

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Studi Literatur

Dalam penulisan tugas akhir ini peneliti menggali informasi dari penelitian-penelitian sebelumnya sebagai bahan perbandingan, baik mengenai kekurangan atau kelebihan yang sudah ada. Selain itu, peneliti juga menggali informasi dari artikel maupun jurnal dalam rangka mendapatkan suatu informasi yang ada sebelumnya tentang teori yang berkaitan dengan judul yang digunakan untuk memperoleh landasan teori ilmiah. Berikut merupakan beberapa penelitian sebagai acuan untuk membuat *solar tracker*:

1. Penelitian oleh Alfin Shahab pada tahun 2019 dengan judul “Rancang Bangun *Solar Tracker* Otomatis Pada Pengisian Energi Panel Surya Berbasis *Internet Of Things*.” menghasilkan panel surya sistem pelacak matahari otomatis berbasis komunikasi internet memiliki hasil data yang diperoleh panel surya berbasis sistem pelacak matahari yaitu tegangan, arus dan daya yang lebih besar dibandingkan dengan panel surya tetap dimana pada sistem pelacak otomatis nilai rata-rata sesaat arus 0.538 *Ampere*, tegangan 19.902 Volt, dan daya 10.707 Watt sedangkan pada panel surya tetap nilai rata-rata sesaat arus 0.028 *Ampere*, tegangan 14.599 Volt, dan daya 0.408 Watt ^[5].
2. TRICAHYONO, R. W., & Kholis, N. (2018). Sistem *monitoring* intensitas cahaya dan daya pada dual axis *solar tracking* sistem berbasis IoT. *Jurnal Teknik Elektro*, 7(3). Pada penelitian ini Sensor yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah LDR dan GY-302 sebagai sensor untuk arduino UNO, sedangkan wemos D1 mini menggunakan modul INA219. Wemos D1 mini dan arduino akan melakukan komunikasi serial untuk melakukan pengiriman data dari arduino UNO menuju wemos D1 mini. Alat ini menggunakan panel surya 10 Wp sebagai sumber yang nantinya akan dilakukan *monitoring* berbasis IoT ^[6].
3. Kurniansyah, I. B., Ronilaya, F., & Hakim, M. F. (2020). *Real Time Monitoring* Sistem Dari Active *Solar Photovoltaic Tracker* Berbasis *Internet Of Things*. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 7(3), 97-103. Pada penelitian ini prosentase kesalahan baca / error dapat terjadi karena tingkat keakuratan baca dari

pengukuran sensor arus dan sensor tegangan AC-DC dengan aplikasi *thingspeak* yang berbeda. Masing-masing sensor memiliki nilai presentase kesalahan pengukuran sensor tegangan AC & DC sebesar 0.16%, sensor arus AC & DC sebesar 1.2%, dan pengamatan pengiriman data sebesar 2.8%. Kesalahan pembacaan ini juga dapat terjadi karna ketidakstabilan sinyal yang didapat oleh Modul SIM800L, *monitoring* yang telah berhasil dibuat ini menggunakan Modul SIM800L yang berfungsi sebagai penyedia layanan internet dan pengirim data menuju ke aplikasi *thingspeak*. Selain itu, alat *monitoring* ini juga menggunakan Sensor Tegangan dan Sensor Arus AC-DC yang diprogram menggunakan Arduino Mega 2560 ^[7].

4. ALFITA, R., IBADILLAH, A. F., RAHMAWATI, D., KUSUMA, M. K. H., KURIAWAN, A., NAHARI, R. V., & PRAMUDIA, M. (2020). Perancangan *Solar Tracker* Four Axis Berbasis *Internet of Things* (IoT). ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika, 8(2), 404. Penelitian *solar tracking* yang akan dibuat berbasis IoT digunakan untuk *memonitoring* derajat kemiringan, intensitas cahaya matahari, mengukur arus, dan tegangan yang diperoleh dari penyinaran pada panel surya. Dengan menggunakan alat seperti nodemcu, Arduino, sensor BH1750, sensor INA219, sensor MPU6050 ^[8].
5. Prasetyo, M. A., & Wardana, H. K. (2021). Rancang Bangun *Monitoring Solar Tracking* Sistem Menggunakan Arduino dan NodeMCU ESP8266 Berbasis IoT. RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer), 4(2), 163-168. Penelitian ini Telah dirancang dan dibuat *monitoring solar tracking* sistem menggunakan mikrokontroler arduino, NodeMCU ESP8266, sensor LDR, sensor INA219, sensor BH1750, sensor MPU6050 berbasis IoT yang ditampilkan pada web thinger.io. *Solar tracking* dibuat dengan tujuan untuk menganalisis secara langsung sistem *monitoring solar tracking* sistem dan menganalisis hasil pengujian pengujian *monitoring solar tracking* sistem. Metode penelitian yang digunakan berupa pengujian *monitoring solar tracking* sistem dari hasil pengukuran kemiringan panel surya, tegangan, arus serta intensitas cahaya menggunakan alat rancangan yang dibuat dibandingkan dengan alat ukur standar. Kemudian dihitung berapa persen prosentase

kesalahan dari tiap pengukuran tersebut. Hasil dari pengukuran selama 5 hari *monitoring solar tracking* sistem memiliki tingkat presentasi kesalahan berkisar antara 0% - 10% pengukuran arus, 0% pengukuran tegangan, 0% - 3% derajat kemiringan, dan 21% - 43% pengukuran intensitas cahaya ^[9].

