

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 pengembangan metode yang ingin dirancang dalam tugas akhir.

2.1.1 Perancangan Mesin Pompa Air Tenaga Surya untuk Mengurangi Konsumsi Listrik Skala Rumahan

Penelitian terkait pompa air tenaga surya sebelumnya dilakukan oleh Zaenal Arifin, Aries Jehan Tamamy dan Nur Islahudin pada tahun 2020 dengan judul “Perancangan Mesin Pompa Air Tenaga Surya untuk Mengurangi Konsumsi Listrik Skala Rumahan”. Tujuan penelitian ini adalah membuat sistem pompa air tenaga surya untuk mengurangi konsumsi listrik skala rumahan. Panel surya atau PV yang digunakan pada riset ini mempunyai kapasitas 100 WP yang terdiri dari 2 buah PV 50 WP dirangkai secara paralel. PV yang digunakan berjenis *monocrystal* dengan merek SHINYOKU. Pengujian dilakukan dengan mengukur debit air pompa air dan membandingkannya dengan daya yang dibutuhkan oleh pompa air tersebut. Dalam perhitungan debit air, pompa air mampu mengalirkan air dengan volume 8,5 liter/menit. Daya pompa air diukur dengan menggunakan watt meter, daya yang dibutuhkan oleh pompa air tersebut sebesar 223 watt/hour. Durasi waktu yang dibutuhkan untuk mengisi penuh tandon air berukuran 1000 liter yaitu selama 2 jam atau 119 menit dengan mengkonsumsi 450 watt. Apabila di kalkulasikan selama 1 bulan (30 hari), dengan memanfaatkan sistem pompa air tenaga surya dapat mengurangi konsumsi daya hingga 13500 watt atau 13,5Kw [6].

2.1.2 Prototipe Data Logging Monitoring System Untuk Konversi Energi Panel Surya Polycrystalline 100 Wp Berbasis Arduino Uno

Penelitian terkait *monitoring* panel surya sebelumnya dilakukan oleh Welly Yandi pada tahun 2020 dengan judul “Prototipe Data Logging *Monitoring* System Untuk Konversi Energi Panel Surya Polycrystalline 100 Wp Berbasis Arduino Uno”. Sistem *monitoring* yang digunakan menggunakan data logger. Sensor yang digunakan yaitu sensor tegangan, arus dan suhu. Panel surya yang digunakan memiliki kapasitas 100 wp dengan beban 6 watt. Sedangkan aki yang digunakan adalah 5Ah. Waktu yang dihasilkan selama proses pengecasan aki dibandingkan dengan daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah 4,43 jam. Hasilnya, dalam keadaan aki penuh dapat menyuplai energi listrik selama 10 jam dengan beban 6 Watt [7].

2.1.3 Analisis Kinerja dan Ekonomi Sistem Pompa Air Tenaga Surya Skala Laboratorium

Penelitian terkait pompa air tenaga surya sebelumnya dilakukan oleh Usman, Alang Sunding dan Akbar Naro Parawangsapada tahun 2018 dengan judul “Analisis Kinerja dan Ekonomi Sistem Pompa Air Tenaga Surya Skala Laboratorium”. Dalam penelitian ini akan menguji kinerja serta melakukan analisis ekonomi dari SPATS. Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan pengukuran data yang dimulai pada pukul 09.00 sampai dengan pukul 16.00. Data tersebut adalah radiasi matahari, tegangan dan arus PV/pompa dan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi wadah dengan volume tertentu. Analisis data dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah ditentukan sebelumnya serta melakukan perbandingan dengan penelitian lainnya. Hasil yang didapatkan bahwa debit air yang dihasilkan oleh SPATS akan sebanding dengan radiasi matahari, sebagai akibat produksi energi listrik yang dihasilkan oleh PV. Efisiensi pompa dan sistem sebanding dengan radiasi matahari. Fenomena ini merupakan efek dari ketergantungan debit air terhadap radiasi matahari. Hasil analisis ekonomi yang dilakukan didapatkan bahwa harga energi listrik yang dibangkitkan oleh SPATS relatif

murah dan biaya air untuk setiap m³ berbanding terbalik dengan debit air yang dihasilkan oleh pompa [8]

