

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 pompa air tenaga surya berbasis *internet of things*:

1. Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Oya Iman Sanjaya, pada tahun 2019 dengan judul “Perancangan Sistem Pompa Irigasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Pertanian Subak Semaagung”. Penelitian ini dilakukan untuk mengatasi permasalahan petani yang kekurangan air di desa Tusan, Subak Semagung. Pada penelitian ini menggunakan panel surya sebagai sumber energi penggerak pompa. Penelitian ini dilakukan survei untuk mengidentifikasi kebutuhan air, data radiasi matahari dan kondisi lapangan seperti debit sumber air yang akan di angkat ke saluran irigasi, ketinggian dan kedalaman sumber air, jarak dari sumber air ke sawah yang akan dialiri ^[4].
2. Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Muhammad Yasar, Mustaqimah dan Yuswar Yunus pada tahun 2017 dengan judul “Potensi Pengembangan Sistem Irigasi Pompa Tenaga Surya untuk Sawah Tadah Hujan di Pulau Simeulue”. Sistem pompa air tenaga surya tipe terdiri panel dari *fotovoltaik, charge control regulator, baterai, pump controller, pressure switch*, tangki air dan pompa. Arus listrik yang dihasilkan oleh panel PV selama siang digunakan untuk mengisi baterai, kemudian baterai bertindak sebagai penyuplai daya untuk pompa kapan saja air dibutuhkan. Hasil pengamatan dan pengukuran menunjukkan bahwa tingkat penyinaran matahari di Desa Situbok rata-rata sebesar 43,75 %.. Disamping itu terdapat pula potensi air tanah dangkal di daerah Situbok dengan kedalaman antara 5 – 10 meter. Data ini menunjukkan bahwa daerah ini layak untuk pengembangan sistem irigasi tenaga surya ^[5].

3. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Herman Halomoan Sinaga, Diah Permata, Noer Soedjarwanto dan Nining Purwasih pada tahun 2021 dengan judul “Pompa Air Tenaga Surya untuk Irigasi Persawahan Bagi Masyarakat Desa Karang Rejo, Pesawaran, Lampung”. Sistem Pompa air tenaga surya yang dikembangkan menggunakan panel sel surya berkapasitas 200 WP. Baterai dengan kapasitas total 90 AH dipergunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan dan dipergunakan untuk menyuplai daya ke pompa air DC berdaya 60 Watt. Hasil pengujian memperlihatkan pompa mampu menyuplai air sebesar 29 liter permenit dengan head 4 meter^[6].
4. Penelitian lain dilakukan oleh Muhammad Syahid, Nasaruddin Salam, Wahyu Piarah, Zuriyati Djafar, Jalaluddin, Rustan Tarakka dan Gaffar Alqadri pada tahun 2022 dengan judul “Pemanfaatan Pompa Air Tenaga Surya Untuk Sistem Irigasi Pertanian”. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan minat petani untuk mengimplementasikan teknologi pertanian. Prototipenya terdiri dari panel surya, tandon air, baterai, *sprinkle*, *drip* irigasi tetes, *valve* dan selang. Keunggulan mesin pompa air tenaga surya untuk sistem irigasi pertanian ini adalah selain menggunakan energi surya yang ramah lingkungan mesin ini juga memiliki waktu penyiraman otomatis sesuai dengan tingkat kebutuhan suplai pertanian sehingga mempermudah perawatan dan menghemat waktu pemeliharaan bagi pemilik sektor pertanian^[7].
5. Iqtimeal, Z., Sara, I. D., & Syahrizal, S. (2018). Aplikasi sistem tenaga surya sebagai sumber tenaga listrik pompa air. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 3(1). Rancangan sistem tenaga surya ini menggunakan panel surya ST.50-PG, baterai GS Astra 5Ah 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^[8].
6. Yuhendri, M., Aswardi, A., & Ahyanuardi, A. (2020). Implementasi pompa air tenaga surya menggunakan inverter

boost satu fasa. INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi, 20(3), 1-10. Modulasi inverter dirancang menggunakan metode Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM) yang diimplementasikan dengan arduino uno. Pompa air tenaga surya diimplementasikan untuk penyediaan air bersih di Mesjid dengan menggunakan panel surya 300 WP. Hasil pengujian di lapangan menunjukkan bahwa pompa air tenaga surya yang diusulkan telah bekerja dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Inverter boost satu fasa yang diusulkan telah dapat mengkonversikan tegangan panel surya sesuai dengan rating tegangan motor pompa air^[9].

