

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada tinjauan pustaka tugas akhir ini dibahas mengenai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sebagai rujukan yang digunakan untuk mengembangkan penelitian yang akan dirancang pada tugas akhir ini.

Penelitian yang serupa juga telah dilakukan oleh Rita Hariningrum pada tahun 2021 yang berjudul “Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya 100 WP Terhadap Daya Listrik” Penelitian ini menggunakan metode pengujian dengan mengambil sudut teta (θ) berdasarkan sudut tegak lurus bidang panel menggunakan sudut 0° - 80° , hasil sudut optimal yang didapatkan yaitu pada sudut kemiringan panel 40° dengan daya sebesar 10,2 watt dan intensitas cahaya sebesar 37,8 kLux^[5].

Penelitian oleh Aziz Pandria T.M, Muzakir, Edi Mawardi, Samsuddin, Munawir, dan Mukhlizar pada tahun 2021 dengan judul “Penentuan Sudut Kemiringan Optimum Berdasarkan Energi Keluaran Panel Surya” Kemiringan sudut merupakan faktor penting yang mempengaruhi jumlah penerimaan radiasi matahari pada permukaan panel surya. Penelitian ini bertujuan menentukan sudut kemiringan optimum panel surya di kota Meulaboh dengan menggunakan *software Pvsyst* untuk menentukan sudut kemiringan optimum tahunan^[6].

Penelitian oleh Rifaldo Pido, Rahmat Hidayat Boli, Moh. Rifai, Wawan Rauf, Nurmala Shanti Dera dan Randy Rianto Day pada tahun 2022 dengan judul “Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Terhadap Optimasi Daya Panel Surya” dilakukan di wilayah Gorontalo dengan tujuan untuk mengoptimalkan output tegangan, arus dan daya pada sel surya agar lebih maksimal, pengujian dilakukan dengan memvariasikan sudut panel surya pada 9° , 12° , dan 15° ^[7].

Penelitian oleh Yano Hurung Anoi, Ahmad Yani, dan Yunanri W. pada tahun 2019 dengan judul “Analisis Sudut Panel *Solar Cell* terhadap Daya Output dan Efisiensi yang Dihasilkan” Penelitian

tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan sudut kemiringan panel *solar cell* berkapasitas 50 Wp terhadap efisiensi sistem pembangkit listrik tenaga surya dengan sudut yang diukur sebesar 0° , 8° dan 16° [8].

Penelitian oleh Jainal Arifin dan Idzani Muttaqin pada tahun 2018 yang berjudul “Optimasi Sudut Penempatan Solar Cell Pada Pemasangan Lampu Lapangan Parkir Uniska” Sel surya merupakan salah satu teknologi terbarukan yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik, pada penelitian ini menggunakan besar sudut kemiringan 15° , 20° , dan 25° dan sudut jam panel surya -30° , 0° , dan 15° terhadap intensitas matahari yang dapat diterima [9].

2.2 Dasar Teori

Dasar teori merupakan sumber acuan yang digunakan untuk mengerjakan tugas akhir. Dasar teori ini meliputi komponen utama yang mendukung dalam sistem panel surya.

2.2.1 Panel Surya

Panel surya merupakan suatu alat yang proses kerjanya mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Pada panel surya terdapat sel – sel surya atau *solar cell* yang merupakan elemen aktif. Sel surya ini biasanya berbentuk dioda pertemuan P – N yang memiliki luas penampang tertentu. Semakin luas permukaan atau penampang sel, semakin besar arus yang akan diperoleh. Sel surya merupakan lapisan-lapisan tipis terbuat dari bahan semikonduktor silikon (Si) murni, atau bahan semikonduktor lainnya, yang kemudian tersusun menjadi modul surya. Modul surya 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. Bahan dasar dari sel surya adalah silikon, dimana fosfor digunakan untuk menghasilkan silikon tipe – N dan boron digunakan untuk memperoleh bahan tipe – P. Dalam jenis penggunaannya, panel surya yang sering digunakan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *polycrystalline* dan *monocrystalline* [10].