2.1.4 Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air

Penelitian terkait pompa air tenaga surya sebelumnya dilakukan oleh Zian Iqtimal, Ira Devi Saramdan Syahrizal pada tahun 2018 dengan judul “Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air”. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan suatu sistem tenaga surya sebagai sumber energi listrik untuk pompa air. Rancangan sistem tenaga surya ini menggunakan panel surya ST.50-PG, baterai GS Astra 10Ah dan pompa air DC YRK-BP2512 12Volt. Perancangan dimulai dari mencari data radiasi matahari setempat selama satu tahun sehingga dapat ditentukan jumlah panel surya yang diperlukan serta kapasitas peralatan lainnya. Listrik yang dihasilkan disimpan ke dalam baterai dan dapat langsung digunakan untuk sumber listrik pompa air 60W yang bekerja selama 32 menit untuk mengisi tandon air sebesar 1.750 liter sesuai kebutuhan rata-rata perhari dalam satu rumah hunian. Kesimpulan Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa besar daya yang dihasilkan panel surya bergantung pada intensitas radiasi matahari yang mengenai permukaan panel surya. Panel surya yang digunakan sebagai sumber energi alternatif dengan daya maksimum 50 Wp memiliki efisiensi sebesar 12,25 % . Daya yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang mengenai permukaan panel surya. Pada perancangan sistem tenaga surya untuk energi listrik pompa air dengan menggunakan panel surya memerlukan waktu 32 menit untuk mengisi 1750 liter air ke tandon penampungan sesuai kebutuhan air rata-rata dalam suatu rumah hunian. Untuk memenuhi kebutuhan air harian pompa air memerlukan konsumsi energi baterai sebesar 2,65Ah setiap hari. Untuk mengisi penuh baterai 5Ah memerlukan waktu 2,8 jam dengan arus 1,8A [9].

Tabel 2. 1 Perbandingan Tinjauan Pustaka

Sumber	Komponen	Sistem	Keterangan
Zaenal Arifin, Aries Jehan Tamamy dan Nur Islahudin, 2020	Panel Surya, Baterai dan Pompa Air	Menganalisa kinerja pompa air berupa debit air yang dihasilkan oleh pompa air dan daya yang dihasilkan oleh pompa air. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi konsumsi daya listrik rumahan dengan menggunakan pompa dengan sumber energi matahari	Kelebihan : Sistem pompa air tenaga panel surya tersebut dapat mengurangi konsumsi listrik dari PLN sehingga dapat menghemat biaya listrik bulanan dalam skala rumah Kekurangan : Tidak terdapat sistem monitoring secara <i>realtime</i>
Welly Yandi, 2020	Sensor Tegangan, sensor ACS712 dan sensor LM35, LCD dan <i>Micro SD Card</i>	Sensor tegangan membaca keluaran tegangan dari panel surya. Sensor suhu diletakkan di panel surya untuk membaca suhu dari panel surya. Sensor arus diprogram	Kelebihan : Menggunakan <i>monitoring</i> data logger dan LCD sehingga pengukuran parameter panel surya dilakukan secara otomatis dan disimpan pada <i>mikro SD card</i>

		untuk membaca arus yang mengalir pada beban. Seluruh data yang dibaca akan ditampilkan pada LCD dan disimpan pada <i>SD Card</i>	Kekurangan : Tidak terdapat variable kapasitas baterai dan daya yang di <i>monitoring</i>
Usman, Alang Sunding dan Akbar Naro Parawangsapada, 2018	Panel surya dan pompa air	Dalam penelitian ini akan menguji kinerja serta melakukan analisis ekonomi dari Sistem pompa air tenaga surya	Kelebihan : Terdapat Analisa yang spesifik dari kinerja panel surya dari segi ekonomi. Kekurangan : Sistem <i>monitoring</i> yang dilakukan masih secara manual atau menggunakan multimeter.
Zian Iqtimal, Ira Devi Saramdan Syahrizal pada tahun 2018	Panel Surya ST.50-PG,baterai 10 Ah dan pompa air 60W	Dalam penelitian ini akan membuat alat sistem pompa air tenaga surya untuk memenuhi kebutuhan air bagi rumah tangga	Kelebihan : Kebutuhan panel surya untuk menyediakan air bagi rumah tangga sudah terpenuhi sesuai dengan kebutuhan Kekurangan : <i>monitoring</i> yang dilakukan

