

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka pada tugas akhir ini membahas tentang penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang digunakan sebagai acuan dan penambahan referensi dalam pembuatan PLTS *portable* pasca bencana.

2.1.1 Perancangan Tas Siaga Berbasis Sel Surya Untuk Pompa Air dan Penerangan Pada Kondisi Gawat Darurat Bencana

Penelitian terkait dengan pembangkit listrik tenaga surya *portable* sebelumnya telah dilakukan oleh Dhimas Nur Laksono dalam bentuk teks skripsi dengan judul “ Perancangan Tas Siaga Berbasis Sel Surya Untuk Pompa Air dan Penerangan Pada Kondisi Gawat Darurat Bencana ” melakukan penelitian yang membahas tentang pembangkit listrik tenaga surya mini dengan beban pompa air DC 4,8 W dan lampu led 5 W yang dikhususkan untuk siaga saat adanya kondisi gawat darurat bencana. Pada penelitian ini peneliti menyatakan bahwa perancangan yang dilakukan masih menggunakan spesifikasi yang kurang, seperti penggunaan PV dengan daya yang kecil yang menyebabkan proses pengisian baterai kurang optimal, dan penggunaan pompa air yang kecil sehingga *flow* atau aliran air yang dikeluarkan hanya sedikit. Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan untuk menentukan nilai efisiensi rata-rata sebesar 94,83% pada proses pengisian baterai, 96,30% pada proses penyuplaian beban, dan nilai efisiensi rata-rata adalah 79,98% untuk nilai efisiensi dari proses pengisian baterai hingga ke penyuplaian baterai^[1].

2.1.2 Rancang Bangun Pembangkit Listrik *Portable* Tenaga Surya dan Angin Dengan Sistem *Hybrid* Untuk Tempat Pengungsian Bencana Alam

Adapun penelitian yang dilakukan oleh Dandi, Yusuf, dan Ni Putu pada tahun 2020 dengan judul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik *Portable* Tenaga Surya dan Angin Dengan Sistem *Hybrid* Untuk Tempat Pengungsian Bencana Alam”. Penelitian ini mengenai pembangkit listrik *portable* tenaga surya yang digunakan sebagai penyedia sumber listrik pada saat terjadinya bencana alam. Pada penelitian ini menggunakan tiga unit panel surya yang dipasang *hybrid* dengan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) dan memiliki kapasitas sebesar 500 watt. Rancangan alat ini direalisasikan pada tahun 2020 untuk lokasi evakuasi bencana kota Palu^[8]

. Pengujian dilakukan dengan kemiringan panel surya sebesar 90° tegangan yang dihasilkan dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari (cuaca). Pada jam 11.00 sampai 14.00 nilai tegangan yang dihasilkan mencapai 20 V dan arus sebesar 4,2 A, sedangkan pada jam 15.00 sampai dengan 16.00 nilai tegangan yang dihasilkan sebesar 18 V dan arus 1,8 A.

2.1.3 Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Portable*

Pada tahun 2021, Achmad Imam Agung dkk^[11] melakukan penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Portable*”. Penelitian ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik untuk daerah-daerah yang sulit dijangkau oleh sistem transmisi energi listrik dari PLN. Pengujian dilakukan dengan pemakaian beban 20 W, dari sampel yang diambil mulai dari jam 08.00 sampai dengan 16.00. Didapatkan hasil daya puncak yang dihasilkan terjadi pada jam 13.00 dengan tegangan 20 V dan arus yang dibangkitkan sebesar 2,2 A sedangkan rata-rata dari tegangan yang dihasilkan sebesar 17,01 V dan arus sebesar 1,84 A. Hasil pengujian pengisian accu dilakukan pengisian selama 8 jam dengan kapasitas tegangan 13,60V. Lama pemakaian accu yang dibebani oleh 4 buah lampu LED 5 watt dengan waktu pemakaian selama 6 jam.

2.1.4 EVOPAS : *Portable* Energi Berbasis Panel Surya sebagai Sumber Energi Listrik saat Darurat Bencana

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Muhammad Wahyu Fauzi, dan Moch. Lukman Ariansyah pada tahun 2022 yang berjudul “EVOPAS : *Portable* Energi Berbasis Panel Surya sebagai Sumber Energi Listrik saat Darurat Bencana” yang berisikan tentang perencanaan dan perhitungan kebutuhan peralatan untuk rancang bangun PLTS mulai dari perhitungan kebutuhan daya total dan kebutuhan panel surya yang dibutuhkan. Selain itu, juga ada perhitungan kebutuhan baterai yang digunakan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui seberapa optimal sistem EVOPAS ketika melakukan pengisian baterai menggunakan panel surya. Pada sampel tersebut menggambarkan bahwasannya faktor cuaca sangat mempengaruhi tegangan, arus, dan daya yang diperoleh oleh panel surya^[12].