6. Setiawan, W. (2019). Perancangan Sistem *Monitoring* Parameter Listrik, Cuaca dan Pergerakan *Solar Tracker* pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis (IOT) (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang). Pada penelitian ini dirancang perangkat keras yang mampu mengirimkan data secara *real time*. Perangkat keras tersebut diantaranya sensor, mikrokontroler, dan modul wifi, bagian sensor terdiri dari sensor tegangan, arus, suhu dan LDR sensor. Arduino uno sebagai mikrokontroler yang mendapat masukan dari sensor, node mcu digunakan sebagai modul wifi untuk mengirim data keluaran dari sensor tersebut ke database pada server, sebagai tempat penyimpanan data dan pengolahan data lebih lanjut, yang akan ditampilkan dan disimpan kedalam web, web ini memantau keluaran pada *solar tracker* setiap saat secara *real time* dan dapat segera diketahui hasilnya tanpa harus datang ke lokasi ^[10].
7. Aziz, A., Suchendra, D. R., & Rosmiati, M. (2021). *Monitoring Solar Tracker* Otomatis Berbasis Web. *eProceedings of Applied Science*, 7(6). Penelitian ini merancang *monitoring solar tracker* berbasis web. *Output* yang dihasilkan dari penelitian ini yaitu berupa keluaran data pada web. Sistem aplikasi web *monitoring* untuk panel surya yang dibuat dapat ditampilkan pada website, dan Web berhasil menampilkan data parameter pada tabel Panel Surya yang berisi Lux 1, Lux 2, Panel 1, Panel 2, Yaw, Pitch, kapasitas baterai dan tegangan baterai setiap 15 menit ^[11].

Pada Penelitian ini komponen yang digunakan untuk merancang *solar tracker* dengan pemantauan arus, daya, dan tegangan berbasis *internet of things* yaitu Arduino nano sebagai otak pada alat ini, sensor ACS yang berfungsi sebaga pembaca arus pada led, sensor *DC voltage* untuk pembacaan tegangan aki, penggunaan RTC yang berfungsi sebagai *monitoring* waktu secara *realtime* tanpa harus melihat jam terlebih dahulu, serta penggunaan motor *power window* sebagai penggerak utama *solar tracker*. *Monitoring* dapat dilakukan dimana saja karena penggunaan aplikasi *Blynk* sebagai aplikasi yang dapat memunculkan hasil tegangan dan arus melalui *smartphone*. Perbandingan antar

penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

No	Judul Penelitian	Komponen	Sistem	Keterangan
1	Rancang Bangun <i>Solar Tracker</i> Otomatis Pada Pengisian Energi Panel Surya Bebas <i>Internet Of Things</i>	Panel surya, Arduino MEGA, LDR, INA219, Stepper, modul wifi.	panel surya sistem pelacak matahari otomatis berbasis komunikasi internet memiliki hasil data yang diperoleh panel surya berbasis sistem pelacak matahari yaitu tegangan, arus dan daya yang lebih besar dibandingkan dengan panel surya tetap.	Kelebihan : Penggunaan <i>solar tracker</i> menghasilkan daya yang lebih besar daripada panel surya yang diam Kekurangan : Tidak terdapat sistem <i>monitoring</i> secara <i>realtime</i>

2	<p>Sistem <i>monitoring</i> intensitas cahaya dan daya pada dual axis <i>solar tracking</i> sistem berbasis IoT</p>	<p>Panel surya, Sensor LDR dan GY-302 , Arduino UNO, Wemos D1, Modul INA219.</p>	<p>penelitian ini Sensor yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah LDR dan GY-302 sebagai sensor untuk arduino UNO, sedangkan wemos D1 mini menggunakan modul INA219. Wemos D1 mini dan arduino akan melakukan komunikasi serial untuk melakukan pengiriman data dari arduino UNO menuju wemos D1 mini. Alat ini menggunakan panel surya 10 Wp sebagai sumber yang nantinya akan dilakukan <i>monitoring</i> berbasis IoT</p>	<p>Kelebihan : Menggunakan sensor LDR dan GY-302, Arduino Uno, Wemos D1, dan Modul INA219. Dan komunikasi menggunakan komunikasi serial antara Arduino dan wemos D1 Kekurangan : Tidak terdapat variable kapasitas baterai dan daya yang di <i>monitoring</i></p>
---	---	--	--	---