			masih secara manual atau menggunakan multimeter. Sistem <i>monitoring</i>
Bintang Ramadhan, 2022	Panel surya, pompa <i>submersible</i> , sensor tegangan, sensor ACS 712, sensor <i>flow water</i> , LCD, <i>micro SD card</i>	Dalam penelitian ini membuat alat <i>monitoring</i> pompa air tenaga surya. Data yang di <i>monitoring</i> yaitu arus dan tegangan panel surya, kapasitas baterai dan debit air yang dihasilkan oleh pompa <i>submersible</i> . Data hasil <i>monitoring</i> akan disimpan pada <i>micro SD card</i> dan ditampilkan pada LCD.	

Berdasarkan Tabel 2.1 dapat diketahui terdapat beberapa perbedaan dengan jurnal yang sudah dibuat. Pada penelitian yang dilakukan oleh Zaenal Arifin, Aries Jehan Tamamy dan Nur Islahudin yaitu membuat sistem pompa air tenaga surya. Sistem tersebut dapat mengurangi konsumsi listrik skala rumahan. Pada jurnal tersebut tidak terdapat hasil *monitoring* secara real. Penelitian yang dilakukan oleh Welly Yandi terdapat aspek perbedaan berupa *monitoring* yang dilakukan

menggunakan software tambahan berupa PLX-DAQ. Hasil penelitian tersebut berupa *monitoring* tegangan panel surya, suhu panel surya dan arus yang mengalir pada beban. Penelitian ini belum menampilkan arus pada panel surya dan kapasitas baterai. Pada penelitian yang dilakukan Usman, Alang Sunding dan Akbar Naro Parawangsapada terdapat perbedaan dalam metode pengambilan data penelitian yang dilakukan secara manual. Pada penelitian tersebut belum terdapat *monitoring* secara *real time* Pada penelitian yang dilakukan oleh Zian Iqtimal, Ira Devi Saramdan Syahrizal terdapat perbedaan dalam metode pengambilan data penelitian yang dilakukan secara manual. Pada penelitian tersebut belum terdapat *monitoring* secara *real time*.

Dengan membaca penelitian yang sudah pernah dibuat dan latar belakang masalah yang ada, maka penulis membuat sebuah “*Monitoring Pompa Air Tenaga Surya dengan Sistem Pompa Submersible*”. Dari beberapa aspek penelitian yang telah dibuat sebelumnya dapat disimpulkan bahwa pengembangan yang dilakukan memiliki beberapa keunggulan yaitu :

1. Pada penelitian kedua akan ada pengembangan berupa fitur kapasitas baterai dalam satuan persen dan daya yang akan ditampilkan pada LCD dan *micro SD card*
2. Pada penelitian pertama, ketiga dan keempat akan ada pengembangan berupa *monitoring* data logger dan LCD. Sehingga hasil *monitoring* parameter panel surya dan pompa akan bisa disimpan pada *micro SD card* dan ditampilkan pada LCD. Serta penambahan sensor arus, tegangan dan debit air.

2.2 Monitoring

Monitoring adalah siklus kegiatan yang mencakup pengumpulan, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan atas tentang proses yang sedang dilaksanakan. Umumnya, *monitoring* digunakan digunakan untuk memeriksa antara kinerja dan target yang telah ditentukan. *Monitoring* ditinjau dari hubungan terhadap manajemen kinerja adalah proses terintegrasi untuk memastikan bahwa proses berjalan sesuai rencana (*on the track*). *Monitoring* panel surya merupakan suatu sistem yang digunakan untuk memantau kapasitas daya pada panel surya [10]. Pada penelitian ini menggunakan *Monitoring* data logger untuk kinerja panel surya dapat dipantau dengan *memonitoring* tegangan dan arus panel surya dan kapasitas baterai serta *monitoring* debit air yang dapat dihasilkan oleh

pompa *submersible*. Hasil *monitoring* akan ditampilkan pada LCD dan disimpan pada *micro SD card*.