7. Habibillah, A., & Ma'arif, A. (2021). Prototipe Sistem Pompa Air Tenaga Surya dengan *Monitoring* Tegangan Berbasis *Internet of Things* (IoT). Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro, 3(3), 185-193. Pada penelitian ini memantau tegangan baterai pompa dari jarak jauh, pemantauan menggunakan metode *Internet of Things* (IoT) dengan menampilkan pada website thingspeak. Panel surya memiliki daya sebesar 10 Watt. Pengujian pada alat keseluruhan dengan menggunakan panel dan tanpa menggunakan panel terdapat perbedaan dari percobaan tersebut. Dengan waktu 10 menit tegangan awal percobaan menggunakan panel 13,24V dan tegangan akhir 11,90V, menghabiskan sebanyak 1,34V. Percobaan tanpa menggunakan panel tegangan awal 12,09V dan tegangan akhir 10,48V, menghabiskan sebanyak 1,61V. Pada kedua percobaan tersebut terdapat selisih 0,27V, pada pengujian menggunakan panel terjadi pengisian daya, sehingga lebih lama pengurangan daya pada baterai^[10].

Dengan membaca penelitian yang pernah dibuat dan latar belakang masalah yang ada, maka penulis membuat sebuah alat “Pemanfaatan *Solar Cell* untuk Sumber Energi Pompa Berbasis *Internet of Things* (IoT)”. Kelebihan alat ini dari pada penelitian sebelumnya yaitu menggunakan panel surya sebagai sumber energi. Terdapat juga sistem *monitoring* arus dan tegangan pada baterai serta *monitoring* debit air dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang nantinya akan ditampilkan pada LCD. Selain itu data dari arus, tegangan dan debit air yang telah diukur dapat *dimonitoring* melalui aplikasi telegram pada smartphone. Perbandingan antar penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian

Judul	Sumber	Hasil
Perancangan Sistem Pompa Irigasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Pertanian Subak Semaagung	Oya Iman Sanjaya, pada tahun 2019	Dari pembahasan dan analisis yang telah dilakukan bahwa dengan area seluas 300 dapat dipasang panel surya monokristaline kapasitas maksimal 52.14 kW dengan modul surya berjumlah 158 unit, inverter 33 kW dua unit, dan pompa <i>Submersible SP</i> 60-9 dua unit. Sehingga diperoleh hasil perhitungan air yang dapat diangkat pada musim kemarau

		<p>setiap hari sebesar 1.275.000 liter/hari. Dengan total biaya investasi pompa air PLTS Subak Semaagung Rp1.168.137.010 [4]</p>
<p>Potensi Pengembangan Sistem Irigasi Pompa Tenaga Surya untuk Sawah Tadah Hujan di Pulau Simeulue.</p>	<p>Muhammad Yasar, Mustaqimah dan Yuswar Yunus pada tahun 2017</p>	<p>Hasil pengamatan dan pengukuran menunjukkan bahwa tingkat penyinaran matahari di Desa Situbok rata-rata sebesar 43,75 %.. Disamping itu terdapat pula potensi air tanah dangkal di daerah Situbok dengan kedalaman antara 5 – 10 meter. Data ini menunjukkan bahwa daerah ini</p>

		layak untuk pengembangan sistem irigasi tenaga surya ^[5] .
Pompa Air Tenaga Surya untuk Irigasi Persawahan Bagi Masyarakat Desa Karang Rejo, Pesawaran, Lampung.	Herman Halomoan Sinaga, Diah Permata, Noer Soedjarwanto dan Nining Purwasih pada tahun 2021	Hasil pengujian memperlihatkan pompa mampu menyuplai air sebesar 29 liter permenit dengan head 4 meter.
Pemanfaatan Pompa Air Tenaga Surya Untuk Sistem Irigasi Pertanian.	Muhammad Syahid, Nasaruddin Salam, Wahyu Piarah, Zuriyati Djafar, Jalaluddin, Rustan Tarakka dan Gaffar Alqadri pada tahun 2022	Keunggulan mesin pompa air tenaga surya untuk sistem irigasi pertanian ini adalah selain menggunakan energi surya yang ramah lingkungan mesin ini juga memiliki waktu penyiraman otomatis sesuai dengan tingkat kebutuhan suplai pertanian sehingga