2.1.5 Koper *Portable* Berbasis Sel Surya Sebagai Solusi Tanggap Bencana

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Qoriyatul Fitriyah dkk^[13], pada tahun 2022 yang berjudul “Koper *Portable* Berbasis Sel Surya Sebagai Solusi Tanggap Bencana”. Penelitian ini dilakukan untuk sumber listrik sementara pada area yang terdampak bencana alam. Pengujian dilakukan menggunakan panel surya 10 WP dan baterai 70 Ah dengan tegangan 12 V, maka baterai akan terisi penuh dalam 84 jam atau setara 3,5 hari atau 1 minggu jika mengingat tidak adanya sinar matahari atau pada kondisi malam hari. Pengujian lainnya dilakukan untuk mengetahui berapa lama koper *portable* ini dengan menggunakan beban lampu LED 5 W maka dapat digunakan selama 168 jam nonstop atau selama 7 hari berturut-turut. Jika penggunaan beban adalah charger handphone 10 W, berarti koper ini dapat digunakan tanpa proses pengisian selama 3,5 hari atau 84 jam.

2.1.6 Sel Surya Sebagai Energi Alternatif Pasca Bencana

Penelitian lainnya dilakukan oleh M. Rizki Ikhsan, Muhammad Rizali, dan Nur Hidayah pada tahun 2023 yang berjudul “Sel Surya Sebagai Energi Alternatif Pasca Bencana”. Penelitian ini diharapkan untuk menyediakan sumber listrik yang dapat membantu masyarakat terdampak bencana alam. Pada penelitian ini menggunakan sistem sel surya 12 V, dengan penggunaan baterai 9,8 Ah. Pada penggunaan beban daya 50 W baterai dapat bertahan selama 3 jam, dan diperlukan penambahan kapasitas baterai sehingga dapat bertahan lebih lama dan suplay daya yang lebih besar^[14].

2.1.7 Sistem Air Minum Otomatis *Portable* Berbasis Solar Cell

Penelitian lainnya dilakukan oleh Towijaya Ghoni Musyhar, Luthfi Hakim, dan Sukmo Sudiono pada tahun 2020 yang berjudul “Sistem Air Minum Otomatis *Portable* Berbasis Solar Cell”. Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan air minum untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang terdampak bencana alam. Pengujian dilakukan pada siang hari tegangan yang dihasilkan panel surya berubah-ubah tergantung cuaca dan panas intensitas matahari. Sedangkan pada malam hari panel surya tidak menghasilkan tegangan dikarenakan tidak adanya matahari. Selain itu, pada pengujian baterai tegangan pada baterai berubah-ubah tergantung dari tegangan yang dihasilkan panel surya^[15].

2.1.8 Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air

Penelitian lainnya dilakukan oleh Zian Iqtimeal, Ira Devi Sara, dan Syahrizal pada tahun 2018 yang berjudul “Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air”. Penelitian ini membahas tentang pemanfaatan panel surya sebagai sumber listrik pompa air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat. Selain itu, pada penelitian ini juga terdapat perhitungan untuk merencanakan pemasangan PLTS, mulai dari perhitungan kebutuhan panel surya, kebutuhan baterai, dan perhitungan efisiensi panel surya. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kinerja panel surya dan pompa air, dan kinerja dari baterai regulator^[16].

2.1.9 Perancangan Sistem Pemantauan Uji Karakteristik Daya Keluaran Panel Surya *Monocrystalline* dan *Polycrystalline* untuk Kepentingan Riset dan Pendidikan

Penelitian yang dilakukan oleh Bima Romadhon, Choirul Saleh, dan Citra Dewi Megawati pada tahun 2022 yang berjudul “Perancangan Sistem Pemantauan Uji Karakteristik Daya Keluaran Panel Surya *Monocrystalline* dan *Polycrystalline* untuk Kepentingan Riset dan Pendidikan”. Penelitian ini membahas tentang karakteristik dari panel surya *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Pengujian dilakukan untuk menguji performa panel surya, pengujian dilakukan selama 8 hari. Pengujian menggunakan *dummy load* dengan nilai resistansi total 1,6 Ohm 200 W sebagai beban yang dipasang secara parallel dengan panel surya^[17].

2.1.10 Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya 100 WP Terhadap daya Listrik

Pada tahun 2021, Rita Hariningrum melakukan penelitian mengenai analisa pengaruh sudut kemiringan panel surya 100 WP terhadap daya listrik. Penelitian ini menggunakan panel surya 100 WP, baterai, dan beban. Panel surya akan diposisikan mulai dari 0° sampai dengan 80°. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa besarnya nilai tegangan dan arus sangat bergantung terhadap intensitas matahari yang didapatkan panel surya. Dengan kemiringan 0°, pada pukul 12.00 mendapatkan intensitas cahaya 70,7k Lux, tegangan 14,36 V dan arus 2,37 A. Dengan kemiringan 10°, pada pukul 12.00 mendapatkan intensitas cahaya 67,6k Lux, tegangan 14,31 V dan arus 2,26. Untuk sudut optimal

panel surya pada pagi hari berada pada kemiringan 40° , pada pukul 10.00 sampai dengan 14.00 dan sudut kemiringan 0° , dan sore hari pada pukul 16.00 berada pada sudut kemiringan 50° ^[18].