2.3 Sel Surya

Gambar panel surya dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Panel Surya
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

Sel surya adalah seperangkat modul untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. Photovoltaic adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel [11]. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sebuah sel surya sangat kecil, sekitar 0,6V tanpa beban atau 0,45V dengan beban. Untuk mendapatkan tegangan listrik yang besar sesuai keinginan diperlukan beberapa sel surya yang tersusun secara seri. Jika 36 keping sel surya tersusun seri, akan menghasilkan tegangan sekitar 16V. Tegangan ini cukup untuk digunakan mensuplai aki 12V.

Tabel 2.2 Spesifikasi Panel Surya 50 wp

Spesifikasi	Keterangan
Jenis	<i>Monocrystalline</i>
Daya Maksimum (Pmax)	50 wp
<i>Open circuit voltage (Voc)</i>	22,5 V
<i>Short circuit current (Isc)</i>	3,04 A
Arus pada daya maksimum (Imp)	2,85 A
Tegangan pada daya maksimum (Vmp)	17,6 V
Tegangan system maksimal	700 V
Dimensi	700 x 510 x 30 mm
Temperatur	-45 celsius - +80 celsius

Tabel 2.3 Spesifikasi Panel Surya 100 wp

Spesifikasi	Keterangan
Jenis	<i>Monocrystalline</i>
Daya Maksimum (Pmax)	100 wp
<i>Open circuit voltage (Voc)</i>	21,8 V
<i>Short circuit voltage (Isc)</i>	6,05 A
Arus pada daya maksimum (Imp)	5,62 A
Tegangan pada daya maksimum (Vmp)	17,8 V
Efisiensi sel	16,93%
Toleransi Daya	3%
Tegangan maksimal sistem	1000 V
Fuse seri	12 A

Untuk mendapatkan tegangan keluaran yang lebih besar lagi maka diperlukan lebih banyak lagi sel surya. Gabungan dari beberapa sel surya ini disebut Panel Surya atau modulsurya. Pada penelitian ini panel surya berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Energi tersebut akan disimpan pada baterai untuk digunakan dalam aktivasi pompa *submersible*. Panel surya yang digunakan berjumlah 3 buah yaitu 50 wp, 50 wp dan 100 wp. Spesifikasi panel yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

2.3.1 Perhitungan Kebutuhan Panel Surya

Pembangkitkan listrik secara mandiri menggunakan sel surya perlu diketahui jumlah kebutuhan energi harian yang digunakan dan data insolasi matahari daerah setempat. Jumlah energi listrik yang dapat dibangkitkan oleh satu panel surya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [12] :

$$KW_{(peak)} PLTS = \frac{KWH}{Insolasi\ Matahari} \times 1,25 \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

KW_(peak) PLTS= Daya panel surya yang dibutuhkan (Kwp)

KWH = Total Kebutuhan energi harian yang digunakan (Kwh)

Insolasi Matahari = 4,5 Kwh/m²

2.3.2 Perhitungan Faktor Pengisian

Faktor pengisian (*fill factor*) adalah rasio daridaya keluaran maksimum yang diperoleh dari hasil kaliparameter-parameter yang terdapat pada modul surya yaitu tegangan open circuit (Voc), arus short circuit (Isc), tegangan nominal modul (Vm) dan arus nominal modul. Persamaan yang digunakan untuk menentukan faktor pengisian (FF) adalah sebagai berikut [13] :

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

FF = *Fill Factor* (%)

V_{mp} = Tegangan pada titik kerja maksimum (V)

I_{mp} = Arus pada titik kerja maksimum (A)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka (V)

I_{sc} = Arus rangkaian terbuka (A)

Pada saat nilai tahanan variabel mempunyai nilai tak hingga / *open circuit* maka nilai arusnya akan bernilai minimum (nol), namun tegangannya bernilai *maksimum*. Tegangan ini disebut dengan tegangan hubung terbuka / *open circuit* (V_{oc}). Namun, saat nilai tahanan variabel bernilai nol, maka arusnya akan bernilai maksimum dan tegangannya. Peristiwa ini disebut dengan arus hubung singkat / *short circuit* (I_{sc}). Dapat disimpulkan bahwa semakin besar harga FF (fill faktor) sel surya, maka unjuk kerja sel surya tersebut baik, dan akan mempunyai koefisien konversi energi yang semakin baik pula.