		mempermudah perawatan dan menghemat waktu pemeliharaan bagi pemilik sektor pertanian ^[6] .
Aplikasi sistem tenaga surya sebagai sumber tenaga listrik pompa air	Iqtimeal, Z., Sara, I. D., & Syahrizal, S. (2018).	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 1750liter sesuai kebutuhan rata-rata perhari dalam satu rumah hunian ^[7] .
Implementasi	Yuhendri, M., Aswardi, A., &	Pompa air tenaga surya

<p>pompa air tenaga surya menggunakan inverter boost satu fasa.</p>	<p>Ahyanuardi, A. (2020)</p>	<p>diimplementasikan untuk penyediaan air bersih di Mesjid dengan menggunakan panel surya 300 WP. Hasil pengujian di lapangan menunjukkan bahwa pompa air tenaga surya yang diusulkan telah bekerja dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Inverter boost satu fasa yang diusulkan telah dapat mengkonversikan tegangan panel surya sesuai dengan rating tegangan motor pompa air ^[8].</p>
<p>Prototipe Sistem Pompa Air Tenaga Surya dengan <i>Monitoring Tegangan Berbasis Internet of Things</i> (IoT).</p>	<p>Habibillah, A., & Ma'arif, A. (2021)</p>	<p>Pengujian pada alat keseluruhan dengan menggunakan panel dan tanpa menggunakan panel terdapat perbedaan dari percobaan tersebut. Dengan waktu 10 menit tegangan awal percobaan</p>

		<p>menggunakan panel 13,24V dan tegangan akhir 11,90V, menghabiskan sebanyak 1,34V. Percobaan tanpa menggunakan panel tegangan awal 12,09V dan tegangan akhir 10,48V, menghabiskan sebanyak 1,61V. Pada kedua percobaan tersebut terdapat selisih 0,27V, pada pengujian menggunakan panel terjadi pengisian daya, sehingga lebih lama pengurangan daya pada baterai.</p>
<p>Pemanfaatan <i>Solar Cell</i> untuk Sumber Energi Pompa Berbasis <i>Internet of Things (IoT)</i>.</p>	<p>Bariq Fadillah, pada tahun 2022</p>	<p>Sistem <i>monitoring</i> arus dan tegangan serta debit airbaterai ditampilkan pada lcd dan bot telegram. Besarnya rata-rata arus yang telah diukur pada saat pengisian baterai adalah sebesar 2,46 A dan</p>

		<p>besarnya tegangan yang telah diukur pada saat pengisian baterai adalah sebesar 19,72 V. Besarnya rata-rata arus yang telah diukur pada saat pompa beroperasi adalah sebesar 8,17 A dan besarnya tegangan yang telah diukur pada saat pompa beroperasi adalah sebesar 11,58 V. Besarnya rata-rata debit air yang telah diukur pada saat pompa beroperasi adalah sebesar 11.43 L/m^[9].</p>
--	--	--

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*^[11].



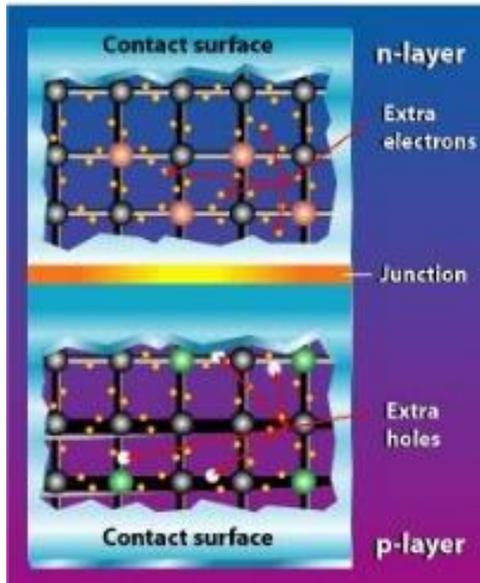
Gambar 2. 1 Panel Surya ^[11].