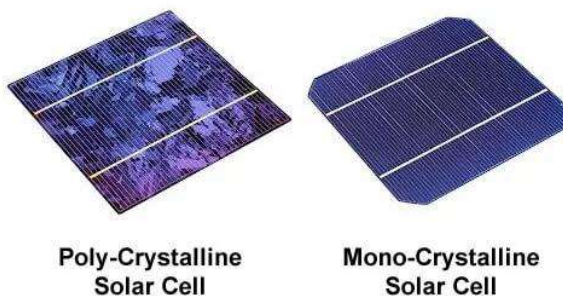
1. *Polycrystalline*

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak, jenis batang kristal yang dilebur atau dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi panjang. Tipe *polycrystalline* memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis *monocrystalline* untuk menghasilkan daya listrik yang sama.

2. *Monocrystalline*

Panel ini adalah panel surya yang paling efisien, yaitu menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Panel surya tipe ini lebih dirancang untuk daerah yang memiliki radiasi matahari yang besar sehingga kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak efisien apabila ditempatkan pada lokasi yang cahaya matahari kurang atau teduh.

Dari dua jenis sel surya yang paling umum digunakan, pada tugas akhir ini akan menggunakan panel surya berjenis *Monocrystalline*. Pemilihan sel surya jenis ini dikarenakan harga yang relatif sama dan lebih unggul dibanding jenis yang lain. Keunggulan tersebut diantaranya adalah memiliki tampilan yang lebih bagus karena warna yang sama dan alur yang teratur, lebih efisien pada saat sinar matahari tinggi, dan ketahanan lebih kuat sehingga resiko kerusakan lebih kecil pada saat perangkaian ^[11].



Gambar 2.1 Jenis Sel Surya
(Sumber: www.solarlightsmanufacturer.com)

Adapun spesifikasi dari panel surya yang digunakan pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Panel Surya

<i>Type</i>	<i>Monocrystalline</i>
<i>Max. Power</i>	50 W
<i>Max. Power Voltage</i>	18,6 V
<i>Max. Power Current</i>	2,69 A
<i>Open Circuit Voltage</i>	22,8 V
<i>Short Circuit Voltage</i>	2,90 A

Untuk menghitung kapasitas panel surya yang dibutuhkan dapat menggunakan persamaan berikut :

$$P_{\text{panel surya}} = \frac{\text{Kebutuhan Daya}}{\text{Lama Penyerapan}} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan

$P_{\text{panel surya}}$: Daya Panel Surya (Wp)

Kebutuhan Daya : Penggunaan Daya (Wh)

Lama Penyerapan : Waktu efektif penyinaran matahari

2.2.2 Solar Charge Controller (SCC)

Solar charge controller adalah komponen untuk sistem listrik tenaga surya, komponen yang berfungsi sebagai pengontrol pengisian baterai dan mengatur arus listrik yang masuk dari panel surya maupun arus beban keluar. Prinsip kerja SCC saat tegangan pengisian di baterai telah mencapai kondisi penuh, *solar charge controller* akan memutuskan arus listrik yang masuk pada baterai agar tidak terjadi *overcharge*, hal ini dapat mencegah ketahanan baterai supaya masa pakainya lebih lama. Apabila tegangan pada baterai mencapai keadaan hampir kosong atau 10% sisa tegangan baterai, komponen ini dapat menghentikan arus dari penggunaan beban.

Solar charge controller biasanya terdiri dari 1 *input* (2 terminal) yang terhubung dengan *output* panel surya, 1 *output* (2 terminal) yang terhubung dengan baterai atau aki, dan 1 *output* (2 terminal) yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai

biasanya tidak mungkin masuk ke panel surya karena ada *diode protection* yang hanya melewati arus listrik DC dari panel surya ke baterai^[12].