Dari penelitian-penelitian yang sudah pernah dibuat dan permasalahan yang ada di masyarakat, maka tugas akhir yang akan dibuat adalah “Rancang Bangun Pembangkit Listrik *Portable* Tenaga Surya Untuk Tempat Pengungsian Bencana Alam (Monitoring Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Portable*)”. Kelebihan dari alat yang akan dibuat dari penelitian sebelumnya yaitu panel surya yang digunakan yaitu 600 Wp dan baterai 200 Ah yang dapat memenuhi kebutuhan listrik korban bencana alam di tempat pengungsian. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan sistem monitong arus dan tegangan DC yang dihasilkan baterai juga terdapat indikator penunjuk kapasitas baterai dengan menggunakan sensor PZEM-015, dan sistem monitoring arus dan tegangan AC yang dihasilkan inverter untuk digunakan oleh korban bencana alam dengan menggunakan sensor PZEM-022. Kemudian perbedaan dari penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu, pada daya panel surya, kapasitas baterai, dan sistem monitoring yang ditampilkan dalam bentuk LCD. Hal ini akan menjadi pengembangan-pengembangan selanjutnya, dalam pemanfaatan energi baru terbarukan yang saat ini sedang berkembang. Berikut ini adalah tabel perbandingan antara penelitian yang dilakukan dengan penelitian yang sudah ada sebelumnya.

Tabel 2. 1 Perbandingan Tinjauan Pustaka

Sumber	Komponen	Hasil dan Kekurangan
Dhimas Nur Laksono (2020).	Panel surya 10 Wp, <i>Solar Charge Controller</i> (SCC), Baterai VRLA 12 V 7 Ah, Pompa air mini 12 V, dan Lampu LED 5 V	Hasil dari penelitian yang dilakukan pengisian baterai menggunakan panel surya 10 W selama 10 jam dapat menghasilkan energi sebesar 54,73 Wh dan mampu mengisi 65,15% dari total kapasitas baterai 12 V 7 Ah. Sistem ini memiliki nilai efisiensi 94,83% pada proses pengisian, pada proses penyuplaian beban rata-rata 79,98% untuk efisiensi

		<p>sistem dari proses pengisian baterai hingga penyuplaian beban. Kekurangan dari penelitian ini penggunaan panel surya dengan daya kecil, dan kapasitas baterai yang kecil, dan tidak adanya sensor untuk memantau kinerja panel surya dan baterai.</p>
<p>Dandi Widhi Ramadhan, Yusuf Ismail Nakhoda, dan Ni Putu Agustini (2020).</p>	<p>Panel Surya, <i>Wind Turbine</i>, <i>Solar Charge Controller</i> (SCC), Baterai, <i>Battery Control Unit</i>, dan Inverter</p>	<p>Pengukuran panel surya didapatkan hasil semakin besar intensitas cahay matahari maka didapatkan semakin besar arus dan tegangannya, untuk perolehan data pada pengukuran panel surya didapatkan tegangan tertinggi 20 V dan arus 1,16 A pada cuaca cerah. Kekurangan dari penelitian ini penggunaan panel surya dengan daya kecil, dan kapasitas baterai yang kecil, dan tidak adanya sensor untuk memantau kinerja panel surya dan baterai.</p>
<p>Luki Adi Gunawan, Achmad Imam Agung, Mahendra Widyartono, dan Subuh Isnur Haryudo (2021).</p>	<p>Panel Surya, <i>Solar Charge Controller</i> (SCC), Baterai, Inverter, Lampu Led, dan Charger Hp.</p>	<p>Hasil dari penelitian yang dilakukan didapatkan daya puncak yang dihasilkan panel surya terjadi pada 13.00 dengan tegangan 20 V dan arus yang dibangkitkan sebesar 2.2 A sedangkan rata-rata dari tegangan sebesar 17,01 V, arus sebesar 1.84 A. Hasil pengujian pengisian baterai dilakukan pengisian selama 8 jam dengan kapasitas tegangan 13.60 V. Lama pemakasian baterai yang dibebani oleh 4 buah lampu LED 5 W dengan waktu pemakaian</p>