Adapun Spesifikasi dari panel surya 50 Wp dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Panel Surya

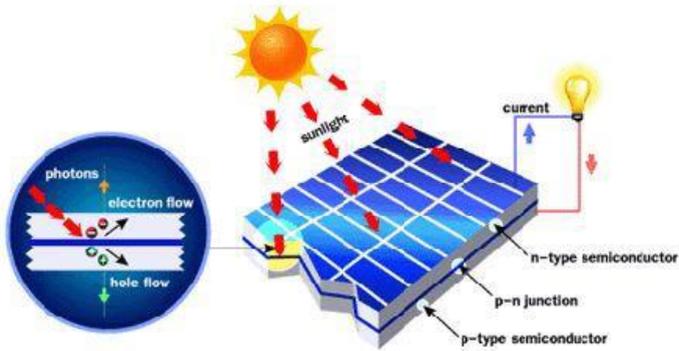
Spesifikasi	Keterangan
<i>Max. Power (Pmax)</i>	50W
<i>Max. Power Voltage (Vmp)</i>	17.6V
<i>Max. Power Current (Imp)</i>	2,84A
<i>Open Circuit Voltage (Voc)</i>	21,6V
<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	3.04A
<i>Number of cell</i>	36
<i>Max. Sistem Voltage</i>	1000V
<i>Cell dimension</i>	156mm
<i>Weight</i>	5.5Kg
<i>FF%</i>	73,3%

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 ^[12].



Gambar 2. 2 Junction Antara Semikonduktor Tipe-P dan Tipe-N ^[12]

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 ^[12]

2.2.2 Perhitungan Kebutuhan Panel Surya

Pembangkitan 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 ^[13]. 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/

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* (V_{oc}), arus *short circuit* (I_{sc}), tegangan nominal modul (V_m) dan arus nominal modul ^[13]. 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* (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.

2.2.4 Perhitungan Daya Output Panel Surya

Daya *output* panel surya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ^[14]:

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

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 ^[14]:

$$\frac{P_{in}}{A} = \frac{J}{x} \dots\dots\dots 4$$

Dimana:

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

J = Intensitas radiasi matahari (W/)

A = Luas panel ()

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

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 ^[14]:

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

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 ^[14]:

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

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:

Vr = Persentase jatuh tegangan

VNL = Tegangan pada saat beban nol (V)

VFL = Tegangan pada saat berbeban (V)

2.2.9 Akumulator

Akumulator atau Aki biasa disebut juga batterai 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 ^[15].



Gambar 2. 4 Akumulator atau Aki ^[15]

Tabel 2. 3 Spesifikasi Akumulator atau Aki

Spesifikasi	Keterangan
Arus	20 AH
Tegangan	12 V

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 pemrogramannya ^[16]. Modul NodeMCU ESP8266 diperlihatkan pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 NodeMCU ESP8266 ^[16]

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

Tabel 2. 4 Spesifikasi NodeMCU ESP8266

Spesifikasi Produk	
Nama	ESP8266 12-E
Pin I/O <i>digital</i>	11 buah, mendukung interrupt, PWM, I2C, <i>OneWire</i> (kecuali pin D0)
Pin I/O <i>analog</i>	1 buah, 3.2V
Tegangan operasi	3.3 V
<i>Clock speed</i>	80Mhz/160Mhz
<i>Flash</i>	4M
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 $VCC = 5\text{ V}$ ^[17].



Gambar 2. 6 Sensor ACS712 ^[17]

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

Tabel 2. 5 Spesifikasi Sensor ACS712

Spesifikasi	Keterangan
<i>Rise time output</i>	5 μs
<i>Bandwidth</i>	80 KHz
Total kesalahan <i>output</i>	1,5 %
Suhu kerja TA (maksimal)	25 ^o 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 ^[18]. 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 ^[18]

2.2.13 Solar Charger Controller

Solar Charger Controller 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 *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 ^[19].