Gambar 2.2 Solar Charge Controller
(Sumber: www.kibrispdr.org)

Adapun spesifikasi dari *Solar Charge Controller* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi Solar Charge Controller

<i>Type</i>	<i>Solar Charge Controller PWM</i>
<i>Rated Voltage</i>	12V/24V
<i>Rated Current</i>	20 A
<i>Max. PV Voltage</i>	50 V
<i>Max. PV Input Power</i>	260 W (12V) 520 W (24V)

2.2.3 Baterai Li-Ion

Baterai pada penggunaan panel surya berfungsi untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan untuk mengoperasikan beban. Beban dapat berupa lampu refrigerator atau peralatan elektronik dan peralatan lainnya yang membutuhkan listrik DC^[13].

Baterai yang sekarang sering digunakan salah satunya berjenis *Li-Ion* atau *Lithium-Ion* dibandingkan dengan jenis baterai lainnya seperti *Lead-Acid*, *NiCd* dan *Ni-MH*. Baterai *Li-Ion* memiliki energi dan kerapatan daya yang tinggi, masa pakai yang tahan lama dan ramah lingkungan. Pada tugas akhir ini, menggunakan baterai jenis *Lithium-Ion* dengan tipe 18650 atau baterai copotan dari laptop yang banyak

beredar di toko *offline* atau *marketplace* yang dirangkai secara seri-paralel sehingga menghasilkan tegangan 12 V 48 Ah. Kelebihan baterai jenis ini yaitu tegangan yang relatif stabil, tidak ada penurunan tegangan yang jauh ketika *discharge*, dan tidak ada lonjakan tegangan yang jauh ketika *charging* dari awal pembebanan hingga akhir. Kekurangan baterai ini adalah masa pakai (*lifetime*) yang pendek dari 2 sampai 3 tahun dari tanggal pembuatan. Sensitif terhadap suhu tinggi jika terpapar secara langsung^[14].



Gambar 2.3 Baterai Lithium-Ion 18650
(Sumber: www.alibaba.com)

Untuk mendapatkan kapasitas baterai diperlukan data total beban yang akan terhubung ke baterai. Kapasitas baterai merupakan nilai perbandingan antara beban total dengan tegangan baterai dan efisiensi total sistem panel surya sesuai dengan persamaan berikut :

$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{\text{Total Daya Beban}}{\text{Teg.Sistem} \times \text{DoD}} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan

Total Daya Beban : Daya seluruh beban yang digunakan (Wh)

Tegangan Sistem : Tegangan yang akan digunakan dalam sistem

Depth of Discharge : Batas prosentase 80 % dari kapasitas baterai

2.2.4 Inverter

Inverter berfungsi untuk mengubah tegangan DC (*direct current*) yang dihasilkan panel surya menjadi tegangan AC (*alternating current*) yang banyak digunakan alat elektronik. Hal-hal yang

diperlukan dalam pertimbangan pemilihan *inverter* adalah kapasitas beban dalam satuan Watt. Pemilihan *inverter* diusahakan yang mempunyai beban kerjanya mendekati dengan beban yang dihendaki agar efisiensi kerjanya maksimal^[15].



Gambar 2.4 Inverter
(Sumber: www.tokopedia.com)

Adapun spesifikasi dari *inverter* dapat dilihat pada Tabel 2.2.4

Tabel 2.3 Spesifikasi Inverter

<i>Brand</i>	Taffware
<i>Rated Power</i>	500 Watt
<i>Rated Volt Input</i>	12 VDC
<i>Rated Volt Output</i>	220 – 240 VAC

2.2.5 Mini Circuit Breaker (MCB)

MCB (*Mini Circuit Breaker*) adalah suatu alat proteksi otomatis yang berfungsi sebagai pembatas arus listrik yang menuju ke beban. MCB pada dasarnya memiliki fungsi yang hampir sama dengan Sekering (FUSE) yaitu dapat memutuskan arus listrik secara otomatis ketika arus yang melewatinya melebihi arus nominal pada MCB tersebut. Alat proteksi ini dapat melindungi jalur pengawatan terhadap beban lebih dan hubung singkat, melindungi terhadap gangguan isolasi, dan mengurangi adanya pemanasan yang berlebihan atau *overheat*.