		selama 6 jam. Kekurangan dari penelitian ini penggunaan panel surya dengan daya kecil, dan kapasitas baterai yang kecil, dan tidak adanya sensor untuk memantau kinerja panel surya dan baterai.
Muhammad Wahyu Fauzi, dan Moch. Lukman Ariansyah (2022).	Panel surya, <i>Solar Charge Controller</i> (SCC), Baterai, Inverter, Node MCU 8266, Sensor INA 219, <i>Battery Management System</i> (BMS), Sensor PZEM-004 T, dan Indikator Baterai.	EVOPAS merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memanfaatkan sumber energi matahari. Sistem ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan listrik pada saat terjadinya keadaan darurat misalnya bencana alam. Pada penelitian ini memiliki spesifikasi panel surya 120 WP dengan kapasitas penyimpanan daya pada baterai sebesar 75 Ah. Dengan penggunaan panel surya <i>monocrystalline</i> 120 WP yang mempunyai nilai efisiensi lebih baik disbanding jenis <i>polycrystalline</i> . Nilai efisiensi yang didapat sebesar 16,72 %. Kekurangan dari penelitian ini penggunaan panel surya dengan daya kecil, dan kapasitas baterai yang kurang untuk menyuplai energi listrik pada tempat pengungsian.
Qoriyatul Fitriyah, Elsa Puspitasari Saragi, Berto Yusuf Nugroho	Panel Surya, <i>Solar Charge Controller</i> (SCC), Baterai, Inverter, Lampu LED, <i>Adaptor Charger</i> , dan Senter	Pada penelitian ini panel surya yang digunakan 10 Wp dengan penggunaan baterai 12 V 70 Ah. Pengisian baterai hingga penuh dalam 84 jam atau setara dengan 3,5 hari atau 1 minggu jika tidak mendapat sinar matahari atau dalam kondisi malam hari.

<p>Albertus Agung Danatyo Setyawan, dan M. Prihadi Eko W (2022).</p>		<p>Penggunaan beban lampu LED 5 W pada baterai 70 Ah, yang berarti koper <i>portable</i> ini dapat digunakan selama 168 jam atau 1 minggu berturut-turut. Sedangkan pada penggunaan beban <i>charger handphone</i> 10 W, maka koper <i>portable</i> dapat digunakan dalam kondisi darurat tanpa perlu pengisian selama 3,5 hari atau 84 jam. Kekurangan dari penelitian ini penggunaan panel surya yang kecil sehingga memerlukan waktu yang lebih lama untuk pengisian baterai, tidak adanya sensor untuk memantau kinerja panel surya dan baterai dan beban yang digunakan hanya berdaya kecil.</p>
<p>M. Rizki Ikhsan, Muhammad Rizali, dan Nur Hidayah (2023).</p>	<p>Panel Surya, <i>Solar Charge Controller</i> (SCC),Baterai, Inverter.</p>	<p>Penelitian ini menghasilkan suatu sistem energi alternatif yang menggunakan panel surya, yang dapat digunakan masyarakat pada kehidupan sehari-hari, terutama sebagai antisipasi dalam keadaan pasca bencana alam. Sistem yang digunakan adalah sistem 12 V, dengan baterai 9,8 Ah, dan dapat bertahan dengan konsumsi daya 50 W dalam waktu 3 jam. Kekurangan pada penelitian ini terdapat kapasitas baterai yang kecil, dan tidak adanya sensor untuk memantau kinerja panel surya.</p>
<p>Towija, Ghoni</p>	<p>Panel Surya, <i>Solar Charge Controller</i></p>	<p>Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa besar daya yang dihasilkan panel surya</p>

Musyahaar, Luthfi Hakim, dan Sukmo Sudiono (2020).	(SCC),Baterai, <i>Time Delay Relay</i> (TDR), <i>Limith Switch</i> , Pompa Air DC, dan Lampu Penerangan DC.	
Zian Iqtimal, Ira Devi Sara, dan Syahrizal (2018).	Panel Surya, <i>Solar Charge Controller</i> (SCC),Baterai, dan Pompa Air DC	Hasil dari penelitian ini bahwa besar daya panel surya bergantung pada intensitas radiasi matahari yang mengenai permukaan panel surya, Panel surya yang digunakan 50 Wp memiliki nilai efisiensi sebesar 12,25%. Penggunaan pompa air DC sebagai beban dari sistem panel surya membutuhkan waktu 32 menit yang digunakan untuk mengisi 1750 liter air ke tandon penampungan sesuai dengan kebutuhan air rata-rata rumah hunian. Konsumsi energi baterai untuk pompa air sebesar 2,65 Ah setiap hari. Selain itu proses pengisian baterai 5 Ah memerlukan waktu 2,8 jam dengan arus 1,8 A. Kekurangan dari penelitian ini terdapat pada

