dengan cahaya terang yang fokus pada satu titik. Umumnya, jenis tersebut dimanfaatkan untuk menerangi area proyek maupun pertambangan, atau dipakai sewaktu proses syuting film berlangsung. Dikenal juga sebagai lampu sorot, alat penerangan ini juga ada pada kendaraan yang biasa dipakai seperti mobil maupun motor.

2.13.4. Solar Charge Controller



Gambar 2.15. Solar Charge Controller

Solar Charger Controller pada sistem panel surya (atau sering kali disebut SCC atau Baterai Control Unit (BCU) atau Baterai Control Regulator (BCR) adalah bagian yang cukup penting. Peran utama SCC adalah melindungi dan melakukan otomatisasi pada pengisian baterai. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem dan menjaga agar masa pakai baterai dapat dimaksimalkan. Beberapa kondisi yang dapat dilakukan oleh Solar Charger Controller pada sistem panel surya:

1. Mengendalikan tegangan panel surya anda. Tanpa fungsi kontrol pengendali antara panel surya dan baterai, panel akan melakukan pengisian baterai melebihi tegangan daya yang dapat ditampung baterai, sehingga dapat merusak sel yang terdapat di dalam baterai.
2. Mengawasi tegangan baterai anda. SCC dapat mendeteksi saat tegangan baterai anda terlalu rendah. Bila tegangan baterai turun di bawah tingkat tegangan tertentu, SCC akan memutuskan beban dari baterai agar daya baterai tidak habis. Penggunaan baterai dengan kapasitas daya yang habis, akan merusak baterai. Bahkan baterai dapat menjadi tidak dapat digunakan kembali.

3. Menghentikan arus terbalik pada saat malam hari. Pada malam hari, panel surya tidak menghasilkan arus, karena tidak terdapat lagi sumber energi, yaitu matahari. Alih-alih arus berhenti mengalir, arus yang terdapat dalam baterai dapat mengalir terbalik ke panel surya, dan hal ini dapat merusak sistem panel surya anda.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Penelitian ini membahas tentang pemanfaatan energi surya sebagai energi alternatif untuk mengoperasikan mesin pengeruk sampah otomatis. Selain itu pada penelitian ini akan dilakukan pengujian dan unjuk kerja sistem yang akan menghasilkan sebuah data untuk dianalisa.

3.2. Waktu dan Tempat.

Pelaksanaan kegiatan penelitian akan dilaksanakan di Kelurahan Nelayan Indah Kecamatan Medan Labuhan.

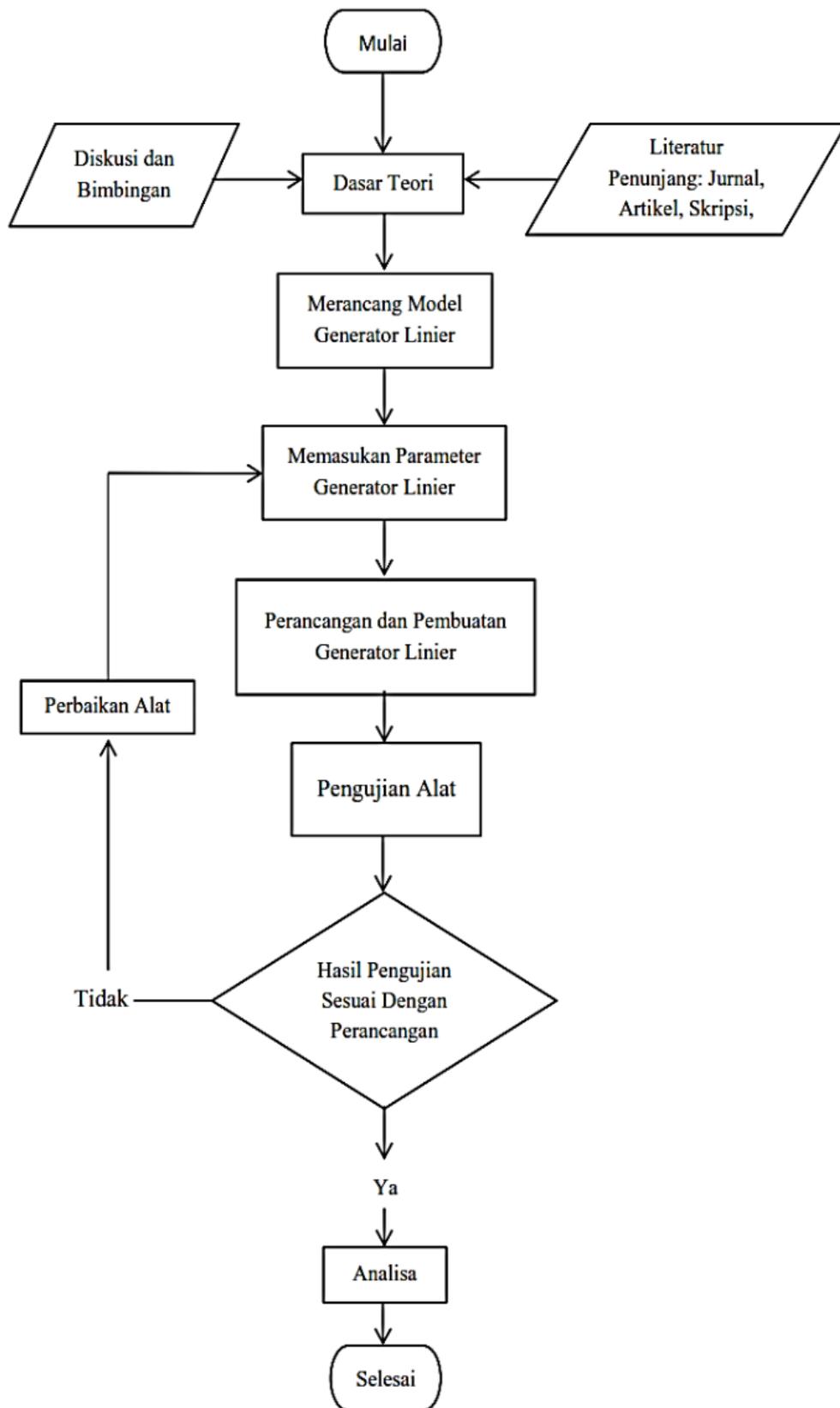
3.3. Prosedur Penelitian

Tahapan persiapan penelitian dan simulasi analisis pemanfaatan energi tenaga surya oleh nelayan untuk membantu penerangan di malam hari sebagai berikut:

1. Tahap pertama adalah memulai penelitian. Penelitian yang akan dilakukan yaitu analisis pemanfaatan energi tenaga surya oleh nelayan.
2. Tahap kedua adalah mengumpulkan dasar teori, data-data serta referensi yang berkaitan dengan rancang bangun alat yang dibuat. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam perancangan alat pemanfaatan energi tenaga surya oleh nelayan.

3. Tahap ketiga adalah tahapan pengumpulan materi yang dibutuhkan yang berhubungan dengan perancangan alat pemanfaatan energi tenaga surya oleh nelayan yang akan dibuat.
4. Tahap keempat adalah tahap perancangan alat pemanfaatan energi tenaga surya oleh nelayan.
5. Tahap kelima adalah tahap perakitan alat dan simulasi, dari hasil perancangan dari parameter dituangkan dalam bentuk design alat pemanfaatan energi tenaga surya oleh nelayan.
6. Tahap pengujian adalah tahap untuk mengecek keseluruhan komponen yang siap dijalankan, bila tidak sesuai maka diulang kembali.

Diagram alir prosedur penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1. Diagram Alir Prosedur Kerja

3.4. Peralatan Pengujian

Berikut adalah beberapa alat ukur yang digunakan pada penelitian ini:

3.4.1. Termometer

Termometer digunakan untuk mengukur suhu, juga dipakai untuk mengetahui suhu pada panel solar cell dimana termometer diletakkan di bagian atas solar cell saat dilakukan pengukuran dalam sekali 20 menit.



Gambar 3.2. Termometer Digital

3.4.2. Anemometer

Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin yang banyak dipakai dalam bidang metrologi dan geofisika atau stasiun prakiraan cuaca. Nama alat ini berasal dari kata Yunani *anemos* yang berarti angin. Perancang pertama dari alat ini adalah Leon Battista Alberti pada tahun 1450. Selain mengukur kecepatan angin, alat ini juga dapat mengukur besarnya tekanan angin dimana saat pengukuran tekanan angin posisi anemometer diarahkan pada tekanan angin.



Gambar 3.3. Anemometer

3.4.3. Multimeter Digital

Alat ini berfungsi sebagai alat ukur yang dipakai untuk mengukur tegangan listrik, arus listrik, dan tahanan (resistansi). Sedangkan pada perkembangannya Multitester masih bisa digunakan untuk beberapa fungsi seperti: mengukur temperatur, induktansi, frekuensi, dan sebagainya. Ada juga orang yang menyebut multimeter dengan sebutan AVO meter, yang maksudnya A (ampere), V (volt), dan O (ohm).



Gambar 3.4. Multimeter Digital

3.4.4. Solar Power Meter

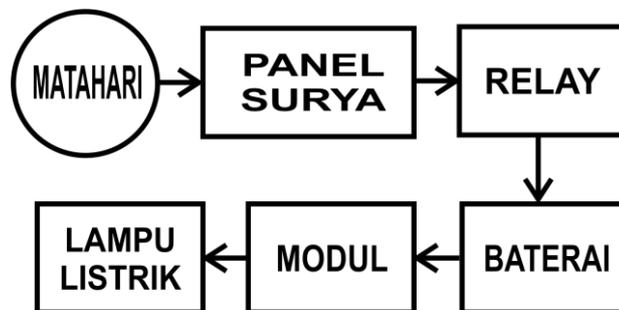
Alat ini berfungsi sebagai alat untuk menguji, mengukur intensitas energi surya. Energi surya sendiri merupakan energi yang didapat dengan mengubah

energi panas surya (matahari) melalui perangkat lain menjadi sumber daya energi dalam bentuk lain. Energi surya sendiri menjadi salah satu sumber daya energi selain air, uap, angin, biogas, batubara, dan minyak bumi. Solar power meter atau perangkat yang menguji tenaga surya, dimana sumber tenaga matahari ini dikonversi dari sinar matahari menjadi listrik, baik secara langsung dengan menggunakan photovoltaic.



Gambar 3.5. Solar Power Meter

3.5. Blok Diagram Proses Kerja Alat



Gambar 3.6. Blok Diagram Proses Kerja

Pada Gambar 3.6 di atas blok diagram menjelaskan aliran proses, mulai dari input hingga output. Input sistem ada 2 yaitu energi matahari dan kondisi ada tidaknya sampah. Untuk input energi dilakukan konversi oleh sebuah panel surya dari cahaya matahari menjadi energi listrik. Keluaran solar cell digunakan untuk pengecasan baterai dimana proses pengecasan dikontrol oleh Solar Charge

Controller. Output baterai digunakan untuk menjalankan rangkaian termasuk motor penggerak. Input dari kondisi ada tidaknya sampah dideteksi oleh sensor inframerah. Dimana jika sensor mendeteksi tidak adanya penghalang di antara pemancar inframerah dan sensor logika keluaran sensor akan nol. Sebaliknya jika terdapat sampah di antara sensor akan berlogika 1 output sensor dibaca oleh microcontroller. Jika logika 1 dan sensor akan menyebabkan microcontroller mengaktifkan motor, melalui penguat arus. Pada sensor ini logika 0 = 0 volt, dan logika 1 = 5 volt.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksiting Boat Nelayan

Umumnya boat nelayan di Kelurahan Nelayan Indah Kecamatan Medan Labuhan memiliki ukuran $1,5 \times 7$ meter; dengan posisi atap hanya berada di atas mesin boat. Boat nelayan menggunakan mesin dompeng 240 DK yang digunakan sebagai mesin penggerak kapal dan mesin hisap air buang. Sedangkan untuk penerangan malam hari ketika melaut dan menambatkan kapal, nelayan menggunakan mesin genset 1200 watt.