3	<p><i>Real Time Monitoring Sistem Dari Active Solar Photovoltaic Tracker Berbasis Internet Of Things</i></p>	<p>Panel surya, sensor tegangan dan sensor arus, Modul SIM800L</p>	<p>pengukuran sensor arus dan sensor tegangan AC-DC dengan aplikasi <i>thingspeak</i> yang berbeda. Masing-masing sensor memiliki nilai presentase kesalahan pengukuran sensor tegangan AC & DC sebesar 0.16%, sensor arus AC & DC sebesar 1.2%, dan pengamatan pengiriman data sebesar 2.8%.</p>	<p>Kelebihan : Terdapat sensor AC-DC untuk <i>monitoring</i> pada <i>input</i> tegangan panel surya dan beban tegangan AC . Kekurangan : ketidakstabilan sinyal yang didapat oleh Modul SIM800L</p>
4	<p>Perancangan <i>Solar Tracker Four Axis Berbasis Internet of Things (IoT)</i></p>	<p>Panel Surya, nodemcu, Arduino, sensor BH1750, sensor INA219, sensor MPU6050</p>	<p>Penelitian <i>solar tracking</i> yang akan dibuat berbasis IoT digunakan untuk <i>memonitoring</i> derajat kemiringan, intensitas cahaya matahari, mengukur</p>	<p>Kelebihan : Adanya derahat kemiringan pada saat <i>monitoring solar tracker</i> dan dilengkapi dengan beberapa sensor pendukung. Kekurangan : <i>monitoring</i> yang dilakukan data yang dihasilkan</p>

			<p>arus, dan tegangan yang diperoleh dari penyinaran pada panel surya.</p>	<p>masih timbul bayangan dari cermin sehingga menutupi panel surya</p>
5	<p>Rancang Bangun <i>Monitoring Solar Tracking</i> Sistem Menggunakan Arduino dan NodeMCU ESP8266 Berbasis IoT</p>	<p>mikrokontroler arduino, NodeMCU ESP8266, sensor LDR, sensor INA219, sensor BH1750, sensor MPU6050</p>	<p><i>Solar tracking</i> dibuat dengan tujuan untuk menganalisis secara langsung sistem <i>monitoring solar tracking</i> sistem dan menganalisis hasil pengujian pengujian <i>monitoring solar tracking</i> sistem. Metode penelitian yang digunakan berupa pengujian <i>monitoring solar tracking</i> sistem dari hasil pengukuran kemiringan panel surya, tegangan, arus serta intensitas</p>	<p>Kelebihan: presentasi kesalahan berkisar antara 0% - 10% pada pengukuran arus, penggunaan nodeMcu untuk <i>monitoring</i> arus dan tegangan. Kekurangan : Error yang ditimbulkan antara 21% - 43% pada pengukuran intensitas cahaya.</p>

			<p>cahaya menggunakan alat rancangan yang dibuat dibandingkan dengan alat ukur standar. Kemudian dihitung berapa persen prosentase kesalahan dari tiap pengukuran tersebut</p>	
6	<p>Perancangan Sistem <i>Monitoring</i> Parameter Listrik, Cuaca dan Pergerakan <i>Solar Tracker</i> pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis (IOT)</p>	<p>Panel Surya, Arduino Uno, NodeMCU, modul wifi, sensor tegangan dan arus</p>	<p>Arduino uno sebagai mikrokontroler yang mendapat masukan dari sensor, node mcu digunakan sebagai modul wifi untuk mengirim data keluaran dari sensor tersebut ke database pada server, sebagai tempat penyimpanan data dan pengolahan data lebih lanjut, yang</p>	<p>Kelebihan: <i>Monitoring</i> dilakukan tana harus datang ke lokasi pergerakan <i>solar</i> panel. Dan pembacaan secara <i>realtime</i>. Kekurangan: Sinyal internet yang kurang memadai dan masih adanya kendala dalam pembacaan <i>monitoring</i> yang dilakukan.</p>

			akan ditampilkan dan disimpan kedalam web, web ini memantau keluaran pada <i>solar tracker</i> setiap saat secara <i>real time</i>	
7	<i>Monitoring Solar Tracker Otomatis Berbasis Web.</i>	Panel Surya, ESP32, GPS, Sensor tegangan, sensor daya baterai, web.	Sistem aplikasi web <i>monitoring</i> untuk panel surya yang dibuat dapat ditampilkan pada website, dan Web berhasil menampilkan data parameter pada tabel Panel Surya yang berisi Lux 1, Lux 2, Panel 1, Panel 2, Yaw, Pitch, kapasitas baterai dan tegangan baterai setiap 15 menit	Kelebihan: Pembacaan <i>monitoring</i> menggunakan web, adanya <i>monitoring</i> kapasitas baterai dan GPS. Kekurangan: Hanya menggunakan bot telegram untuk <i>monitoring</i> .