2.3.3 Perhitungan Daya Output Panel Surya

Daya output panel surya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [13] :

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \dots \dots \dots (3)$$

Dimana =

P_{out} = Daya keluaran panel surya (Watt)

V_{oc} = Tegangan *open circuit* panel surya (Volt)

I_{sc} = Arus *short circuit* panel surya (Ampere)

FF = *Fill Factor* (%)

2.3.4 Perhitungan Efisiensi Panel Surya

Perhitungan efisiensi panel surya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [14] :

$$P_{in} = J \times A \dots \dots \dots (4)$$

Dimana =

P_{in} = Daya input panel surya (Watt)

J = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)

A = Luas panel (m^2)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \dots \dots \dots (5)$$

Dimana =

η = Efisiensi panel surya (%)

P_{in} = Daya masukan (W)

P_{out} = Daya keluaran (W)

2.3.5 Perhitungan Lama Waktu *Charging* Panel Surya

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan panel surya dalam melakukan *charging* baterai dalam keadaan puncak. Perhitungan lama waktu *charging* panel surya sebagai berikut [15]:

$$\text{Lama waktu } charging = \frac{\text{Tegangan Baterai (V) X Kapasitas Baterai (AH)}}{\text{Daya Puncak Panel Surya (Wp)}} \dots \dots (6)$$

2.3.6 Perhitungan Efisiensi *Charging* Panel Surya

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi panel surya dalam melakukan *charging* baterai. Persamaan efisiensi *charging* panel surya sebagai berikut :

$$\eta = \frac{\text{Lama waktu } charging \text{ panel surya}}{\text{Data waktu } charging \text{ panel surya}} \dots \dots \dots (7)$$

2.4 Baterai

Baterai adalah alat yang digunakan untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia kemudian diubah menjadi energi listrik untuk memperoleh arus listrik yang diperlukan sehingga dapat digunakan menghidupkan peralatan. Baterai merupakan kumpulan dari sel-sel elektro kimia, yaitu alat yang dapat yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik dan sebaliknya, yang dihubungkan secara seri. Sel baterai terdiri atas sepasang elektroda (kutub sering disebut pelat) yang terendam dalam larutan elektrolit, yang selanjutnya menghasilkan listrik apabila membentuk suatu rangkaian tertutup, yaitu apabila elektroda

positif (anoda) dihubungkan dengan beban ke elektroda negatif (katoda). [16]. Pada penelitian ini baterai berfungsi untuk mengaktifasi pompa submersible dan untuk menyimpan energi listrik dari panel surya suatu rangkaian tertutup, yaitu apabila elektroda positif (anoda) dihubungkan dengan beban ke elektroda negatif (katoda). Spesifikasi baterai yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.4. Di bawah ini Gambar 2.2 Baterai yang digunakan pada penelitian ini



Gambar 2.2 Baterai
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

Tabel 2.4 Spesifikasi Baterai

Spesifikasi	Keterangan
Arus	20 AH
Tegangan	12 V

Berikut adalah perhitungan kebutuhan baterai [17]:

$$\text{Kapasitas Baterai (AH)} = \frac{\text{Total Kebutuhan Harian}}{\text{Tegangan Sistem}} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

Kebutuhan Baterai (Ah) = Besarnya AH baterai yang digunakan

Total Kebutuhan Harian = Jumlah kebutuhan energi harian beban(wh)

Tegangan Sistem = Tegangan sistem yang digunakan (V)