		penggunaan pompa air DC yang hanya diperuntukkan untuk kebutuhan air di suatu rumah.
Bima Romadhon, Choirul Saleh, dan Citra Dewi Megawati (2022).	Panel Surya, <i>Solar Charge Controller</i> (SCC), Baterai, dan <i>Dummy Load</i> .	Pada penelitian ini untuk menguji karakteristik kinerja panel surya tipe <i>polycrystalline</i> dan <i>monocrystalline</i> menggunakan <i>dummy load</i> yang dipasang secara parallel dengan panel surya dan direkam menggunakan sebuah <i>datalogger</i> yang terhubung dengan perangkat komputer untuk memantau dan menampilkan grafik daya panel surya.
Rita Hariningrum (2021).	Panel surya, Baterai, Lampu LED, Luxmeter, Thermometer, Voltmeter, dan Ampermeter	Hasil dari penelitian ini diketahui bahwa besarnya nilai tegangan dan arus sangat bergantung terhadap intensitas cahaya matahari. Dengan kemiringan sudut 0° pada pukul 09.00 intensitas cahaya sebesar 37,1k Lux, tegangan 11,91 V, dan arus 0,57 A. Selain itu, pada pukul 12.00 intensitas cahaya sebesar 70,7k Lux, tegangan 14,36 V, dan arus 2,37 A. Juga pada pukul 16.00 intensitas cahaya sebesar 35,5k Lux, tegangan 11,89 V, dan arus 0,38 A. Sudut optimal pada pukul 10.00-15.00 daya maksimal panel surya saat posisi datar atau pada kemiringan 0° . Selanjutnya pada pukul 16.00, optimal sudut nya yaitu pada saat posisi kemiringan 50° yang mampu mengeluarkan daya 7,15 W

		lebih besar dari daya yang dikeluarkan oleh sudut-sudut yang lain dengan intensitas cahaya 35,6k Lux dan tegangan 11,92 V.
Ridho Ady Pamungkas (2023).	Panel Surya, <i>Solar Charge Controller</i> (SCC), Baterai, Inverter, DC Wattmeter PZEM-015, AC Wattmeter PZEM-022, Stopkontak, Pompa air, MCB, Arduino uno, dan Sensor <i>water flow</i> meter YF DN-50 G2.	Pada penelitian ini membahas tentang perancangan pembangkit listrik tenaga surya <i>portable</i> pasca bencana. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelum-sebelumnya yaitu, daya yang dihasilkan mencapai 600 Wp, baterai yang digunakan 12 V 200 Ah, pompa air AC sebagai penyedia sumber air di tempat pengungsian, sistem monitoring arus dan tegangan DC menggunakan sensor PZEM-015 dan monitoring arus dan tegangan AC menggunakan sensor PZEM-022, dan pengukuran debit air menggunakan sensor <i>water flow meter</i> YF DN-50 G2.

Dari beberapa aspek diatas terdapat pengembangan yang dilakukan untuk tugas akhir ini, yaitu :

1. Penambahan daya pada panel surya menjadi 600 Wp dan penambahan kapasitas baterai menjadi 200 Ah agar semua korban bencana mendapatkan sumber listrik.
2. Pemasangan sistem monitoring arus listrik DC yang akan ditampilkan di LCD, mulai dari arus, tegangan, frekuensi, daya, dan persentase baterai. Selain itu juga terdapat sistem monitoring arus listrik AC yang akan ditampilkan di LCD, mulai dari arus, tegangan, frekuensi, daya, dan power faktor.
3. Pemakaian pompa air yang sudah dimodifikasi dan yang belum di modifikasi.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Panel Surya/*Photovoltaic* (PV)

Pada dasarnya sel surya merupakan sebuah *photodiode* atau dioda foto yang besar dan mampu menghasilkan listrik. Fotovoltaik sendiri terdiri atas dua jenis bahan berbeda yang tersambungkan oleh sebuah bidang junction yang apabila terkena sinar matahari pada permukaannya akan menghasilkan listrik arus searah. Proses fisik yang terlibat dalam konversi energi surya menjadi listrik dalam perangkat PV meliputi absorpsi cahaya, transportasi elektron, dan mekanisme rekombinasi, yang ditentukan oleh sifat elektro-optik dari bahan semikonduktor yang digunakan dalam pembuatan PV.

Kapasitas dari sebuah panel surya biasanya dinyatakan dalam satuan *watt peak* (WP) dan memiliki beberapa ukuran yang tersedia di pasaran. Panel surya dapat disusun secara seri untuk mendapatkan tegangan yang lebih besar, dapat disusun secara paralel untuk mendapatkan arus yang besar, dan dapat disusun secara seri – paralel untuk mendapatkan tegangan dan arus yang besar^[19].

Perhitungan daya output panel surya dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$P_{\text{panel surya}} = \frac{ET}{\text{Insolasi matahari}} \times 1,1 \dots \dots \dots (1)$$

dimana $P_{\text{panel surya}}$ adalah daya panel (WP), ET adalah total pemakaian energi (Wh), dan insolasi matahari adalah jumlah radiasi matahari yang diterima panel surya^[20]. Bentuk fisik dari panel surya berjenis *monocrystalline* yang digunakan pada Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan spesifikasi dari panel surya yang digunakan terdapat pada Tabel 2.2.