Berdasarkan tujuh referensi di atas, diketahui bahwa penelitian-penelitian sebelumnya sudah mencoba menerapkan IoT pada *monitoring panel surya*, namun belum banyak yang mengimplementasikan *solar*

tracker. Selain itu, *monitoring* biasanya hanya untuk satu parameter saja. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan dibangun *solar tracker* menggunakan sensor ACS712 digunakan untuk mengukur tegangan dan arus yang mengalir ke lampu/beban. Data yang terbaca dari sensor ACS712 akan diproses oleh mikrokontroler, kemudian dikirim ke *thingspeak cloud platform* melalui internet, selanjutnya data tersebut dapat dimonitor dan unduh melalui *browser*. Data pemantauan tegangan dan arus akan diperbarui untuk mendekati nilai aslinya setiap kali. Data internet diperlukan untuk pembaruan ini, yang hanya dapat diperoleh dari wifi yang dikirimkan oleh *smartphone* yang terhubung. Tugas akhir ini diharapkan dapat *memonitor* tegangan, arus dan bahkan daya lampu/beban secara *real time*, yang dapat diakses melalui internet dan dipantau melalui *smartphone*. Fungsi *solar tracker* yaitu agar panel surya tepat mengarah ke sumber matahari. Dengan memanfaatkan *clock* pada RTC diharapkan generator panel surya mendapatkan sumber listrik yang optimal.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Panel Surya

Panel Surya adalah teknologi berdasarkan semikonduktor dalam kondisi padat yang mengkonversi energi cahaya matahari secara langsung menjadi energi listrik, tanpa ada bagian yang berputar, tidak menimbulkan kebisingan, dan tanpa mengeluarkan gas buangan. Prinsip dasar pada 16 proses konversi energi secara langsung biasa dikenal dengan efek *photovoltaic*, maka dari itu nama lain sel surya yaitu sel *photovoltaic* ^[12].



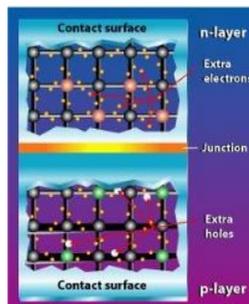
Gambar 2.1 Panel Surya ^[12].

Adapun Spesifikasi dari panel surya 20 Wp dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2.2 Spesifikasi Panel Surya

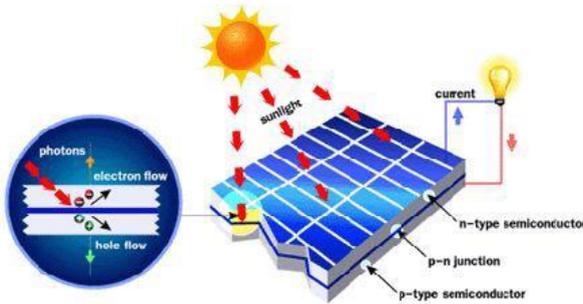
Spesifikasi	Keterangan
<i>Max. Power (Pmax)</i>	20W
<i>Max. Power Voltage (Vmp)</i>	17.2V
<i>Max. Power Current (Imp)</i>	1.16A
<i>Open Circuit Voltage (Voc)</i>	20.64V
<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	1.3A
<i>Nominal Operating Cell Temp (NOCT)</i>	45±2°C
<i>Max. Sistem Voltage</i>	1000V
<i>Max. Series Fuse</i>	16A
<i>Weight</i>	2.0Kg
<i>Dimension</i>	535 x 345 x 25 mm

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. Semikonduktor tipe-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. Ilustrasi dibawah menggambarkan *junction* semikonduktor tipe-p dan tipe-n ^[13].



Gambar 2.2 Junction Antara Semikonduktor Tipe-P dan Tipe-N ^[13]

Peran dari p-n *junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (*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 susunan 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 dibawah.



Gambar 2.3 Cara Kerja Sel Surya Prinsip P-N Junction ^[13]

2.2.2 Perhitungan Kebutuhan Panel Surya

Pembangkitkan listrik secara mandiri menggunakan sel surya perlu diketahui kapasitas sel surya yang akan dipakai. Penentuan kapasitas sel surya sangat bergantung pada jumlah energi listrik (Wh) yang dikonsumsi serta durasi sel surya mendapatkan paparan sinar matahari per hari sehingga dapat diketahui jumlah energi listrik yang mampu dibangkitkan oleh satu panel surya ^[14]. Jumlah energi listrik yang dapat dibangkitkan oleh satu panel surya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{modul} = \frac{\text{Kebutuhan Energi Harian}}{\text{Insolasi Matahari}} \times 2 \dots \dots \dots 1$$

Dimana :

P_{modul} = Daya panel surya yang dibutuhkan (Kwp)

Kebutuhan Energi Harian = Total Kebutuhan energi harian yang digunakan (Kwh)

Insolasi Matahari = 4,8 Kwh/m²

2.2.3 Perhitungan Faktor Pengisian

Faktor pengisian (*fill factor*, FF) adalah rasio dari daya keluaran maksimum yang diperoleh dari hasil kali parameter-parameter yang terdapat pada modul surya yaitu tegangan *open circuit* (Voc), arus *short circuit* (Isc), tegangan nominal modul (Vm) dan arus nominal modul ^[14]. Persamaan yang digunakan untuk menentukan faktor pengisian (FF) adalah sebagai berikut:

$$FF = \frac{V_{pm} \times I_{pm}}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots\dots\dots 2$$