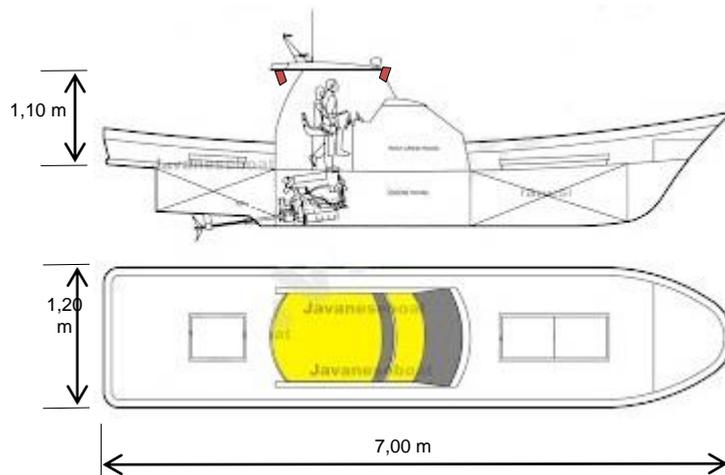
Pada penelitian ini membahas bentuk penerangan malam hari menggunakan Tenaga Surya. Penggunaan lampu LCD sebagai penerangan kapal di malam hari sebanyak 2 unit yang diletakkan di tiang rumah mesin, pada bagian depan dan belakang boat.

Tabel 4.1. Data Penerangan Lampu Boat Konvensional

Uraian	Spesifikasi
Jenis Lampu	LED
Daya	100 watt
Tegangan	220 volt
Arus	1,8 ampere
Warna Lampu	Putih
Umur	12.000 jam
Lumen	10.000 lumen
Temperatur	3000 K

4.2 Menghitung Fluks Cahaya Pada Lampu Boat Nelayan

Setelah mengetahui penjelasan Tabel 4.1 perhitungan yang akan dilakukan adalah:



Gambar 4.1. Tiang Lampu Boat

dimana :

h = Tinggi tiang

T = Jarak lampu ke boat

C = Jarak horizontal lampu ke boat

w_1 = Jarak tiang ke horizontal lampu

w_2 = Jarak horizontal lampu ke boat

b = Lebar batu boat

θ = Jarak batu boat ke horizontal lampu

φ = Sudut kemiringan stang ornamen

Menentukan sudut kemiringan stang ornament/ titik penerangan mengarah ke boat menggunakan rumus *pythagoras*, yaitu:

$$T = \sqrt{h^2 + c^2}$$

$$T = \sqrt{1,2^2 + 2^2}$$

$$T = \sqrt{1,44 + 4}$$

$$T = \sqrt{5,44}$$

$$T = 2,33 \text{ m}$$

maka :

$$\text{Cos}^{-1}\varphi = \frac{n}{T}$$

$$= \frac{1,2}{2,33}$$

$$= 0,52$$

$$\varphi = 58,7^\circ \approx 59^\circ$$

Sudut kemiringan stang ornament lampu konvensional adalah 59° .

Pengaruh dari sudut kemiringan yaitu penyebaran cahaya sampai ke ujung boat.

A. Menghitung Intensitas Cahaya

$$I = \frac{\Phi}{w}$$

$$= \frac{15000}{4\pi}$$

$$= 1194,27 \text{ cd}$$

B. Menghitung Intensitas Penerangan

$$h = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,52$$

$$I = 1194,27 \text{ cd}$$

maka :

$$I = \frac{E_{p1} h^2}{\cos \theta}$$

$$1194,27 = \frac{E_{p1} \times 1,2^2}{0,52}$$

$$E_p \times 1,2^2 = 1194,27 \times 0,52$$

$$1,44 E_p = 621,02$$

$$E_p = 431,26 \text{ lux}$$

C. Menghitung Daya Lampu

Diketahui: Lampu boat nelayan menggunakan tipikal lampu jenis SON-T 100W. Efisiensi rata-rata (lumen/watt) ditunjukkan pada Tabel 4.4 dengan nilai $P = 110$.

$P = 110$ (efisiensi rata-rata berdasarkan SNI 7391)

$$\phi = 10.000 \text{ lm}$$

maka :

$$\text{Besar daya lampu} = \frac{\phi}{P} = \frac{10.000}{110}$$

$$= 90,91 \text{ watt}$$

Analisa

Berdasarkan perhitungan, Lampu boat nelayan di Kelurahan Nelayan Indah hampir mendekati SNI 7391 dengan lebar boat 1,20 m; tinggi tiang 1,10 m dan panjang rumah mesin 2 m. Dayayang dihasilkan sebesar 136,36 watt sedangkan jenis lampu yang digunakan SON-T ukuran 100 watt.

Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Fluks Cahaya pada Lampu Boat Nelayan di Kelurahan Nelayan Indah

Perhitungan	Hasil
Sudut kemiringan	59°
Intensitas cahaya	1194,27 cd
Intensitas penerangan	431,26 lux
Daya lampu	136,36 watt

4.3 Perhitungan Daya dan RAB Lampu Boat Nelayan

4.3.1 Daya Lampu Boat Nelayan

Diketahui daya 4400 VA dari mesin genset melayani beban lampu SON-T 100 W sebanyak 2 unit lampu yang diletakkan pada tiang rumah mesin kapal. Perhitungan besaran daya pada lokasi Kelurahan Nelayan Indah dengan rumus :

$$\text{Total } P_{\text{load}} = P_{\text{load}} \times \text{Total lampu}$$

$$\text{Total } P_{\text{load}} = 100 \times 2 = 200 \text{ Watt}$$

$$E_{\text{load}} = P_{\text{load}} \times t$$

$$E_{\text{load}} = 100 \times 2 = 200 \text{ Wh dikonversikan } 0,2 \text{ kWh (lampu)}$$

$$\text{Total } E_{\text{load}} = 1 \times 0,2 \text{ kWh} = 0,2 \text{ kWh (per hari)}$$

$$\text{Total } E_{\text{load}} = 0,2 \text{ kWh} \times 30 = 6 \text{ kWh (per bulan)}$$

$$\text{Total } E_{\text{load}} = 6 \text{ kWh} \times 12 = 72 \text{ kWh (per tahun)}$$

Tabel. 4.7 Daya Penerangan Konvensional Boat Nelayan

Lokasi	Pload (kWh)	Daya (kWh)		
		Hari	Bulan	Tahun
Boat nelayan di Kelurahan Nelayan Indah	0,2	0,2	6	72

4.3.2 RAB Lampu boat nelayan

Biaya investasi pada lampu boat nelayan meliputi biaya pembelian keseluruhan material dan biaya pemasangan (instalasi) material. Berikut data harga per unit material lampu boat nelayan dan perhitungannya berdasarkan harga dipasaran, sehingga didapat total biaya investasi atau biaya awal yang dipakai untuk membuat/ mendirikan lampu boat nelayan di Kelurahan Nelayan Indah adalah:

Tabel 4.8.Harga Keseluruhan Material Konvensional dari Lampu Boat Nelayan

Jenis Material	Harga	Jumlah	Harga Total
Lampu SON-T 100 Watt	Rp. 250.000,-	2	Rp. 500.000,-
Mesin Genset ET1 Yamaha	Rp. 3.050.000,-	1	Rp. 3.050.000,-
Instalasi listrik	Rp. 100.000,-	pasang	Rp. 100.000,-
Total			Rp. 3.650.000,-

4.3.3Biaya Operasional (pertahun)

Biaya operasional Lampu Boat Nelayan adalah biaya yang dikeluarkan dalam setiap periode (TDL). Biaya ini dikeluarkan untuk mengoperasikan/menghidupkan lampu penerangan boat sesuai fungsinya. Berikut diberikan gambaran kebutuhan biaya kebutuhan penggunaan lampu boat nelayan.Kebutuhan minyak genset selama pemakaian 12 jam (mulai jam 18.00 – 06.00) adalah

- 10 ltr pertalite = $12 \times \text{Rp. } 7.850,- = \text{Rp. } 94.200,-$ / per hari
- Kebutuhan 1 bulan = $30 \times \text{Rp. } 94.200,- = \text{Rp. } 2.826.000,-$
- Kebutuhan 1 tahun = $12 \times \text{Rp. } 2.826.000,- = \text{Rp. } 33.912.000,-$

Total biaya pembelian minyak untuk penerangan boat selama 1 tahun sebanyak 4380 liter dengan biaya Rp. 33.912.000,-.

4.4 Perencanaan Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya

Seluruh lampu boat nelayan yang terpasang pada saat ini di Kelurahan Nelayan Indah masih konvensional. Alternatif yang paling ekonomis sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan tidak mengesampingkan kualitas dan manfaat lampu boat nelayan itu sendiri. Data yang dipakai penulis didapat dari berbagai sumber seperti jurnal-jurnal ataupun buku-buku yang

membahas mengenai lampu boat nelayan tenaga surya dan juga dari artikel yang berkaitan di internet.

Berdasarkan latar belakang tugas akhir ini, bahwa penggunaan lampu boat nelayan tenaga surya di Kelurahan Nelayan Indah perlu dilakukan sebagai upaya efisiensi penggunaan minyak, supaya jumlah konsumsi minyak di kota Medan dapat ditekan.

Berdasarkan perencanaan diketahui daya lampu AC yang digunakan Lampu boat nelayan sangat besar, maka pada penelitian ini digunakan lampu penerangan DC (lampu LED) yang memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan lampu AC. Beberapa keunggulan tersebut antara lain:

- Penggunaan energi yang kecil.
- Keandalan lampu LED (lampu DC) 5× lampu standard biasa (lampu AC SON T 150 Watt)
- Tidak membutuhkan adanya inverter.
- Adapun kerugiannya adalah biaya pengadaan dengan menggunakan lampu LED lebih mahal.

4.5 Menentukan Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya

Berdasarkan hasil perhitungan Lampu boat nelayan, lampu yang dipakai adalah lampu AC(SON-T 100 Watt/110 lm dikonversikan pada Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya menggunakan lampu DC (LED dengan daya 100 watt).