Gambar 2. 1 Panel Surya *Monocrystalline*
(Sumber : Dok. Pribadi, 2023)

Tabel 2. 2 Spesifikasi Panel Surya

Spesifikasi Produk	
<i>Module Type</i>	SM-100WP+
<i>Rate Max. Power (Pmax)</i>	100 W
<i>Tolerance</i>	±3%
<i>Voltage at Pmax (Vmp)</i>	17 V
<i>Current at Pmax (Imp)</i>	5,8 A
<i>Operating Temperature</i>	43±2° C
<i>Max System Voltage</i>	750 V
<i>Dimension (mm)</i>	450×1160×30 mm
<i>Weight</i>	5,4 Kg

2.2.2 Inverter

Perangkat elektronika yang digunakan untuk merubah daya DC (Direct Current) ke daya AC (Alternating Current). Rangkaian inverter biasanya menggunakan transistor atau dengan SCR (Silicon Controlled Rectifier), dimana untuk daya yang rendah sampai dengan daya sedang menggunakan transistor, sedangkan untuk daya yang tinggi menggunakan SCR^[21]. Pada Penelitian ini menggunakan inverter Luminous type Solar NXG 1500 VA/24 V, juga terdapat fitur teknologi ABCC (*Adaptive Battery Charging Control*) yang dapat mengendalikan pengecasan baterai. Tegangan DC yang diperlukan untuk menghidupkan inverter tersebut sebesar 24 V dan dapat menghasilkan tegangan AC sebesar 220 V dengan gelombang *Pure Sine Wave*. Inverter tersebut adalah jenis inverter *Hybrid* atau dapat dikoneksikan dengan listrik dari jaringan PLN^[22]. Bentuk fisik dari Inverter tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan spesifikasi dari Inverter yang digunakan terdapat pada Tabel 2.3.



Gambar 2. 2 Inverter
(Sumber : Dok. Pribadi, 2023)

Tabel 2. 3 Spesifikasi Inverter

Spesifikasi Produk	
Power	1500 VA
Kapasitas Listrik	1200 W
Jumlah Baterai yang Dibutuhkan	2 Unit Baterai (24 V) Min 100 Ah
Berat	16 Kg
Dimensi	31 × 27,5 ×13 Cm

2.2.3 Baterai (Akumulator)

Daya yang telah dihasilkan oleh panel surya yang tidak langsung digunakan oleh beban akan disimpan dalam sebuah komponen yang bernama baterai (akumulator). Baterai sebagai sistem penyimpanan memiliki kapasitas untuk mengisi atau mengeluarkan daya dengan cepat untuk digunakan ketika kondisi intensitas cahaya matahari rendah atau pada saat mendung dan malam hari. Sistem baterai sendiri yaitu menyimpan energi listrik ke dalam bentuk kimia. Pada pengaplikasian PLTS baterai yang sering digunakan merupakan baterai yang terbebas dari pemeliharaan bertimbal asam (*maintenance-free lead-acid batteries*), atau juga dapat disebut dengan VRLA (klep pengatur asam timbal atau *valve regulated lead acid*)^[23]. Dalam standar internasional setiap satu *cell* baterai memiliki tegangan sebesar 2 V.

Perhitungan kapasitas baterai (*battery capacity*), untuk menjamin kontinuitas suplai energi. Untuk menentukan total kapasitas daya baterai dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut :

$$Ah = \frac{ET}{Vs} \dots\dots\dots(2)$$

dimana AH merupakan kuat arus per jam (Ah), ET adalah total pemakaian energi (Wh), dan Vs adalah tegangan pada baterai. Bentuk fisik dari baterai yang digunakan pada Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan spesifikasi dari baterai yang digunakan terdapat pada Tabel 2.4.



Gambar 2. 3 Baterai (Akumulator)
(Sumber : Dok. Pribadi, 2023)

Tabel 2. 4 Spesifikasi Baterai (Akumulator)

Spesifikasi Produk	
<i>Nominal Voltage</i>	12 V DC
<i>Nominal Capacity</i>	100 Ah
<i>Rated Capacity</i>	100 Ah → 20 Hour Rate (5 A to 10,5 V) 75,3 Ah → 20 Hour Rate (5 A to 10,5 V) 62,6 Ah → 20 Hour Rate (5 A to 10,5 V)
<i>Weight</i>	28 Kg

2.2.4 DC Watt Meter PZEM-015

DC watt meter ini digunakan untuk mengukur tegangan, arus, daya, dan kondisi baterai. Alat ini menampilkan hasil pengukuran melalui display LCD. Selain itu, terdapat juga fitur penunjuk kapasitas baterai. Bentuk fisik dari DC watt meter PZEM-015 yang digunakan pada Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 2.4 dan spesifikasi dari DC watt meter PZEM-015 yang digunakan terdapat pada Tabel 2.5.