2.5 Solar Charger Controller

SCC adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari panel surya. Kelebihan tegangan pengisian akan mengurangi umur baterai. SCC biasanya terdiri dari : 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel sel surya, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai/aki dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban [18]. Spesifikasi solar *charger controller* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.5. Gambar *solar charger controller* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Solar Charger Controller
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

Tabel 2.5 Spesifikasi Solar Charger Controller

Spesifikasi	Keterangan
Arus (A)	20 A
Tegangan	12 V/24 V

Untuk mengetahui kapasitas yang diperlukan charge controller harus mengetahui karakteristik dan spesifikasi dari panel surya yang digunakan. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung kebutuhan *Solar Charger Controller* [19] :

$P_{sec} = \text{jumlah panel surya} \times I_{sc}$(9)

2.6 Pompa

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan. Prinsip kerja pompa adalah dengan melakukan penekanan dan penghisapan terhadap fluida. Pada sisi hisap pompa (*suction*), elemen pompa akan menurunkan tekanandalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara permukaan fluida yang dihisap dengan ruang pompa.



Gambar 2.4 Pompa Submersible
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

Tabel 2.6 Spesifikasi Pompa Submersible

Spesifikasi	Keterangan
Daya	100 Watt
Tegangan	12 VDC
Kekuatan dorong	7 meter
Berat	4 Kg

Pada penelitian ini menggunakan pompa jenis submersible pump. *Submesible* Pump (pompa benam) disebut juga dengan electric submersible pump (ESP) atau biasa disebut dengan pompa jumbo adalah pompa yang dioperasikan di dalam air dan akan mengalami kerusakan

jika dioperasikan dalam keadaan tidak terdapat air terus menerus. Jenis pompa ini mempunyai tinggi minimal air yang dapat dipompa dan harus dipenuhi ketika bekerja agar *life time* pompa tersebut lama. Pompa jenis ini bertipe pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal sendiri prinsip kerjanya mengubah energi kinetis (kecepatan) cairan menjadi energi potensial (dinamis) melalui suatu impeller yang berputar dalam casing [20]. Spesifikasi pompa *submersible* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.6. Gambar pompa *submersible* dapat dilihat pada Gambar 2.4.

2.7 Arduino Uno

Arduino Uno adalah salah satu produk berlabel arduino yang sebenarnya adalah suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler ATmega328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Piranti ini dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan rangkaian elektronik dari yang sederhana hingga yang kompleks [21]. Pada penelitian ini Arduino Uno berfungsi untuk mengolah hasil *monitoring* sensor untuk ditampilkan pada LCD dan untuk disimpan pada *micro SD card*. Spesifikasi Arduino Uno yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.7. Gambar Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Arduino Uno
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

Tabel 2.7 Spesifikasi Arduino Uno

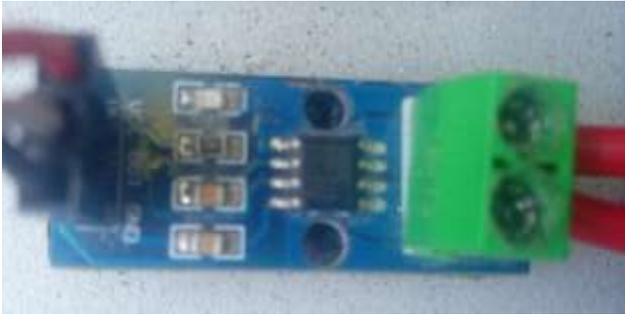
Spesifikasi	Keterangan
Jenis	Mikrokontroler Arduino
Tegangan	5V & 7-12V
Tegangan Input	20 Ma
Arus DC per Pin I/O	101.52 mm x 53.3 mm
Dimensi	37 g
Berat	54 (of which 15 provide PWMoutput)
Pin Digital	16
Pin Analog	5V & 7-12V