Tabel 4.14. Spesifikasi Lampu LED 100 Watt

Jenis	Ukuran
LED 2 BUAH (50w)	100 Watt

Voltage	12 VCD
Luminous efficiency	113 lm/W
Life-span	50.000 hour

4.6 Perhitungan Energi Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya

Lampu yang digunakan pada perencanaan lampu boat nelayan tenaga surya di Kelurahan Nelayan Indah adalah LED 50 watt. Mencari energi lampu yang digunakan pada lampu boat nelayan tenaga surya adalah:

Besar energi yang dipakai pada lampu LED :

$$\begin{aligned}
 E_{\text{load}} &= P_{\text{load}} \times t \\
 &= 100 \text{ watt} \times 12 \text{ hour} \\
 &= 1200 \text{ (watt hour)} \\
 &= 1,2 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

dimana :

E_{load} = energi yang dibutuhkan atau beban (Wh/Watt hour)

P_{load} = daya beban atau lampu (watt)

t = lama pemakaian beban atau lampu dalam satu hari (hour)

Hasil dari besaran energi pada lampu boat nelayan tenaga surya tiang *single ornament* dengan beban LED 50 watt 2 buah adalah 1,2 kWh. Total energi yang digunakan lampu boat nelayan tenaga surya dengan jumlah 2 unit adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Total } P_{\text{load}} &= 100 \text{ W} \\
 \text{Total } E_{\text{load}} &= 0,1 \text{ kWh} \times 2 \text{ unit} \\
 &= 0,2 \text{ kWh / (hari)} \\
 \text{Total } E_{\text{load}} &= 0,2 \text{ kWh} \times 30 \text{ hari} \\
 &= 6 \text{ kWh / (perbulan)} \\
 \text{Total } E_{\text{load}} &= 6 \text{ kWh} \times 12 \text{ bulan} \\
 &= 72 \text{ kWh / (pertahun)}
 \end{aligned}$$

Tabel. 4.7 Daya Penerangan Lampu Tenaga SuryaBoat Nelayan

Lokasi	Pload (kWh)	Daya (kWh)		
		Hari	Bulan	Tahun
Boat nelayan di Kelurahan Nelayan Indah	0,2	0,2	6	72

4.7 Menentukan Panel Surya

Spesifikasi panel surya yang digunakan untuk perencanaan lampu boat nelayan tenagasurya, ditunjukkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19. Data/Spesifikasi Panel Surya

Keterangan	Spesifikasi
Tipe	Monocrystalline
Daya Modul (Pnom)	1 × 200 Wp (watt peaks)
Tegangan maks (Vm)	18,45 Volt
Arus maks (Im)	7,89 Ampere
Tegangan tanpa beban (Voe)	22,18 Volt
Arus hubung singkat (Isc)	8,40 Ampere
Lifetime	25 tahun
Dimensi modul	775 mm × 680 mm

Panel surya atau *photovoltaic* tipe *monocrystallin* terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur kemudian dituang dalam cetakan berbentuk persegi. Ciri fisik tipe *monocrystalline* adalah warna yang kebiruan, bentuknya kotak/persegi, dan susunannya terlihat lebih rapat pada panel surya. Selain itu tipe *monocrystallin* memiliki penyerapan sinar matahari rendah tetapi pada saat

mendung/ berawan tetap dapat menyerap energi dengan baik. Panel surya memiliki umur rata-rata 25 tahun, dimana saat mencapai umur tersebut tingkat daya panel surya turun hingga 20%. Panel surya juga dilengkapi dengan junction box yang tahan air (water proof) dan konektor IP 67.



Gambar 4.3. *Photovoltaic Tipe Monocrystalline*

Mencari efisiensi sel surya, maka harus mencari dahulu faktor pengisian (*fill factor*) dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 FF &= \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} \\
 &= \frac{18,45 \times 7,89}{22,18 \times 8,40} \\
 &= \frac{145,57}{186,31} \\
 &= 0,78
 \end{aligned}$$

Mencari luas permukaan panel surya dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas permukaan panel surya} &= (775 \text{ mm} \times 680 \text{ mm}) \\
 &= 527000 \text{ mm}^2 \\
 &= 0,527 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Besar intensitas sinar global matahari yang diterima ketika radiasi dalam keadaan maksimum sebesar 1000 watt/m². Menghitung efisiensi sel surya dengan rumus :

$$\begin{aligned} \eta_o &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{V_{oc} \times I_{sc} \times FF}{S \times F} \times 100\% \\ &= \frac{22,18 \times 8,40 \times 0,78}{0,527 \times 1000} \times 100\% \\ &= \frac{145,32336}{527} \times 100\% \\ &= 27,58\% \end{aligned}$$

dimana :

FF = faktor pengisian/ *fill factor*

V_m = tegangan nominal panel surya (volt)

I_m = arus nominal panel surya (volt)

V_{oc} = tegangan *open circuit* panel surya (volt)

I_{sc} = arus *short circuit* panel surya (volt)

F = intensitas radiasi matahari yang diterima 1000 (watt/m²)

S = luas permukaan modul sel surya (m²)

Menurut data Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), suhu kota Medan berkisar antara 24°C – 34°C ketika penyinaran berlangsung dari 07.00 – 17.00 dengan total 10 jam. Besarnya jumlah sinar global diperoleh:

$$\begin{aligned} e &= 1 & T &= 303\text{K} & t_s &= 10 \text{ jam} \\ \text{Jumlah sinar global (wh/m}^2\text{) / hari} &= \sigma \cdot e \cdot T^4 \cdot t_s \\ &= 5,67 \times 10^{-8} \times 1 \times (303)^4 \times 10 \\ &= 4779,18 \text{ (wh/m}^2\text{/hari)} \end{aligned}$$

dimana :

P = daya (watt)

A = luas (m²)

σ = tetapan Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8}$ watt/m²K⁴)

e = koefisien emisivitas (0-1)

T = suhu permukaan (⁰K)

t_s = lamanya penyinaran (hours)

Lamanya penyinaran yang mengenai panel surya t_{modul}, dihitung dengan mengasumsikan penyinaran maksimum sinar global sebesar 1000 watt/m²/hari :

$$\begin{aligned}t_{\text{modul}} &= \frac{\text{jumlah sinar global (wh/m2/hari)}}{\text{maksimum sinar global (watt/m2/hari)}} \\ &= \frac{4779,18}{1000} \\ &= 4,77918 \text{ jam}\end{aligned}$$

Menghitung energi yang dihasilkan panel surya dengan rumus:

$$\begin{aligned}E_{\text{modul}} &= P_{\text{nom}} \times t_{\text{modul}} \\ &= 400 \times 4,77918 \\ &= 1911,672 \text{ Wh}\end{aligned}$$

