

BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian ini penulis menggunakan beberapa tinjauan pustaka yang dapat mendukung penelitian, berikut ini beberapa tinjauan pustaka yang dipakai dalam penelitian ini ditunjukkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka

| Nomor | Penulis | Tahun | Judul | Hasil |
|--------------------|-----------------------------|-------|--|---|
| Tinjauan Pustaka 1 | Cahaya Lidya Aritonang, dkk | 2020 | Sistem Monitoring Tegangan, Arus, dan Intensitas Cahaya pada Panel Surya dengan Thingspeak | Berdasarkan penelitian Cahya Lidya Aritonang hasil monitoring panel surya dapat ditampilkan dengan baik pada <i>website Thingspeak</i> dalam bentuk grafik dan dapat ditampilkan pula pada aplikasi <i>Thingspeak</i> di android. <i>Thingspeak</i> juga bekerja dengan baik sebagai media penyimpanan data monitoring yang |

| | | | | |
|--------------------|-----------------------------|------|---|---|
| | | | | dilakukan.(Aritonang et al., 2020) |
| Tinjauan Pustaka 2 | Hendi Suryawinata, dkk | 2017 | Sistem Monitoring pada Panel Surya Menggunakan Data logger Berbasis ATmega 328 dan Real Time Clock DS1307 | Penelitian yang telah dilakukan oleh Suryawinata bahwa sistem monitoring panel surya ini dapat mencatat arus, tegangan, suhu serta kelembaban secara real time yang dihasilkan dari hasil kinerja panel surya dan kemudian merekamnya dalam bentuk TXT file setiap 15 menit sekali ke dalam Micro SD.(Suryawinata et al., 2017) |
| Tinjauan Pustaka 3 | Dewa Gede Dede Pramana, dkk | 2017 | Rancang Bangun Sistem Monitoring Kinerja Panel Surya Berbasis Mikrokontroler ATmega 328 | Berdasarkan hasil pengujian menggunakan beban lampu led 12v, sistem monitoring telah dapat menginformasikan bila pada panel surya |

| | | | | |
|--------------------|-----------------------|------|---|---|
| | | | | <p>terjadi gangguan penurunan tegangan dengan adanya indikator pada sisi-sisi panel, bila berkedip merah maka tegangan kurang dari batas tegangan minimum yaitu 8,0v dan akan berstatus kurang baik, namun sebaliknya akan berkedip hijau jika tegangan lebih dari batas tegangan minimum yaitu 8,0v dan berstatus baik.(Gede et al., 2017)</p> |
| Tinjauan Pustaka 4 | Muhammad Junaldy, dkk | 2019 | Rancang Bangun Alat Pemantau Arus Dan Tegangan Di Sistem Panel Surya Berbasis Arduino Uno | <p>Hasil pengambilan data dalam seminggu memberikan hasil rata-rata tegangan aki 10,98002 Volt sedangkan untuk data tambahan selama 3 hari didapatkan tegangan</p> |

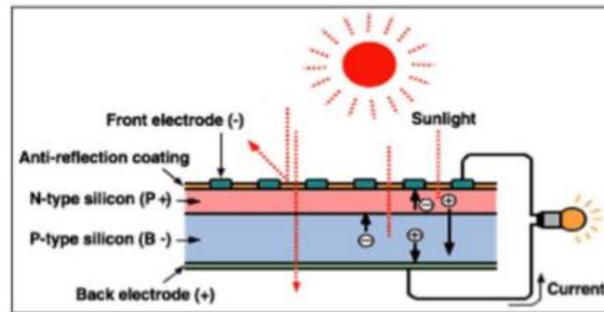
| | | | | |
|--------------------|------------------|------|---|---|
| | | | | <p>rata-rata aki 11,69437 Volt. Hasil pengambilan data dalam seminggu memberikan hasil rata-rata arus aki 0,369192 A. sedangkan untuk data tambahan selama 3 hari didapatkan arus rata-rata aki 2,257067 A. Hasil pengambilan data dalam seminggu memberikan hasil rata-rata arus panel 0,184485 A, sedangkan untuk data tambahan selama 3 hari didapatkan arus rata-rata panel 0,465432 A.(Junaldy et al., 2019)</p> |
| Tinjauan Pustaka 5 | Riza Alfita, dkk | 2021 | Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Baterai Pembangkit Listrik Tenaga Surya | Pada penelitian Riza Alfita sistem monitoring menampilkan persentase daya baterai dan notifikasi peringatan jika |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | (PLTS) dan Kontrol Beban Berbasis Internet of Things | pemakaian sudah berada pada batas SOC. Sedangkan pada sistem kontrol difungsikan untuk mengendalikan beban dari jarak jauh apabila terjadi kelalaian oleh pengguna yang mengakibatkan overdischarge. Adapun koneksi internet menjadi faktor lain keberhasilan baik monitoring ataupun kontrol. (Alfita et al., 2021) |
|--|--|--|--|--|