Dimana :

FF = Faktor Pengisian

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

I_{pm} = 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* (Voc). Namun, saat nilai tahanan variabel bernilai nol, maka arusnya akan bernilai maksimum dan tegangannya. Peristiwa ini disebut dengan arus hubung singkat / *short circuit* (Isc). Dapat disimpulkan bahwa semakin besar harga FF (*fill factor*) sel surya, maka unjuk kerja sel surya tersebut baik, dan akan mempunyai koefisien konversi energi yang semakin baik pula.

2.2.4 Perhitungan Daya Output Panel Surya

Daya *output* panel surya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ^[15]:

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

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

2.2.5 Perhitungan Efisiensi Panel Surya

Perhitungan efisiensi panel surya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ^[15]:

Pin = J x A.....4

Dimana:

- Pin = Daya *input* panel surya (Watt)
- J = Intensitas radiasi matahari (W/m²)
- A = Luas panel (m²)

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

Dimana:

- η = Efisiensi panel surya
- Pin = Daya masukan (W)
- Pout = Daya keluaran (W)

2.2.6 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]:

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

2.2.7 Perhitungan Efisiensi Charging Panel Surya

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi panel surya dalam melakukan *charging* baterai. Persamaan efisiensi *charging* panel surya sebagai berikut ^[15]:

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

2.2.8 Jatuh tegangan Baterai Pada Saat Berbeban

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

$$V_r = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{NL}} \times 100\% \dots\dots\dots 8$$

Dimana:

V_r = Persentase jatuh tegangan

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

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

2.2.9 Akumulator

Akumulator atau Aki biasa disebut juga baterai merupakan komponen yang memiliki fungsi untuk menyimpan energi listrik. Akumulator ini diberikan tenaga listrik berasal dari dinamo arus searah. Di dalam akumulator tenaga (energi listrik) ini mengerjakan proses-proses kimia, sehingga dapat dikatakan bahwa tenaga listrik dari luar diubah menjadi tenaga kimia di dalam akumulator dan kemudian tersimpan di dalamnya ^[16].



Gambar 2.4 Akumulator atau Aki ^[16]

2.2.10 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 merupakan modul mikrokontroler yang didesain dengan ESP8266 di dalamnya. ESP8266 berfungsi untuk konektivitas jaringan Wifi antara mikrokontroler itu sendiri dengan jaringan Wifi. NodeMCU berbasis bahasa pemrograman Lua namun dapat juga menggunakan Arduino IDE untuk prnogramannya ^[17]. Modul NodeMCU ESP8266 diperlihatkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 NodeMCU ESP8266 ^[17]

Adapun spesifikasi dari NodeMCU ESP8266 yang tertera pada tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Spesifikasi NodeMCU ESP8266

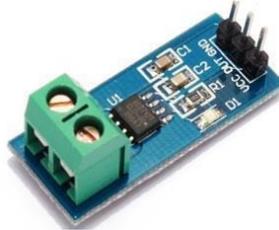
Spesifikasi Produk		
1	Nama	ESP8266 12-E
2	Pin I/O <i>digital</i>	11 buah, mendukung interrupt, PWM, I2C, <i>OneWire</i> (kecuali pin D0)
3	Pin I/O <i>analog</i>	1 buah, 3.2V
4	Tegangan operasi	3.3 V
5	<i>Clock speed</i>	80Mhz/160Mhz
6	<i>Flash</i>	4M
7	USB <i>controller</i>	Cp2102

Alasan pemilihan NodeMCU ESP8266 karena mudah diprogram dan memiliki pin I/O yang memadai dan dapat mengakses jaringan internet untuk mengirim atau mengambil data melalui koneksi WiFi.

2.2.11 Sensor Arus ACS712

Sensor arus yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sensor arus ACS712 (*Allegro Current Sensor*) bentuk fisik dari sensor ini dapat dilihat pada Gambar 2.6 ACS712 berfungsi untuk mendeteksi besaran arus yang mengalir lewat blok terminal. Perangkat terdiri dari rangkaian sensor efek-hall yang linier, *low-offset*, dan presisi. Saat arus mengalir di jalur tembaga pada pin 1-4 maka rangkaian sensor efek-hall akan mendeteksinya dan mengubahnya menjadi tegangan yang proposional. Adapun beberapa karakteristik sensor ACS 712 yaitu rendah *noise*, *supply* daya sebesar 5 V, sensitivitas keluaran 66- 185mV/A, sinyal arus

ini dapat dibaca melalui analog IO port Arduino. Untuk membaca pada nilai tengah (nol Amper) tegangan sensor diset pada 2,5 V yaitu setengah kali tegangan sumber daya VCC = 5 V ^[18].