2.8 Sensor ACS712

ACS712 merupakan suatu IC terpaket yang mana berguna sebagai sensor arus menggantikan transformator arus yang relatif besar dalam hal ukuran. Pada prinsipnya ACS712 sama dengan sensor efek hall lainnya yaitu dengan memanfaatkan medan magnetik disekitar arus kemudian dikonversi menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus. Nilai variabel dari sensor ini merupakan input untuk mikrokontroler yang kemudian diolah. Keluaran dari sensor ini masih berupa sinyal tegangan AC, agar dapat diolah mikrokontroler maka sinyal tegangan AC ini disearahkan oleh rangkaian penyearah [22]. Pada penelitian ini sensor arus digunakan untuk *monitoring* parameter arus panel surya. Spesifikasi sensor arus yang digunakan dapat dilihat dilihat pada Tabel 2.8. Gambar sensor arus dapat pada Gambar 2.6.

Tabel 2.8 Spesifikasi Sensor ACS712

Spesifikasi	Keterangan
Arus	Max 30A
Sensitifitas	66 mV/A
Tegangan Input	5 V



Gambar 2.6 Sensor ACS712
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

2.9 Sensor Tegangan

Sensor tegangan DC merupakan rangkaian pembagi tegangan yang dibuat menjadi sebuah modul. Modul sensor tegangan DC ini mampu untuk mengukur tegangan hingga 25 V. Pada modul sensor tegangan DC yang ditunjukkan pada gambar 6 terdapat tiga pin. Pin S merupakan pin output sensor yang akan dihubungkan ke ADC arduino nano, pin + disambungkan ke 5 V arduino dan pin – dihubungkan ke ground arduino [23]. Pada penelitian ini sensor tegangan berfungsi untuk *monitoring* parameter keluaran panel surya dan baterai. Spesifikasi sensor tegangan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.9. Gambar sensor tegangan dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Sensor Tegangan
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

Tabel 2.9 Spesifikasi Sensor Tegangan

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Input	Max 25 VDC
Resistansi	37500 Ohm
Tegangan output	5 V

2.10 Liquid Crystal Display

LCD Merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menampilkan suatu ukuran besaran atau angka, sehingga dapat dilihat dan ketahu melalui tampilan layar kristalnya [24]. Pada penelitian ini *LCD* berfungsi untuk menampilkan hasil *monitoring*. *Spesifikasi LCD* dapat dilihat pada Tabel 2.10. *LCD* dapat dilihat pada Gambar 2.8.



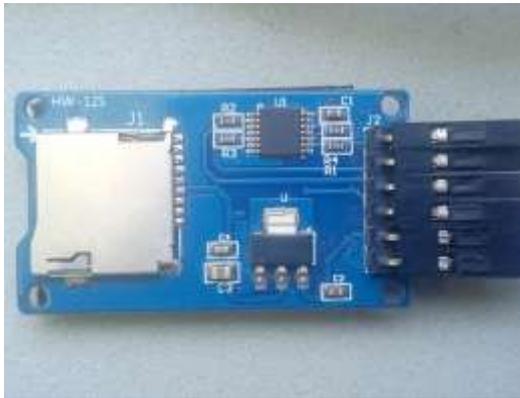
Gambar 2.8 Liquid Crystal Display
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

Tabel 2.10 Spesifikasi LCD

Spesifikasi	Keterangan
Chip Mikrokontroler	ATMeaga 2560
Tegangan Kerja	5 V
Tegangan Input	7-12 V
Digital I/O pin analog input pin	54 buah, 6 buah diantaranya menyediakan PWM <i>output</i>
<i>Clock Speed</i>	16 Mhz
Analog input pin	16

2.11 Modul Micro SD Card

SD Card merupakan sebuah alat penyimpanan berukuran kecil yang digunakan untuk menyimpan data. Hasil perekaman data yang terdapat pada data logger akan tersimpan di *SD Card* yang kemudian dapat dibaca pada komputer menggunakan *card reader* [25]. Pada penelitian ini *SD Card* berfungsi untuk menyimpan hasil *monitoring*. Spesifikasi *SD Card* dapat dilihat pada Tabel 2.11. Gambar *SD Card Module* dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Micro SD Card
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