2.2 Panel Surya

Panel surya terdiri dari beberapa sel surya yang disusun sedemikian rupa untuk memperoleh output yang diinginkan. Dari kumpulan sel surya ini, sinar matahari dapat diubah menjadi listrik arus searah. Dengan menambahkan baterai yang terhubung ke panel surya, energi dari konversi sinar matahari menjadi listrik dapat disimpan sebagai energi listrik yang tersimpan. Sederhananya, sel surya terdiri dari sambungan bahan semikonduktor tipe-p dan sambungan np-n yang bila terkena sinar matahari menginduksi aliran elektron, aliran elektron ini disebut arus.

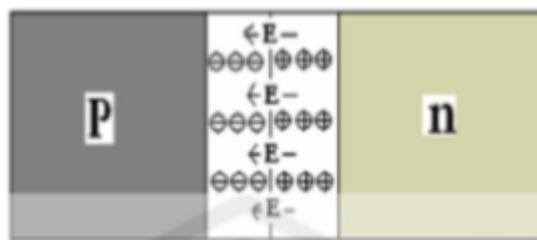
Proses perubahan energi cahaya menjadi energi listrik ditunjukkan pada Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2. 1 Proses Pengubahan Energi Matahari menjadi Energi Listrik

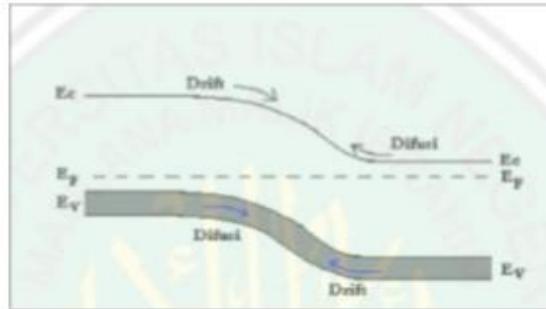
Sumber (Harahap, 2020)

Hole secara terus menerus meninggalkan tipe-p dan menyebabkan ion akseptor negatif tetap berada di dekat sambungan. Demikian pula, elektron yang meninggalkan tipe-n akan menyebabkan adanya ion donor positif di dekat sambungan Gambar 2.1. Akibatnya, terbentuk ruang muatan negatif di daerah tipe-p dan ruang listrik terbentuk muatan positif di tipe-n daerah dekat sambungan, hingga sambungan p-n terjadi daerah tanpa muatan bebas yang disebut daerah pengosongan depletion region.



Gambar 2. 2 Medan listrik di daerah pengosongan berarah dari kanan ke kiri

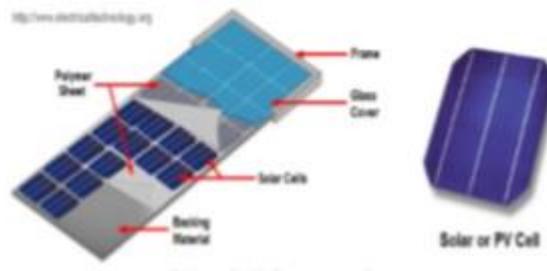
Sumber (Harahap, 2020)



Gambar 2. 3 Arah gerak difusi elektron-hole

Sumber (Harahap, 2020)

Panel surya adalah sel *Fotovoltaik* yang merupakan perangkat listrik yang mengubah energi dari sinar matahari langsung menjadi listrik melalui efek *fotovoltaik*. Dibawah ini dapat dilihat gambar 2.4 modul panel surya sebagai berikut.