Gambar 2.6 Sensor ACS712 ^[18]

Adapun spesifikasi dari sensor arus ACS712 yang tertera pada tabel 2.4 sebagai berikut :

Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor ACS712

Spesifikasi	Keterangan
<i>Rise time output</i>	5 μ s
<i>Bandwidth</i>	80 KHz
Total kesalahan <i>output</i>	1,5 %
Suhu kerja TA (maksimal)	25°C
Tahanan konduktor internal	1,2 m Ω
Tegangan isolasi minimum	2,1 kVRMS antara pin 1-4 dan pin 5-8
Sensitivitas <i>output</i>	185 mV/A
Kapasitas pengukuran	5 A DC dan AC

2.2.12 Sensor Tegangan

Sensor tegangan berfungsi sebagai sensor pendeteksi besaran tegangan pada sistem PLTS. Dalam perancangan tugas akhir ini menggunakan *module* sensor tegangan DC yang dapat langsung terkoneksi dengan *board* Arduino ^[19]. Modul ini pada prinsipnya menggunakan pembagi tegangan resistif, untuk menjalankannya menggunakan tegangan *input* sebesar 5V atau 3.3 V. Pada pemakaiannya untuk pembacaan tegangan maksimal yaitu pada 25 V di mana 5 kali dari VCC, sehingga apabila tegangan VCC yang digunakan adalah 3.3V maka maksimal tegangan yang dideteksi adalah 16,5 V, untuk bentuk fisik dari *module* tegangan DC dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 DC Voltage ^[19]

2.2.13 Solar Charger Controller

Solar Charger Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diis ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian), karena baterai sudah penuh dan kelebihan *voltase* dari *panel surya*. *Solar charge controller* menerapkan teknologi *Pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. *panel surya* 12 V umumnya memiliki tegangan *output* 16 - 21 V ^[20].



Gambar 2.8 Solar Charger Controller ^[20]

Berikut ini merupakan tabel spesifikasi dari jenis *solar charger controller* yang akan digunakan :

Tabel 2.5 Spesifikasi Solar Charger Controller

Spesifikasi	Keterangan
Beban max	10 Ampere
Beban max input	42 Volt
Float Charge	13,8 Volt
Rated voltage	12 Volt
Charge disconnect	11,2 Volt

<i>Charge reconnect</i>	13 Volt
<i>Equalization voltage</i>	14.2 Volt (PMW)
<i>USB port voltage</i>	5 Volt DC
<i>USB port current</i>	3 Ampere

2.2.14 Motor Power Window

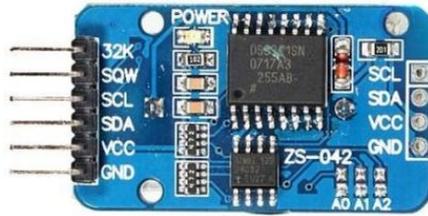
Motor *power window* merupakan mesin yang berfungsi untuk mengubah energi listrik dari aki menjadi energi gerak putar teknologi tersebut akan menciptakan energi yang bisa menggerakkan hanya dengan menekan sebuah tombol atau *switch* ^[21]. *Power window* sendiri bekerja dengan sebuah sistem yang disematkan pada setiap rangkaian elektronik. Dengan sistem tersebut merupakan sistem yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan secara otomatis melalui saklar rangkaian mekatronik.



Gambar 2.9 Motor Power Window ^[21]

2.2.15 Real Time Clock DS3231

Real Time Clock merupakan alat yang digunakan untuk mengakses data waktu dan kalender. RTC yang digunakan adalah DS3231 yang merupakan pengganti dari serial RTC tipe DS1307 dan DS1302 ^[22]. RTC mampu mengakses informasi data waktu mulai dari detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun.



Gambar 2.10 Real Time Clock ^[22]

2.2.16 Arduino Nano

Arduino Nano umumnya dibuat menggunakan jenis mikrokontroler ATmega328. Sesuai dengan namanya, Arduino ini dibekali dengan prosesor ATmega328 yang memiliki 14 pin digital I/O (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 8 pin analog *input*, Tegangan yang beroperasi 5 Volt, Batas tegangan nya yaitu 6 – 20 Volt, Memori Flash 32 KB (2 KB untuk bootlader) dan kabel USB komputer yang sekaligus digunakan sebagai sumber tegangan ^[23].