Gambar 2. 8 Solar Charger Controller ^[19]

Berikut ini merupakan tabel spesifikasi dari jenis *solar charger*

controller yang akan digunakan :

Tabel 2. 6 Spesifikasi Solar Charger Controller

Spesifikasi	Keterangan
Beban max	10 <i>Ampere</i>
Beban max <i>input</i>	42 Volt
<i>Float Charge</i>	13,8 Volt
<i>Rated voltage</i>	12 Volt
<i>Charge disconnect</i>	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 <i>Ampere</i>

2.2.14 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 tekanan dalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara permukaan fluida yang dihisap dengan ruang pompa ^[20].



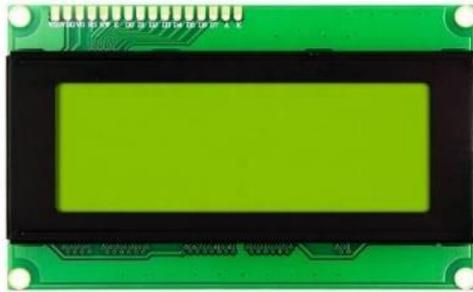
Gambar 2. 9 Pompa *Submersible* ^[20]

Tabel 2. 7 Spesifikasi Pompa *Submersible*

Spesifikasi	
Jenis	Pompa <i>Submersible</i> ZQD-12
Tegangan Input	12V
Daya	100 Watt
Dorong	7 Meter
Flow	4 m ² /h
Berat	4 kg

2.2.15 *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD Merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menampilkan suatu ukuran besaran atau angka, sehingga dapat dilihat dan ketahui melalui tampilan layar kristalnya ^[21].



Gambar 2. 10 *Liquid Crystal Display* ^[21]

Tabel 2. 8Spesifikasi *Liquid Crystal Display (LCD)*

Spesifikasi	
Display type	20 characters x 4 lines
Viewing Direction	6 O'clock
Interface	8-bit MPU interface
Dimension	98 mm x 60mm x 13.2mm
Input Voltage	5V

2.2.16 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 ^[22].



Gambar 2. 11 Arduino Uno^[22]

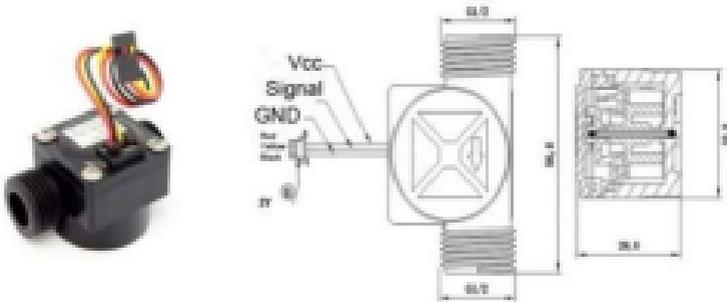
Berikut ini merupakan tabel spesifikasi dari jenis Arduino Uno yang akan digunakan :

Tabel 2. 9 Spesifikasi Arduino Uno

Spesifikasi	
Jenis	<i>Arduino Uno R3</i>
Tegangan Input	<i>5V & 7-12V</i>
Arus DC per Pin I/O	<i>20 Ma</i>
Dimensi	<i>101.52 mm x 53.3 mm</i>
Berat	<i>37 g</i>
Pin Digital	<i>54 (of which 15 provide PWMoutput)</i>
Pin Analog	<i>16</i>

2.2.17 Sensor *Waterflow*

Waterflow sensor terdiri dari bodi katup plastik, rotor air dan sensor hall effect. Ketika air mengalir melalui rotor, maka rotor akan berputar sesuai dengan kecepatan aliran air yang mengalir melalui rotor tersebut. Prinsip kerja sensor ini adalah dengan memanfaatkan sensor hall effect. Hall effect ini didasarkan pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan yang bergerak ^[23].



Gambar 2. 12 Potensiometer ^[23]

Kumparan ini berfungsi untuk menggerakkan piston yang dialiri oleh arus AC ataupun DC sebagai daya penggerak. *Solenoid valve* memiliki 2 buah saluran yaitu saluran masuk (*inlet port*) dan saluran keluar (*outlet port*). Saluran masuk berfungsi sebagai lubang masukan untuk cairan atau air, saluran keluar berfungsi sebagai terminal atau tempat keluarnya cairan.