Gambar 2. 4 Modul Panel Surya

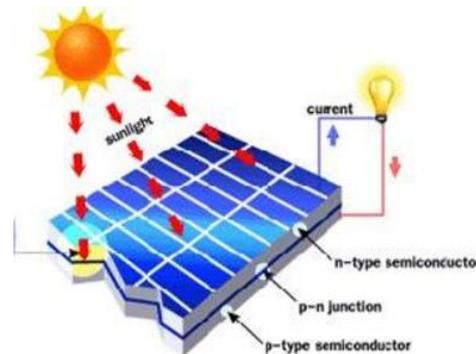
Sumber (Harahap, 2020)

Suhu sel surya, T_c adalah suhu yang diukur pada permukaan panel surya. Pada malam hari, nilai suhu ini sama dengan suhu lingkungan, tetapi pada siang hari ketika cuaca sangat cerah, nilai suhu ini dapat mencapai 30oC atau lebih tinggi dari suhu lingkungan sekitarnya (Harahap, 2020).

2.2.1 Prinsip kerja Panel Surya

Panel surya adalah perangkat yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Untuk memanfaatkan potensi energi matahari, dua jenis teknologi telah

diterapkan: fotovoltaik surya dan energi panas matahari. Dibawah ini Gambar 2.5 cara kerja panel surya dengan prinsip p-n junction.



Gambar 2. 5 Cara kerja panel surya dengan prinsip p-n junction

Sumber (Julisman et al., 2017)

Cara kerja panel surya dengan prinsip p-n junction. Sel surya konvensional bekerja berdasarkan prinsip p-n junction, yaitu pertemuan antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan atom, di mana elektron adalah komponen dasarnya. Semikonduktor tipe-n memiliki kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p memiliki kelebihan lubang (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kelebihan elektron dan hole dapat terjadi dengan doping bahan dengan doping atom. Misalnya, untuk mendapatkan bahan silikon tipe-p, silikon didoping dengan atom boron, sedangkan untuk mendapatkan bahan silikon tipe-n, silikon didoping dengan atom fosfor. Ilustrasi di atas menunjukkan sambungan semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Peran p-n junction adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan lubang) ditarik keluar oleh kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n bersentuhan, kelebihan elektron akan ditransfer dari semikonduktor tipe-n ke semikonduktor tipe-p sehingga membentuk anoda pada semikonduktor tipe-n dan sebaliknya, katoda. pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole

tersebut maka terbentuk medan listrik yang ketika sinar matahari mengenai p-n junction menyebabkan elektron berpindah dari semikonduktor ke junction negatif, yang kemudian digunakan sebagai listrik. bergerak menuju kontak positif menunggu elektron tiba. Panel surya dapat dihitung menggunakan rumus (Julisman et al., 2017).

Mencari total beban listrik harian :

Beban Pemakaian = Daya x Lama Pemakaian (persamaan 2.1)

Menentukan ukuran kapasitas panel surya

Kapasitas Panel Surya = $\frac{\text{Total beban pemakaian harian}}{n^{\text{baterai}} + \text{Insolasi Panel Surya}}$ (persamaan 2.2)

Rumus mencari daya semu, Daya semu adalah nilai tenaga listrik yang melalui suatu penghantar. Daya semu merupakan hasil perkalian dari tegangan dan arus yang melalui penghantar (Noor et al., 2017) Secara matematis dapat dituliskan.

Rumus mencari daya $S = V \times I$ (persamaan 2.3)

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

2.2.2 Jenis-jenis Panel Surya

Bahan yang digunakan banyak jenisnya dan memiliki efisiensi yang berbeda-beda. Jenis-jenis bahan pembuatan sel surya adalah sebagai berikut:

1. *Poly-crystalline*

Dibuat dengan cara melelehkan silikon dalam tungku keramik kemudian didinginkan secara perlahan hingga diperoleh campuran silikon yang akan mengapung di atas silikon. Sel-sel ini kurang efisien daripada *mono-*

crystalline (efisiensi 18%), tetapi biaya lebih murah. Tampilan fisik dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2. 6 Panel Surya Jenis Poly-crystalline

Sumber (Harahap, 2020)

2. Mono-crystalline

Terbuat dari silikon kristal tunggal yang diperoleh dengan melelehkan silikon dalam bentuk bujur. Mono-crystalline dapat dibuat setelah 200 mikron, dengan nilai efisiensi sekitar 24%. Dibawah ini dapat dilihat gambar 2.7 mono-crystalline.