Gambar 2.11 Arduino Nano ^[23]

Berikut ini merupakan tabel spesifikasi dari jenis Arduino Nano yang akan digunakan :

Tabel 2.6 Spesifikasi Arduino Nano

Jenis Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan Operasi	5 Volt
Tegangan Disarankan	7 – 12 Volt
Batas Tegangan	6 – 20 Volt

Pin <i>Input/Output</i> Digital	14 Pin
Pin PWM	6
Pin <i>Input</i> Analog	8
Arus Per Pin	40 Ma
<i>Flash Memory</i>	32 KB (2 KB untuk bootlader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
Panjang	4,3 cm
Lebar	1,8 cm
Berat	5 gram

2.2.17 Potensiometer

Potensiometer adalah sebuah jenis resistor yang mengatur sebuah tahanan atau hambatan secara linier atau Komponen resistif tiga kawat yang bertindak sebagai pembagi tegangan yang menghasilkan sinyal *output* tegangan variabel kontinu yang sebanding dengan posisi fisik wiper di sepanjang trek ^[24]. Saat ini, potensiometer jauh lebih kecil dan jauh lebih akurat daripada resistansi variabel besar dan seperti kebanyakan komponen elektronik, ada banyak jenis dan nama mulai dari resistor variabel, preset, trimmer, rheostat, dan tentu saja variabel potensiometer.



Gambar 2.12 Potensiometer ^[24]

2.2.18 Motor Driver Module BTS7960

Motor *Driver* BTS7960 merupakan modul motor *driver* yang sudah menggunakan ic BTS7960 H-Bridge sehingga sangat bagus sekali digunakan untuk *mendrive* sebuah motor DC dengan dua arah, yaitu *counter clock wise* (CCW) dan *clock wise* (CW). Selain memiliki konfigurasi H-Bridge, motor *driver* ini memiliki kemampuan *mendrive* motor hingga 43A sehingga sangat cocok sekali untuk *mendrive* motor-motor DC yang berdaya besar ^[25].



Gambar 2.13 Driver Modul BTS7960 ^[25]

2.2.19 Step Down LM2596SW

Modul *Step Down* LM2596 adalah modul penurun tegangan yang *outputnya* dapat diatur melalui multiturn potensiometer. Keunggulan modul *step down* LM2596 adalah besar tegangan *output* tidak berubah (stabil) walaupun tegangan *input* naik turun ^[26].



Gambar 2.14 Step Down LM2596 ^[26]

Berikut ini merupakan tabel spesifikasi dari jenis *Step Down* yang akan digunakan :

Tabel 2.7 Step Down LM2596SW

Type spesifikasi	Spesifikasi
Tegangan <i>input</i>	3-40V DC
Tegangan <i>Output</i>	1.25-35V DC
Selisih <i>input</i> dan <i>output</i>	Minimal 1.5V DC
Arus maksimal	3A
Efisiensi <i>Step down</i>	92%
Ukuran	43 x 24 x 14mm

2.2.20 Lampu LED Module 3Watt 24 Volt

LED *Module* adalah modul atau rangkaian LED, baik yang sudah jadi siap digunakan (*ready to use*) maupun yang masih setengah jadi dalam arti masih perlu ditambahkan modul rangkaian elektronik lainnya baru dapat digunakan ^[27].



Gambar 2.15 Modul LED 3 Watt

Berikut ini merupakan tabel spesifikasi dari jenis modul LED yang

akan digunakan:

Tabel 2.8 Spesifikasi Modul LED

Type spesifikasi	Spesifikasi
Tegangan	DC 24 V
Daya	3W
Panjang	7 cm
Lebar	2 cm
Dimensi per mata	1,5 cm

2.2.21 Arduino IDE

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Arduino dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Pertama perlu dipahami bahwa kata “*platform*” disini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler [28]



Gambar 2.16 Arduino IDE [28]

2.2.22 Blynk

Blynk adalah aplikasi untuk iOS dan OS Android untuk mengontrol Arduino, NodeMCU, Raspberry Pi dan sejenisnya melalui

internet. Aplikasi ini dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat *hardware*, menampilkan data sensor, menyimpan data, *visualisasi*, dan lain-lain. Aplikasi *Blynk* memiliki 3 komponen utama. yaitu *aplikasi*, *server*, dan *libraries*. *Blynk* server berfungsi untuk menangani semua komunikasi diantara *smartphone* dan *hardware*. *Widget* yang tersedia pada *Blynk* diantaranya adalah *button*, *value display*, *history graph*, *twitter*, dan *email*. *Blynk* tidak terikat dengan beberapa jenis mikrokontroler namun harus didukung *hardware* yang dipilih. NodeMCU dikontrol dengan internet melalui WiFi, *chip* ESP8266, *Blynk* akan dibuat *online* dan siap untuk *Internet of Things* ^[29].



Gambar 2.17 Blynk ^[29]

2.2.23 SketchUp

Google SketchUp adalah program grafis 3D yang dikembangkan oleh Google yang mengombinasikan seperangkat alat (*tools*) yang sederhana, namun sangat handal dalam desain grafis 3D di dalam layar komputer. Program grafis ini berhasil menjadi pendatang baru di dunia grafis 3D yang disegani dan mampu menyamai keunggulan berbagai perangkat lunak grafis 3D lainnya yang terlebih dahulu dikenal. Selain fitur-fiturnya yang *user friendly*, Google SketchUp juga tersedia secara gratis (kecuali untuk versi Pro) bagi semua orang yang tertarik untuk mempelajari dunia grafis 3D, sesuai dengan *tagline* yang diembannya, yakni '*3D Modelling for Everyone*' ^[30].