MCB dapat berfungsi juga sebagai saklar. Dalam pemakaiannya, MCB terlebih dahulu disesuaikan terhadap daya listrik yang ada pada sistem instalasi, agar energi listrik yang digunakan sesuai dengan kebutuhan^[16].



Gambar 2.5 MCB AC dan MCB DC
(Sumber: www.tokopedia.com)

Adapun spesifikasi dari MCB AC dan MCB DC dapat dilihat pada Tabel 2.2.4

Tabel 2.4 Spesifikasi MCB AC dan MCB DC

Type	MCB AC	MCB DC
Model no.	Merlin Gerin N0907	TOB1Z-63
Rated Voltage	220 V	440 V
Rated Current	4 A	16 A

2.2.6 Battery Management System (BMS)

Battery Management System (BMS) adalah sistem yang berfungsi untuk mengatur, memonitoring, dan menjaga baterai dari hal yang dapat menyebabkan kerusakan. BMS biasanya digunakan pada jenis baterai *lithium-ion* untuk mengelola sel baterai mulai dari proses pengisian (*charging*), pengosongan (*discharging*) hingga fungsi proteksi agar baterai tetap optimal^[17].

BMS dapat membaca tegangan baterai setiap saat untuk memastikan agar baterai tidak terjadi pengisian yang berlebih atau penggunaan terhadap beban yang berlebih. BMS yang digunakan memiliki konfigurasi 3S atau 3 seri dengan arus yang dapat dilalui mencapai 40 Ampere yang dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Battery Management System
(Sumber: www.tokopedia.com)

2.2.7 Stop Kontak

Stop kontak atau nama lain kotak kontak atau *socket outlet* merupakan komponen dalam instalasi listrik yang berfungsi sebagai penghubung antara sumber aliran listrik dengan peralatan listrik. Kotak kontak memiliki pasangan yaitu steker.

Beban listrik yang dihubungkan melalui kotak kontak sangat berbeda baik jenis maupun daya, sehingga tidak jarang dapat menghasilkan panas pada terminal kuningan yang dapat mempercepat kerusakan kotak kontak atau menimbulkan sumber api^[18].

Maka dari itu penggunaan peralatan listrik yang tidak mengikuti standar PUIL 2000 dapat mempercepat kerusakan pada instalasi dan peralatan listrik serta korsleting listrik sehingga menimbulkan bahaya seperti kebakaran.



Gambar 2.7 Kotak Kontak dan Steker
(Sumber: tokopedia.com)

2.2.8 Clinometer

Clinometer adalah sebuah aplikasi yang dibuat oleh pengembang bernama *Smart Tool Factory*, aplikasi ini tersedia pada *playstore* yaitu sebuah toko aplikasi resmi untuk sistem *android*. *Clinometer* adalah alat yang dapat mengukur kemiringan vertikal, biasanya sudut antara tanah atau pengamat dan benda tinggi. Rentang gerakan yang dapat diukur adalah 90 derajat, sehingga memungkinkan untuk menggunakan sisi mana pun melalui perangkat yang digunakan. Adapun beberapa fitur yang disajikan dalam aplikasi *Clinometer* sebagai berikut.

- Dapat melakukan pengukuran sudut atau kemiringan yang tepat dengan klinometer, level gelembung, level laser, atau busur derajat.
- Kompas dengan fitur komputasi ringan dan medan magnet.
- Dengan mode sudut relatif, dapat mengukur sudut atau kemiringan pada permukaan yang tidak sejajar dengan tanah.
- Dapat melakukan pengukuran dengan kamera melalui laser atau level busur derajat, yang dapat diatur melalui preferensi aplikasi.
- Opsi untuk menampilkan riwayat pada Layar Rekam atau memvisualisasikan pengukuran dengan grafik.
- Opsi untuk mengekspor riwayat dalam bentuk cetak sebagai file xls.



Gambar 2.8 Tampilan UI Aplikasi *Clinometer*
(Sumber: play.google.com)