Gambar 2. 7 Panel Surya Jenis Mono-crystalline Gallium Arsenide

Sumber (Harahap, 2020)

3. *Copper Indium Diselenide*

Merupakan bahan dari film tipis poly-crystalline. Nilai efisiensi 17.7%.(Harahap, 2020). Dibawah ini dapat dilihat gambar 2.8 sebagai berikut.



Gambar 2. 8 Panel Surya Jenis Copper Indium Diselenide

Sumber (Harahap, 2020)

2.3 Baterai

Secara umum, di Indonesia, kata baterai (sebagai aki atau akumulator) hanya dipahami sebagai "baterai" sebuah mobil. Sedangkan dalam bahasa Inggris, kata akumulator dapat merujuk pada baterai, kapasitor, kompulsator, menurut standar internasional, masing-masing baterai memiliki tegangan 2 volt. Jadi aki 12 volt ada 6 sel sedangkan aki 24 volt memiliki 12 cell. Aki adalah cell yang sering kita jumpai karena banyak digunakan pada sepeda motor dan mobil. Baterai merupakan sel sekunder, karena selain menghasilkan arus, baterai juga dapat diisi ulang dengan arus listrik. (Junaldy et al., 2019). Dibawah ini bisa dilihat gambar 2.9 berikut ini.



Gambar 2. 9 Baterai

Sumber (Junaldy et al., 2019)

Penelitian ini akan menggunakan accumulator berjenis yang biasanya sering digunakan pada kendaraan motor, baterai ini mempunyai tegangan sebesar 12 V.

Rumus perhitungan baterai dapat dilihat sebagai berikut (Julisman et al., 2017) :

Menentukan kapasitas baterai

$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{n \times \text{total beban pemakaian harian}}{V_{dc}} \dots\dots\dots (\text{persamaan 2.4})$$

Keterangan :

n= Efisiensi harian

Vdc = Tegangan Sistem

DOD = Depth of discharge

Lama pengisian baterai

$$T_1 = \frac{C}{I} (1 + 20\%) \dots\dots\dots (\text{persamaan 2.5})$$

Keterangan :

I = Arus Pengisian (Ampere)

C = Kapasitas (Ampere hours)

T 1 = Waktu yang kita inginkan (Hours)

20% = (% De-efisiensi)

2.4 Arduino Uno

Menurut Feri Djuandi (2011:8) Komponen utama didalam papan Arduino adalah sebuah mikrokontroler 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh Atmel Corporation. Arduino memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu mensupport mikrokontroler; dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB (Suryantoro, 2019). Board mikrokontroler Arduino ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Arduino Uno

2.5 Solar Charge Controller

Solar charge controller adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur arus DC yang dibebankan ke baterai dan ditransfer dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur pengisian berlebih (*overcharging* - karena baterai "penuh") dan voltase lebih dari panel surya/sel surya. Tegangan berlebih dan pengisian daya akan mengurangi masa pakai baterai. Beberapa fungsi rinci dari solar charge controller adalah sebagai berikut:

1. Menyesuaikan arus pengisian baterai, menghindari pengisian yang berlebihan dan tegangan lebih.

2. Mengatur arus yang dikeluarkan/ditarik dari baterai agar baterai tidak “discharge” dan overcharge.
3. Monitoring temperatur baterai.