Jumlah minimum modul yang digunakan untuk dapat melayani lampu LED dengan daya 100 watt adalah :

$$\begin{aligned}n_{\text{min}} &= \frac{P_{\text{load}} \times t}{E_{\text{modul}} \times \eta_{\text{baterai}}} \times 100\% \\ &= \frac{30 \text{ watt} \times 12 \text{ jam}}{1911,672 \text{ Wh} \times 90\%} \times 100\% \\ &= \frac{360}{623,68299} \\ &= 0,57 \text{ dikonversikan menjadi 1 modul panel surya.}\end{aligned}$$

dimana :

t_{modul} = lamanya panel surya mendapatkan sinar global (hour/jam)

E_{modul} = energi yang dihasilkan modul (Wh/hari)

P_{nom} = daya nominal panel surya (watt)

n_{min} = jumlah minimum modul yang diperlukan

η_{baterai} = efisiensi baterai (%)

Jadi untuk melayani satu beban lampu LED dibutuhkan 1 modul panel surya.

4.8 Menentukan Baterai

Spesifikasi baterai yang digunakan untuk perencanaan lampu boat nelayan tenaga surya, ditunjukkan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20. Data/Spesifikasi Baterai

Keterangan	Spesifikasi
Tipe	<i>GEL –Electrolyte Valve Regulated Lead Acid (VRLA)</i>
Tegangan baterai	12 Volt
Kapasitas arus	5 Ah
Efisiensi baterai	90%
Lifetime	5 tahun
Dimensi modul	305 mm × 168 mm

Syarat baterai bekerja secara normal adalah arus tersimpan di baterai tidak boleh terkuras lebih dari 25%, sehingga DOD (*Deep of Discharge*) = 100% – 25% = 75%. Cadangan beban adalah cadangan daya untuk beban (lampu) apabila panel surya tidak dapat menerima sinar matahari atau dalam satu hari cuaca dalam keadaan mendung, biasanya dibuat cadangan untuk beban dalam satu hari.

Cadangan beban dalam satu hari :

$$\frac{E_{\text{load}}}{V} = \frac{1200 \text{ Wh}}{12 \text{ V}}$$

$$= 100 \text{ Ah}$$

dimana :

E_{load} = besaran energi

i_b = kapasitas baterai (Ah/Ampere.hour)

V_b = tegangan baterai (volt)

DOD = *deep of discharge* (%)

E_{maks} = banyak panel surya \times E_{modul}

η_{baterai} = efisiensi baterai (%)

Kapasitas baterai lampu boat nelayan tenaga surya dihitung berdasarkan

DOD dan η baterai dengan rumus :

$$i_b = \frac{\left(\frac{E_{\text{maks}}}{V_b} + \text{cadangan beban dalam satu hari (Ah)} \right)}{\text{DOD} \times \eta_{\text{baterai}}} \times 100\%$$

Maka :

$$i_b = \frac{\text{Total}}{\text{DOD} \times \eta_{\text{baterai}}}$$

Sehingga :

$$\text{Total} = \frac{1 \times 1911,672 \text{ Wh}}{12 \text{ Volt}} + 5 \text{ Ah}$$

$$\text{Total} = 164,306 \text{ Ah}$$

Maka :

$$i_b = \frac{164,306}{0,75 \times 0,9}$$

$$= 243,416 \text{ Ah}$$



Gambar 4.4. Baterai Tipe VRLA

4.9 Solar Charge Controller

Spesifikasi solar charge controller yang digunakan untuk perencanaan lampu boat nelayan tenaga surya, ditunjukkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21. Data/Spesifikasi Solar Charge Controller

Keterangan	Spesifikasi
Tegangan nominal	12 Volt
Arus beban	10 Ampere
Arus pengisian	30 Ampere
Sistem control	PWM (Pulse Width Modulation)
Tegangan reconnect	12,5 Volt / 25 Volt
Tegangan bebas putus	11,5 Volt / 23 Volt

Solar charge controller merupakan suatu alat untuk mengatur pengisian aki atau rangkaian baterai. Tegangan DC yang dihasilkan panel surya umumnya bervariasi dari 12 volt ke atas. Kontrol ini berfungsi sebagai alat mengatur tegangan aki agar tidak melampaui batas toleransi dayanya. Alat penegontrol ini

juga mencegah pengaliran arus aki balik ke panel surya ketika proses pengisian sedang tidak berlangsung. Apabila aki sudah penuh terisi maka aliran DC dari panel surya akan terputus agar aki tidak lagi menboati pengisian sehingga kerusakan pada aki/baterai bisa dicegah dan usia bisa diperpanjang.



Gambar 4.5. Solar Charge Controller

Ukuran atau *rating* untuk alat pengontrol aliran masuk dan keluar dari baterai dalam satuan Ampere adalah:

$$\begin{aligned}
 i_{cc} &= \frac{P_{maks}}{FF \times V_{oc}} \times (100\% + \eta_{baterai}) \\
 &= \frac{400}{0,78 \times 22,18 \text{ volt}} \times (100\% + 90\%) \\
 &= \frac{400}{17,3004} \times 1,9 \\
 &= 43,92 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

4.10 Perhitungan RAB Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya

Berdasarkan data harga per unit material Lampu boat nelayan dan perhitungannya didapat Rencana Anggaran Biaya (RAB) atau awal yang dipakai untuk merencanakan lampu boat nelayan tenaga surya Kelurahan Nelayan Indah :

Tabel 4.22. Harga Keseluruhan Material Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya

Jenis Material	Harga	Jumlah	Harga Total
Panel Surya 200 Watt Peaks	Rp. 2.200.000,-	1	Rp. 2.200.000,-
Armature Lampu dan Lampu LED 50 Watt	Rp. 250.000,-	2	Rp. 500.000,-
Baterai 400 Ah	Rp. 150.500,-	1	Rp. 150.500,-
Solar Charge Controller 30 A	Rp. 60.000,-	1	Rp. 60.000,-
Box Panel	Rp. 30.000,-	1	Rp. 30.000,-
Inverter	Rp. 300.000,-	1	Rp. 300.000,-
Kabel instalasi NYHY 2 × 1,5 mm	Rp. 100.000,-	pasang	Rp. 100.000,-
Total Biaya			Rp. 3.390.500,-

Total biaya investasi atau biaya awal untuk membuat penerangan solar cell sebanyak 2 lampu pada Boat Nelayan di Kelurahan Nelayan Indah adalah Rp.3.390.500,-.