Gambar 2. 4 DC Watt Meter PZEM-015
(Sumber : Dok. Pribadi, 2023)

Tabel 2. 5 Spesifikasi DC Watt Meter PZEM-015

Spesifikasi Produk	
<i>Operated Voltage</i>	12 V DC
<i>Battery Voltage</i>	0 – 200 V DC
<i>Battery Current</i>	0 – 300 A
<i>Dimension</i>	8,96×4,96×2,42 Cm

2.2.5 AC Watt Meter PZEM-022

AC watt meter ini digunakan untuk mengukur tegangan, arus, daya, frekuensi, dan power faktor AC . Alat ini menampilkan hasil pengukuran melalui display LCD. Bentuk fisik dari AC watt meter PZEM-022 yang digunakan pada Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 2.5 dan spesifikasi dari AC watt meter PZEM-022 yang digunakan terdapat pada Tabel 2.6.



Gambar 2. 5 AC Watt Meter PZEM-022
(Sumber : Dok. Pribadi, 2023)

Tabel 2. 6 Spesifikasi AC Watt Meter PZEM-022

Spesifikasi Produk	
<i>Operated Voltage</i>	80 – 260 V AC
<i>Test Voltage</i>	80 – 260 V AC
<i>Rated Power</i>	100 A/22 kW
<i>Operating Frequency</i>	45 – 65 Hz
<i>Measurement Accuracy</i>	1.0 Grade
<i>Dimension</i>	9×5×2,5 Cm

2.2.6 Miniature Circuit Breaker (MCB) DC

MCB merupakan sistem proteksi sederhana untuk panel surya. Mekanisme pengoperasiannya terjadi ketika adanya arus berlebih, arus berlebih tersebut akan menghasilkan panas pada bimetal yang

Menyebabkan bimetal melentur dan memutus kontak MCB (Trip). Selain bimetal, ada juga MCB yang memakai solenoida yang akan memicu MCB jika ada *grounding* atau gangguan *ground* (korsleting)^[24]. Bentuk fisik dari MCB DC yang digunakan pada Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 2.6 dan spesifikasi dari MCB DC yang digunakan terdapat pada Tabel 2.7.



Gambar 2. 6 *Miniature Circuit Breaker (MCB) DC*
(Sumber : Dok. Pribadi, 2023)

Tabel 2. 7 Spesifikasi MCB DC

Spesifikasi Produk	
<i>Rated Voltage</i>	440 V DC
<i>Rated Current</i>	40 A
<i>Pole</i>	2
<i>Breaking Current</i>	6 kA

2.2.7 Miniature Circuit Breaker (MCB) AC

MCB AC berfungsi untuk sistem proteksi sederhana dalam instalasi listrik apabila terjadi beban lebih dan hubung singkat arus listrik (*short circuit*) atau korsleting listrik. Selain berfungsi sebagai proteksi arus berlebih MCB juga digunakan sebagai penghubung dan pemutus arus pada jaringan listrik. Mekanisme pengoperasiannya terjadi ketika adanya arus berlebih, arus berlebih tersebut akan menghasilkan panas pada bimetal yang menyebabkan bimetal melentur dan memutus kontak MCB (Trip)^[25]. Bentuk fisik dari MCB AC yang digunakan pada Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 2.7 dan spesifikasi dari MCB AC yang digunakan terdapat pada Tabel 2.8.



Gambar 2. 7 *Miniature Circuit Breaker (MCB) AC*
(Sumber : Dok. Pribadi, 2023)

Tabel 2. 8 Spesifikasi MCB AC

Spesifikasi Produk	
<i>Rated Voltage</i>	230 V AC
<i>Rated Current</i>	4 A
<i>Pole</i>	1
<i>Breaking Current</i>	6 kA
<i>Frequency</i>	50 Hz

2.2.8 Arduino Uno

Arduino uno merupakan sebuah sistem mikrokontroler yang bisa di program untuk melakukan perhitungan, menerima input dan menghasilkan output. Arduino uno ini mengandung sebuah inti prosesor, memori dan pemrograman inpu-output. Arduino uno menggunakan mikrokontroler ATMEGA328 yang merupakan mikrokontroler keluarga AVR 8 bit. Arduino uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input *analog*, sebuah *crystal* osilator 16 MHZ, *port* USB, *power jack*, ICSP *header*, dan sebuah tombol *reset*^[26]. Bentuk fisik dari Arduino Uno yang digunakan pada Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 2.8 dan spesifikasi dari Arduino Uno yang digunakan terdapat pada Tabel 2.9.