Seperti disebutkan di atas, solar charge controller yang baik biasanya mampu mendeteksi kapasitas baterai. Ketika baterai terisi penuh, arus pengisian panel surya akan berhenti secara otomatis. Metode pendeteksiannya adalah melalui monitor level tegangan baterai. *Solar charge controller* akan mengisi baterai hingga level tegangan tertentu, kemudian jika level tegangan turun, baterai akan diisi ulang (Junaldy et al., 2019). *Solar charge controller* dapat dilihat pada gambar 2.11 berikut ini



Gambar 2. 11 Solar Charge Controller

2.6 Inverter

Inverter adalah pengubah tegangan yang mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Fungsi inverter adalah mengubah tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran AC yang seimbang dengan besaran dan frekuensi yang diinginkan. Tegangan keluaran dapat bernilai tetap atau berubah-ubah pada frekuensi tetap atau variabel. Tegangan output variabel dapat dicapai dengan memvariasikan tegangan input DC dan menjaga penguatan inverter bernilai konstan. Di sisi lain, jika tegangan input DC tetap dan tidak terkontrol, tegangan

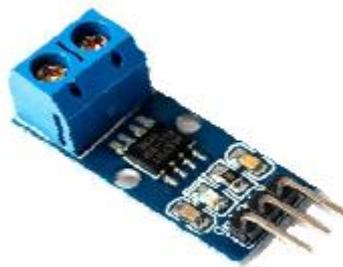
output variabel dapat diperoleh dengan memvariasikan penguatan inverter. Variasi penguatan inverter biasanya dicapai dengan menggunakan pengontrol Pulse Width Modulation (PWM) dan Sinusoidal Pulsa Width Modulation (SPWM) di inverter(SAODAH & UTAMI, 2019). Dibawah ini dapat dilihat gambar 2.12 inverter sebagai berikut.



Gambar 2. 12 Inverter

2.7 Sensor Arus

Sensor arus adalah suatu alat yang mengukur jumlah arus pada alat elektronik. Sensor arus biasanya terdiri dari rangkaian elektronik yang mengubah jumlah arus menjadi satuan listrik. Sensor arus yang biasa digunakan adalah chip ACS712. Sensor arus bekerja dengan membaca arus yang melalui tembaga yang di dialamnya menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional (Junaldy et al., 2019) dapat dilihat gambar 2.13 inverter sebagai berikut.



Gambar 2. 13 Sensor Arus

Sumber (Junaldy et al., 2019)

2.8 Sensor Suhu dan Kelembaban

Sensor pada penelitian ini, data suhu dan kelembaban lingkungan dideteksi oleh sensor DHT11. Sensor DHT11 menyediakan sinyal digital yang dikalibrasi. Rentang pengukuran suhu sensor ini adalah 0-50 °C dan rentang pengukuran kelembaban relatif adalah 20-90%. Sensor DHT11 membutuhkan catu daya DC sebesar 3 hingga 5,5 Volt DC. Akurasi untuk kelembaban relatif adalah $\pm 4\%$ dan akurasi untuk suhu adalah $\pm 2^{\circ}\text{C}$ (Najmurokhman, A, Kusnandar, 2018). Bentuk fisik dari sensor DHT11 ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Sensor DHT11

Sumber (Najmurokhman, A, Kusnandar, 2018)

2.11 LCD 16x2

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu bagian dari modul peraga yang menampilkan karakter yang diinginkan layar, menggunakan dua buah lembaran bahan yang dapat mempolarisasikan dan kristal cair diantara kedua lembaran tersebut. LCD berfungsi menampilkan nilai hasil sensor, menampilkan teks atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler (Mluyati & Sadi, 2019). Dibawah ini gambar 2.15 LCD.



Gambar 2. 15 Liquid Cristal Display

Sumber (Mluyati & Sadi, 2019)

2.12 Sensor Tegangan

Sensor tegangan Merupakan sebuah instrumen yang dapat mengukur tegangan DC atau AC dalam bentuk angka diskrit. Voltmeter digital terbuat dari rangkaian – rangkaian yang menggunakan IC tertentu seperti ICL7107 / ICL7106 atau juga bisa menggunakan IC controller dengan memanfaatkan ADC (Analog to Digital Converter). Tegangan yang sampai ke ADC0 atau V_s harus < 5 volt hati-hati bila > 5 volt akan merusak mikrokontroler (Junaldy et al., 2019). Dibawah ini ditunjukkan pada gambar 2.16.



Gambar 2. 16 Sensor Tegangan

Sumber (Junaldy et al., 2019)