Gambar 2.18 SketchUp ^[30]

2.2.24 Energi Listrik

Energi listrik yang digunakan alat listrik merupakan laju penggunaan energi (daya) dikalikan dengan waktu selama alat tersebut digunakan. Rumus untuk mencari energi listrik dalam satuan *watt hour* (Wh) seperti pada persamaan (9) ^[31].

$$W = P \times t \dots\dots\dots 9$$

Dimana:

- W : Energi (W)
 P : Daya (watt)
 t : Waktu (jam)

2.2.25 Arus listrik

Arus listrik merupakan aliran dari muatan listrik dari suatu titik ke titik yang lain. Arus listrik terjadi karena adanya media penghantar antara dua titik yang mempunyai beda potensial. Semakin besar beda potensial dua titik tersebut maka semakin besar pula arus listrik yang mengalir. Dari aliran arus listrik inilah diperoleh tenaga listrik yang disebut dengan daya. Satuan kuat listrik dinyatakan dalam *Ampere* atau disingkat dengan huruf A besar ^[31].

2.2.26 Tegangan DC

Tegangan DC adalah tegangan arus searah. Tegangan arus searah adalah arus listrik yang mengalir pada suatu hantaran yang tegangannya berpotensi tetap dan tidak berubah-ubah. Listrik DC adalah listrik yang original, artinya listrik dasar yang dapat dihasilkan dari sumber-sumber susunan material alam. Tegangan DC arus listrik ini bergerak dari kutub positif ke kutub negatif dan polaritas arus ini selalu tetap. Sumber arus searah misalnya aki, baterai, beberapa jenis elemen dan generator searah. Tegangan DC sumber arus ini biasanya ditandai adanya kutub positif dan kutub negatif ^[31]

2.2.27 Tegangan AC

Tegangan AC (*Alternating Current*) adalah tegangan dengan aliran arus bolak-balik. Tegangan AC tidak memiliki notasi/tanda seperti tegangan DC. Oleh karena itu pemasangan tegangan AC pada rangkaian boleh terbalik kecuali untuk aplikasi tegangan AC 3 phase pada motor listrik. Sumber-sumber tegangan AC diantaranya adalah listrik rumah tangga (dari PLN), genset, dinamo sepeda dan alternator pada mobil atau sepeda motor ^[31].

2.2.28 Daya Listrik

Daya listrik adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan

usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya listrik dinyatakan dalam satuan 1 HP setara 746 Watt atau *lbft/second*. Sedangkan Watt merupakan unit daya listrik dimana 1 Watt memiliki daya setara dengan daya yang dihasilkan oleh perkalian arus 1 *Ampere* dan tegangan 1 Volt^[31]. Daya dinyatakan dalam P, tegangan dinyatakan V dan arus dinyatakan dalam I, sehingga besarnya daya dinyatakan seperti pada persamaan (10):

P = V x I

Daya listrik dibagi menjadi 3 yaitu daya aktif, daya reaktif, daya nyata. Penjelasan masing-masing daya adalah sebagai berikut:

1) Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang memang benar – benar digunakan dan terukur pada beban. Daya aktif dibedakan berdasarkan penggunaannya, yaitu pada satu fasa atau tiga fasa. Rumus untuk mencari daya aktif ditunjukkan pada persamaan (11) – (12)

Secara matematis dapat ditulis :

Untuk 1 fasa : $P = V \cdot I \cdot \cos \phi$ 11

Untuk 3 fasa : $P = V \cdot I \cdot \cos \phi \cdot \sqrt{3}$ 12

Keterangan :

P = Daya aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Amper)

cos ϕ = Faktor Daya

2) Daya Semu

Daya semu adalah nilai tenaga listrik yang melalui suatu penghantar. Daya semu merupakan hasil perkalian dari tegangan dan arus yang melalui penghantar. Daya semu dibedakan berdasarkan penggunaannya, yaitu pada satu fasa dan tiga fasa. Rumus untuk mencari daya semu ditunjukkan pada persamaan (13) – (14).

Secara matematis dapat dituliskan :

Untuk 1 fasa : $S = V \cdot I$ 13

Untuk 3 fasa : $S = V \cdot I \cdot \sqrt{3}$ 14

Keterangan :

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

3) Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang dihasilkan oleh peralatan –

peralatan listrik. Sebagai contoh, pada motor listrik terdapat 2 daya reaktif panas dan mekanik. Daya reaktif panas karena kumparan pada motor dan daya reaktif mekanik karena perputaran. Daya reaktif adalah hasil perkalian dari tegangan dan arus dengan vektor daya. Rumus untuk mencari daya reaktif ditunjukkan pada persamaan (15) – (16)

Secara matematis dapat dituliskan :

Untuk 1 fasa : $Q = V \cdot I \cdot \sin \phi$ 15

Untuk 3 fasa : $Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \cdot \sqrt{3}$ 16

Keterangan :

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

Sin ϕ = Besaran Vektor Daya