Gambar 2. 8 Arduino Uno
(Sumber : Dok. Pribadi, 2023)

Tabel 2. 9 Spesifikasi Arduino Uno

Spesifikasi Produk	
Mikrokontroler	ATmega328P
Tegangan Sumber	5 V
Tegangan Sumber Yang Disarankan	7 – 12 V
Batas Tegangan <i>Input</i>	6 – 20 V
Jumlah Pin I/O Digital	14
Jumlah Pin <i>Input Analog</i>	6
Arus Tiap Pin I/O	40 mA
Arus Untuk Pin 3.3 V	50 mA
Memori	32 KB (ATmega 328), sekitar 0,5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>
SRam	2 KB (ATmega 328)
EEPROM	1 KB (ATmega 328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

2.2.9 Sensor Tegangan

Sensor tegangan bekerja berdasarkan prinsip rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian pembagi tegangan biasanya digunakan untuk membuat suatu tegangan referensi dari sumber tegangan yang lebih besar, titik tegangan referensi pada sensor, untuk memberikan bias pada rangkaian penguat atau untuk memberikan bias pada komponen aktif^[27],

Sensor tegangan ini digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan antar fasa sehingga dapat mengetahui besar tegangan fasa-fasa. Pada pembuatan sensor tegangan ini menggunakan transformator step down, rangkaian penyearah, dan rangkaian pembagi tegangan. Seperti yang

ditunjukkan pada Gambar 2.9.

Rangkaian sensor tegangan pada prinsipnya yaitu melakukan pencuplikan tegangan yang mengalir masuk ke sistem pengukuran, cara sensor tegangan ini yaitu sensor tegangan diletakan paralel terhadap jaringan sumber. Rangkaian ini pada nitinya terdiri dari transformator step down berfungsi menurunkan tegangan, rangkaian penyearah, filter kapasitor, rangkaian pembagi tegangan. Memiliki spesifikasi yang di tampilkan pada Tabel 2.10.



Gambar 2. 9 Sensor Tegangan
(Sumber : Dok. Pribadi, 2023)

Tabel 2. 10 Spesifikasi *Liquid Crystal Display* (LCD)

Spesifikasi Produk	
Ukuran	25mm×13mm/0.98"×0.51"
Vin	5V
Chip AVR Arduino	AD 10-bit
Antarmuka input DC	terminal merah positif dengan VCC, negatif dengan GND
Rentang deteksi tegangan	DC0.02445V-25V
Resolusi analog tegangan	0,00489V
Antarmuka Output	"+" terhubung 5/3.3V, "-" terhubung GND, "s" terhubung pin AD Arduino

2.2.10 Buzzer

Buzzer merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai alat pengubah getaran listrik menjadi getaran suara dapat dilihat pada Gambar 2.10 merupakan gambaran fisik dari Buzzer. Prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loud speaker. Buzzer terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnetik^[28]. Memiliki spesifikasi yang di tampilkan pada Tabel 2.11.



Gambar 2. 10 Buzzer
(Sumber : Dok. Pribadi, 2023)

Tabel 2. 11 Spesifikasi *Sensor Water Flow Meter YF-201C*

Spesifikasi Produk	
Rated voltage	12V DC
Operation voltage	3-24V DC
Rated current	< 30mA
Sound output	> 90 dB
Resonant freq	3000 +/- 500 Hz
Operating temp	-20C s/d +60C
Storage temp	-20C s/d +70C
Diameter	2.8 cm
Tebal	1.5 cm

2.2.11 Kipas DC

Kipas DC merupakan suatu perangkat elektromagnetis yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Fungsi dari kipas ini adalah untuk mengurangi suhu yang terlalu panas dalam panel box, sehingga tidak merusak komponen-komponen di dalam panel box^[29].



Gambar 2. 11 Kipas DC
(Sumber : Dok. Pribadi, 2023)

Tabel 2. 12 Spesifikasi Kipas DC

Spesifikasi Produk	
<i>Voltage</i>	12 V
<i>Current</i>	0,17 A
<i>Dimension</i>	40 × 40 × 20 mm

2.2.12 Pompa Air

Pompa air adalah suatu alat untuk memindahkan suatu cairan (*Fluida*) dari suatu tempat ke tempat yang lain menggunakan media pipa dengan cara mendorong *fluida* secara mekanik melalui saluran pipa, bisa juga merubah energi mekanik menjadi energi tekan atau energi kinetik *fluida*^[30]. Bentuk fisik dari pompa air yang digunakan pada Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 2.11 dan spesifikasi dari pompa air yang digunakan terdapat pada Tabel 2.12.



Gambar 2. 12 Pompa Air
(Sumber : Dok. Pribadi, 2023)

Tabel 2. 13 Pompa Air

Spesifikasi Produk	
<i>Input Voltage</i>	220 V AC
<i>Input Power</i>	0,33 kW
<i>Output Power</i>	125 W
Daya Hisap <i>Max.</i>	9 M
Kapasitas <i>Max.</i>	31 L/Min
<i>Dimension</i>	245 × 200 × 260 mm
<i>Weight</i>	8,5 Kg