Tabel 2. 10 Spesifikasi *WaterFlow*

Spesifikasi	
Jenis	<i>YF – S201</i>
Tegangan Kerja	5 V – 18 V
<i>Max Current Draw</i>	15mA di 5V
Tipe Keluaran	5V digital TTL
<i>Working Flow Rate</i>	1 – 30 liter/menit
Tekanan Air Maksimum	2.0MPa

2.2.18 *Internet of Things*

IoT (*Internet of Things*) adalah sebuah teknologi yang mampu untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan menggunakan sensor jaringan untuk menghasilkan data juga dapat mengelola kinerjanya sendiri. Sehingga memungkinkan mesin tersebut dapat berkerjasama dan bahkan sesuai informasi baru yang dihasilkan secara real time. *Internet of Things* (IoT) merupakan suatu konsep yang memiliki tujuan untuk memudahkan dengan memanfaatkan konektivitas internet yang tersambung secara berkelanjutan cangkupan dari IoT ini sangat luas ^[24].

Cara Kerja IoT (*Internet of Things*) adalah dengan melakukan interaksi antar sesama perangkat (*device*) yang mana masing masing dari perangkat tersebut telah tersambung secara otomatis oleh koneksi jaringan internet tanpa campur tangan *user* dan jarak. User bertugas sebagai pengatur, pengarah serta pengawas berkerjanya alat tersebut secara langsung. Manfaat yang didapatkan oleh konsep IoT (*Internet of Things*) ini adalah membuat pekerjaan manusia menjadi lebih mudah, ringan, cepat dan efisien.

2.2.19 Perhitungan *Error*

Berikut ini skema pengujian ketelitian alat yang direalisasikan. Setelah diperoleh data dari pengujian, maka langkah selanjutnya adalah menganalisa data tersebut dan melakukan perhitungan analisis nilai persentase *error* (%) ^[25]. Rumus pencarian persentase *error* berikut ini.

$$E (\%) = \left| \frac{P1-P2}{P1} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- E = Persentase *Error* (%)
- P1 = Pembacaan Alat Ukur
- P2 = Pembacaan Sensor

2.2.20 Debit Air

Debit adalah volume per satuan waktu. Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan limpasan air hujan dari titik terjauh menuju titik kontrol yang ditinjau. Sedangkan debit air dapat diartikan sebagai ukuran dari banyaknya volume air yang mampu melewati suatu tempat ataupun yang dapat ditampung di dalam sebuah tempat per satuan waktu. Debit air mempunyai satuan khusus yaitu volume per satuan waktu yaitu m³/s (dibaca meter kubik per detik) dalam satuan internasional ^[26]. Untuk mengetahui besarnya debit air, menggunakan

rumus:

$$\text{Debit (Q)} = \frac{\text{volume aliran air (V)}}{\text{waktu aliran (t)}}$$

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^[27]



Gambar 2.1 Arduino IDE^[27]

2.2.22 SketchUp

Google SketchUp adalah program grafis 3D yang dikembangkan oleh Google yang menggabungkan 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*’^[28].



Gambar 2.2 SketchUp^[28]

2.2.23 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)^[29].

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

Dimana:

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

2.2.24 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^[29].

2.2.25 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 ^[29].

2.2.26 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 ^[29].

2.2.27 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 *lbf/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 ^[29]. Daya dinyatakan dalam P, tegangan dinyatakan V dan arus dinyatakan dalam I, sehingga besarnya daya dinyatakan seperti pada persamaan (10):

$$P = V \times I \dots\dots\dots 10$$

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 :

$$\text{Untuk 1 fasa : } P = V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi \dots\dots\dots 11$$

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

Keterangan :

P = Daya aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Amper)

$\cos \phi$ = 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 :

$$\text{Untuk 1 fasa : } S = V \cdot I \quad \dots\dots\dots 13$$

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

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 :

$$\text{Untuk 1 fasa : } Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \quad \dots\dots\dots 15$$

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

Keterangan :

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

$\sin \phi$ = Besaran Vektor Daya