Tabel 2.11 Spesifikasi Micro SD Card

Spesifikasi	Keterangan
Arus	200 mA
Tegangan Kerja	4,5-5,5 V
<i>Support Micro SD Card</i>	2 GB
Berat	5 g

2.12 Real Time Clock

RTC (*Real time clock*) merupakan sebuah perangkat yang dapat menerima dan menyimpan data realtime berupa dekripsi waktu, seperti hari, tanggal, bulan, dan tahun. Pada penelitian ini, RTC yang digunakan adalah jenis RTC DS3232. Secara otomatis, RTC mampu menyimpan seluruh data waktu, hari, tanggal, bulan dan tahun, hingga perbedaan bulan yang memiliki 30 hari ataupun 31 hari [26]. Spesifikasi RTC dapat dilihat pada Tabel 2.12. Gambar *SD Card Module* dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Real Time Clock
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

Tabel 2.12 Spesifikasi RTC

Spesifikasi	Keterangan
Arus	500 nA
Tegangan Kerja	2,3-5,5 V
Temperatur	-45 - +80 Celsius
Berat	5 g

2.13 Sensor Water Flow

Sensor *water flow* merupakan salah satu sensor untuk menghitung debit air yang mengalir serta akan menggerakkan motor dalam satuan liter. Motor akan bergerak sesuai dengan kecepatan aliran air yang mengalir. Sensor water flow ini terdiri dari katup plastic, rotor air, dan sensor efek *Hall*. Prinsip kerja dari sensor ini yaitu memanfaatkan fenomena efek *Hall*. Pada sensor efek *Hall* tersebut akan membaca sinyal tegangan

berupa pulsa lalu akan mengirimkan sinyal tersebut ke mikrokontroler. Air yang mengalir akan melewati katup plastik dari sensor *water flow* tersebut dan akan membuat rotor magnetnya berputar dengan kecepatan tertentu sesuai dengan tingkat aliran yang mengalir. Kemudian medan magnet yang ada pada rotor tersebut akan memberikan efek pada sensor efek *Hall* yang akan menghasilkan sinyal pulsa berupa tegangan (*pulse width modulator*) [27]. Pada penelitian ini sensor *water flow* berfungsi untuk mengukur besarnya debit air pada pompa *submersible*. Spesifikasi *Water Flow* dapat dilihat pada Tabel 2.13. Gambar *Water Flow* dapat dilihat pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 Sensor Water Flow
(Sumber:dok.pribadi, 2022)

Tabel 2.13 Spesifikasi Sensor Water Flow

Spesifikasi	Keterangan
Arus	15 Ma
Tegangan Kerja	4,5 V – 18 V
Akurasi	10 %
Jangkauan ukur	1 – 30 Liter/Menit

2.14 Tegangan dan Arus

Hukum Ohm berbicara mengenai hubungan antara tegangan listrik (V) dan arus listrik (I). Besar arus listrik yang mengalir pada sebuah penghantar sebanding dengan beda potensial sumber ($I \propto V$), yang berarti semakin besar sumber taganga, semakin besar arus listrik yang mengalir. Kemudahan arus listrik yang mengalir pada sebuah penghantar bergantung pada jenis penghantar. Kemampuan penghantar untuk mengalirkan arus listrik disebut dengan konduktivitas, lawan dari resistivitas atau lebih dikenal dengan istilah hambatan (R). Semakin besar resistrivitas sebuah penghantar, akan semakin sulit arus listrik melewatinya.

$$V = I.R \dots\dots\dots(10)$$

Dimana V adalah tegangan, satuannya volt, R , dikenal sebagai hambatan, satuannya adalah ohm, I adalah kuat arus, satuannya amper [28]

2.15 Jatuh Tegangan Baterai Pada Saat Berbeban

Presentase jatuh tegangan baterai pada saat diberi beban dapat di rumuskan sebagai berikut :

$$V_r = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{NL}} \times 100\% \dots\dots\dots(11)$$

Dimana =

V_r = Presentase jatuh tegangan

V_{NL} = Tegangan pada saat beban nol (V)

V_{FL} = Tegangan pada saat berbeban (V)

~Halaman Ini Sengaja Dikosongkan~