4.11 Analisa Perbandingan Daya dan RAB LampuBoat Nelayan dengan Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya

4.11.1 Analisa Perbandingan Daya Lampu Boat Nelayan

Tabel 4.23. Perbandingan DayaLampuBoat Nelayan dengan Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya

Perbandingan Daya				
Keterangan	Total Daya Beban Lampu	Total Energi yang Dibutuhkan		
		Hari	Bulan	Tahun
Lampu Konvensional	0,2 Kw	0,2 kWh	6 kWh	72 kWh
Lampu Tenaga Surya	0,2 Kw	0,2 kWh	6 kWh	72 kWh

Tabel 4.23 menunjukkan bahwa total daya beban lampu boat nelayan lebih besar dibandingkan dengan Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya :

$$0,2Kw :0,2 Kw$$

Karena besar daya beban lampu yang digunakan Lampu boat nelayan sebesar 100 Watt dibandingkan Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya yang menggunakan lampu LED sebesar 100 Watt.Total energi yang dibutuhkan Lampu boat nelayan lebih besar dibandingkan Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya pada setiap hari, bulan dan tahun :

$$0,2kWh :0,2 kWh / hari$$

$$6kWh :6 kWh / bulan$$

$$72kWh :72 kWh / tahun$$

Karena besar daya beban lampu yang digunakan Lampu boat nelayan sebesar 200 Watt dibandingkan Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya yang menggunakan lampu LED sebesar 100 Watt meskipun dengan jumlah tiang Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya lebih banyak dari jumlah lampu boat nelayan.

4.11.2 Analisa Perbandingan RAB Lampu Boat Nelayan

Tabel 4.24. Perbandingan RAB Lampu Boat Nelayan dengan Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya

Perbandingan Rencana Anggaran Biaya		
Jenis Biaya	Lampu Konvensional	Lampu Tenaga Surya
Biaya investasi	Rp. 3.650.000,-	Rp. 3.390.500,-
Biaya operasional per tahun	Rp. 1.000.000,-	Rp. 1.000.000,-
Total Biaya	Rp. 4.650.000,-	Rp. 4.390.500,-

Tabel 4.24 Perbandingan RAB Lampu boat nelayan dengan Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya menunjukkan bahwa rencana anggaran biaya (RAB) yang dikeluarkan Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya lebih besar dibanding lampu boat nelayan :

$$\text{Rp.4.650.000,-} : \text{Rp. 4.390.500,-}$$

Perbandingan antara lampu boat nelayan dan Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya diambil usia Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya 25 tahun. Estimasi Total biaya Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya sebesar Rp.3.140.500,- dibagi dengan biaya operasional lampu boat nelayan pertahun, yaitu:

$$\frac{\text{Rp. 3.140.500,-}}{\text{Rp. 1.509.500,-}} = 2,08 \text{ Tahun}$$

Oleh karena itu dengan biaya perencanaan Lampu Boat Nelayan Solar Cell akan kembali selama 2,08 tahun atau 2 tahun dari biaya operasional (TDL) lampu boat nelayan. Perencanaan Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya dengan investasi awal yang cukup mahal, tetapi tidak menanggung biaya TDL setiap bulannya. Berbeda dengan lampu boat nelayan dengan investasi awal lebih sedikit, tetapi masih menanggung biaya minyak setiap bulannya.

4.12 Perencanaan Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya di Kelurahan Nelayan Indah

Penggantian lampu boat nelayan menjadi Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya yaitu energi yang terbarukan yang akan diaplikasikan di Kelurahan Nelayan Indah. Perencanaan Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya menggunakan tiang ruang mesin kapal untuk menerangi bagian depan dan bagian belakang boat. Pada masing-masing tiang dipasang lampu LED 100 watt dan 1 modul panel surya 200 Wp dengan kapasitas arus baterai 5 Ah.

Tabel 4.26. Perencanaan Material Lampu Boat Nelayan Tenaga Surya di Kelurahan Nelayan Indah

Keterangan Material	Volume	Satuan
Tiang Kapal	2	Unit
Armatuur Lampu dan Lampu LED 50 Watt	2	Set
Panel Surya Polycrystalline 200 Wp	1	Set
Baterai VRLA 5 Ah	1	Set
Solar Charge Controller PWM 10 Ampere	1	Set

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data, dapat dihasilkan beberapa kesimpulan:

1. Perencanaan lampu boat nelayan tenaga surya di Kelurahan Nelayan Indah memiliki kondisi boat dengan panjang boat 7000 cm, panjang perencanaan lampu boat nelayan tenaga surya 1040 cm, lebar boat 1,2m, jarak antar tiang 400 cm, tinggi tiang 7 meter membutuhkan material/ komponen dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - Tiang *single ornament* 1,2 meter sebanyak 2 unit
 - Armatuur lampu dan lampu LED 50 watt 12 VDC sebanyak 2 set
 - Panel surya 200 Wp tipe monocrystalline sebanyak 1 set
 - Baterai 5 Ah tipe GEL VRLA sebanyak 1 set
 - Solar charge controller dengan 10 A sebanyak 1 set
2. Perencanaan lampu boat nelayan tenaga surya di Kelurahan Nelayan Indah menghabiskan anggaran biaya sebesar Rp.3.390.500,-
3. Penggunaan lampu boat nelayan tenaga surya bebas dari biaya tarif dasar listrik. Oleh karena itu, dengan biaya perencanaan lampu boat nelayan tenaga surya akan kembali selama kurang lebih 2 tahun dari biaya operasional listrik lampu boat nelayan menggunakan genset.

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang penulis anggap perlu untuk diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan jenis material/ komponen lampu boat nelayan tenaga surya agar perlu diperhatikan pada mereknya. Karena perbedaan teknologi masing-masing produsen yang berpengaruh pada tingkat kekuatan dan keefisienan produk komponen.
2. Sebaiknya lampu boat nelayan tenaga surya juga dihubungkan dengan sumber energi dari PLN sehingga apabila panel surya tidak mendapatkan energi matahari beberapa hari atau terjadi kekosongan cadangan energi di baterai.

DAFTAR PUSTAKA

a. Jurnal

- 1) Akhinov, Ihsan Auditia dan Devi Handaya. "Sistem Kontrol Pengisian Baterai pada Penerangan Jalan Umum Berbasis *Solar Cell*". *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, Vol. 4, No. 1, Juni 2019, Hal. 93-98
- 2) Anhar, W., Basri, M. Amin, Randis, dan T. Sulisty. "Perhitungan Lampu Penerangan Jalan Berbasis *Solar System*". *Jurnal Sains Terapan*, Vol. 4 No. 1, April 2018, Hal. 33-36
- 3) Azzahra, Septianissa., Christiono, Samsurizal, Miftahul Fikri, Titi Ratnasari, Rizki Pratama Putra, dan Dhami Johar Damiri. "Pemasangan Lampu Jalan Berbasis Solar Cell untuk Penerangan Jalan di Desa Cilatak Ciomas". *Terang: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Menerangi Negeri*, Vol. 1, No. 2, Juli 2019, Hal. 137-142
- 4) Firman, Muhammad., Firda Herlina, dan Abdurrahman Sidiq. "Analisa Radiasi Panel Surya terhadap Daya yang Dihasilkan Untuk Penerangan Bagian Luar Mesjid Miftahul Jannah di Desa Benua Tengah Kecamatan Takisung". *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, Vol. 02 No. 02, Mei 2017, Hal. 98-102
- 5) Heryanto, Irwan., Mohammad Noor Hidayat, Ferdian Ronilaya, Sigit Setya Wiwaha, dan Ika Noer Syamsiana. "Pemanfaatan Energi Matahari pada Solar Panel untuk Penerangan Jalan dan Jalur Hijau di RW 12 Desa Landungsari". *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, Vol. 7 No. 3, Oktober 2020, Hal. 58-62
- 6) Karim, Saiful dan Dwi Cahyanto. Analisa Penggunaan Solar Cell pada Rumah Tinggal Untuk Keperluan Penerangan dan Beban Kecil". *Jurnal EEICT*, Vol. 2 No. 1 Tahun 2019, Hal. 22-32
- 7) Parera, Lory Marcus., Johanis Tupalessy, dan Roland Kastnaja. "Pengembangan Listrik Tenaga Surya bagi Pedagang Kuliner". *Caradde: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, Vol. 2 No. 1, Agustus 2019, Hal. 46-52
- 8) Putri, Tri Wahyu Oktaviana., Adri Senen, Yoakim Simamora, dan Dwi Anggaini. "Pemanfaatan Energi Surya untuk Penerangan Jalan & Fasilitas Umum di Desa Sukarame Kab. Lebak Banten". *Terang: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Menerangi Negeri*, Vol. 1, No. 2, Juli 2019, Hal. 128-136.

- 9) Sumadi, Sri Ratna Sulistiyanti, dan FX. Arinto Setyawan. Pemanfaatan Lampu Tenaga Surya Sebagai Lampu Penerangan Jalan di Pekon Kiluan Negeri Kabupaten Tanggamus”. *SAKAI SAMBAYAN – Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat, Vol. 3 No. 3 November 2019, Hal. 98-101*
- 10) Faisal Irsan Pasaribu, Muhammad Reza.”Rancang Bangun Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50Wp”, *Jurnal teknik Elektro.vol.3 no2 2021.*
- 11).Faisal Irsan Pasaribu ,Abdul Aziz, Noorly Evalina, Cholish, Abdullah. ”Pelatihan rancang bangun jam sholat otomatis sumber daya solar cell pada pemuda muhammadiyah cabang pahlawan perjuangan dan pulo brayan darat”.vol 2, no2 2021
- 12)Wawan Septiawan Damanik, Faisal Irsan Pasaribu,Sudirman Lubis, Chandra A Siregar.”Pengujian modul solar Charger Control(SCC) pada teknologi Pembuangan sampah Pintar”.vol 3, no 2 2021.
- 13)Faisal Irsan Pasaribu ,Abdul Aziz, Noorly Evalina.”The Use Of Inverters In Solar Power Plants For Alternating Current Loads”. Vol 3 No 3 2021.
- 14) Firman, Muhammad., Firda Herlina, dan Abdurrahman Sidiq. “Analisa Radiasi Panel Surya terhadap Daya yang Dihasilkan Untuk Penerangan Bagian Luar Mesjid Miftahul Jannah di Desa Benua Tengah Kecamatan Takisung”. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA, Vol. 02 No. 02, Mei 2017, Hal. 98-102*
- 15) Parera, Lory Marcus., Johanis Tupalessy, dan Roland Kastnaja. “Pengembangan Listrik Tenaga Surya bagi Pedagang Kuliner”. *Caradde: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, Vol. 2 No. 1, Agustus 2019, Hal. 46-52*