

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *State Of The Art*

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang telah meneliti tentang pembuatan perancangan pengaplikasian robot di bidang pertanian. Salah satunya penelitian Muhammad Budiono dengan judul skripsinya Rancang Bangun Robot Penyemprot Pestisida Otonom Dengan Sistem *Wall-Follower* Pada Penyemprotan Tanaman Cabai. Pada penelitian tersebut pembuatan alat menggunakan beberapa perangkat sebagai pendukung bekerjanya sistem seperti arduino uno sebagai kontroler dan sensor ultrasonik HY-SRF05 di posisikan sebagai masukan sistem, 2 sensor ultrasonik sebagai pembaca dinding bedengan sebelah kanan dan kiri, 1 sensor ultrasonik bagian depan sebagai pembaca halangan yang ada di depan dan 2 sensor ultrasonik sebagai pendeteksi ada tidaknya tanaman sebelah kanan dan sebelah kiri. Kemudian *driver* IBT_2 sebagai *driver* motor penggerak roda belakang, motor servo SPT5435LV-180 sebagai penggerak *steering* roda depan, *limit switch* dan *buzzer* sebagai tanda bahwa cairan pestisida habis atau sebagai tanda dari akhir kerja robot[2].

Arnizam (2018) dalam penelitiannya yang berjudul Rancang Bangun Sistem Penyemprot Pestisida dan Pupuk Pada Tanaman Padi Menggunakan Mikrokontroler. Pada penelitian ini menjelaskan tentang sebuah alat penyemprotan dengan menggunakan remote kontrol sebagai alat pengontrolan agar quadcopter dapat melakukan penerbangan yang sesuai dengan hasil perintah yang diberikan pengguna alat ini, sehingga alat ini akan diarahkan ke area lahan persawaan untuk melakukan proses penyemprotan pada tanaman padi[5].

Kebutuhan akan robot penyemprot pestisida otomatis yang mampu melakukan, penyemprotan presisi merupakan suatu hal yang dibutuhkan di pertanian, penelitian akan hal tersebut juga sudah pernah dilakukan, Penelitian tersebut berjudul *Automatic Adjustable Spraying Device For Site-Specific Agriculture Application*. Penelitian ini menjelaskan tentang pengembangan perangkat untuk penyemprotan pestisida secara akurat, penyemprotan mampu

menangani dengan bentuk ukuran nozzle yang berbeda dan target dengan ukuran bervariasi. *Nozzle* semprot pada perangkat ini menyesuaikan sudut secara otomatis terhadap target. Kamera dan sensor jarak semua dipasang pada satu titik di alat. Perangkat ini bertujuan untuk menyemprot target tertentu sekaligus mengurangi penggunaan pestisida. Hasil menunjukkan bahwa perangkat penyemprotan mampu mengurangi hingga 45% jumlah pestisida yang digunakan. Tetapi, dalam penggunaan kamera sangat ketergantungan dengan cahaya sehingga kurang efektif untuk melakukan penyemprotan pestisida pada tanaman lahan terbuka[6].

DjokoYudisworo, W (2017) dalam penelitiannya yang berjudul Studi Rancang Bangun dan Penelitian Pada *Stand Alonesprayer* Pestisida Bertenaga Surya. Pada penelitian tersebut pembuatan alat tentang rancang bangun dan pengujian *fisis stand alonesprayer* pestisida bertenaga surya. Rancangan alat semprot tenaga surya dibuat dengan rangka besi hollow ukuran 20x20 mm dengan ketebala 1 mm yang dirakit dan panel surya yang digunakan 20 WP. Hasil rakitan alat ini menghasilkan biaya lebih murah dan lebih ramah lingkungan dari mesin semprot diesel[7]. Sehingga diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak (BBM) sebagai bahan bakarnya dan mengurangi polusi yang terjadi.

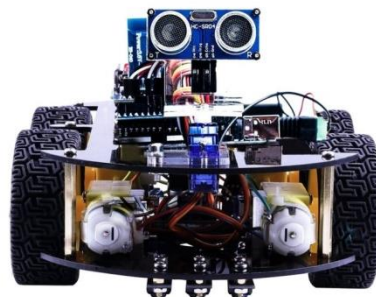
Pada penelitian berikutnya yang berjudul *Auto Charger System* Berbasis *Solar Cell* Pada Robot *Management* Sampah, yang mana penelitian ini dibuat oleh P. Siwindarto,dkk. Dalam penelitiannya mengembangkan sistem *Auto charger* untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada robot *management* sampah. Robot *management* sampah yang kekurangan energi listrik secara otomatis akan menuju tempat pengisian energi listrik yang dilengkapi dengan *solar cell* [8]. Energi listrik yang dihasilkan oleh *solar cell* akan disimpan di dalam accu, intensitas cahaya matahari yang berubah-ubah dapat menyebabkan accu lebih cepat rusak oleh karena itu penelitian ini menggunakan topologi *cuk converter* yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan sumber dengan mengubah-ubah nilai *duty cycle*.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah di uraikan tentang robot penyemprot pestisida otomatis, bahwa robot yang dikembangkan digunakan untuk melakukan penyemprotan pestisida pada tanaman baik di *greenhouse* maupun pada tanaman di lahan terbuka. Berdasarkan penelitian mengenai robot penyemprot pestisida otomatis bahwasannya masih banyak robot yang menggunakan sumber energi konvensional, Sehingga penulis mengajukan penelitian untuk membuat robot penyemprot pestisida otomatis dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumber tenaga untuk *mencharge* baterai melalui panel surya[9], dengan menggunakan sistem panel surya sebagai sumber energi alternatif diharapkan dapat meningkatkan efisiensi sumber tenaga pada robot dan ramah lingkungan

2.2 Kajian Teori

2.2.1 *Mobile Robot*

Mobile robot adalah mesin otomatis yang mampu bergerak dari satu tempat ke tempat lain. *Mobile Robot* merupakan kombinasi unik dari sistem mekanik dan elektrik dengan kemampuan kecerdasan buatan. Jenis robot ini merupakan jenis yang paling banyak dan populer pada perkembangan teknologi dan penelitian *robotic*. Sistem mekanik *mobile robot* berupa roda sedangkan sistem elektrik robot berupa sensor dan mikrokontroller. **Gambar 2.2** merupakan contoh bentuk *Mobile Robot*



Gambar 2.1 *Mobile Robot*

Sumber : <https://www.pinterest.com/pin/how-to-build-a-mobile-robot-using-arduino--589549407453072992/>

Secara umum *mobile* robot berfungsi untuk mengeksplorasi, mengangkut, memindahkan, dan menavigasi. *Mobile* robot memiliki beberapa tipe salah satunya robot *Autonomously Randomized Robot* yaitu robot otonom dengan gerakan acak dari satu tempat ke tempat lainnya yang pada dasarnya menghindari dari dinding atau halangan sehingga diharapkan mampu menggantikan atau membantu pekerjaan manusia.

2.2.2 Robot Penyemprot Pestisida Otomatis Tenaga Surya

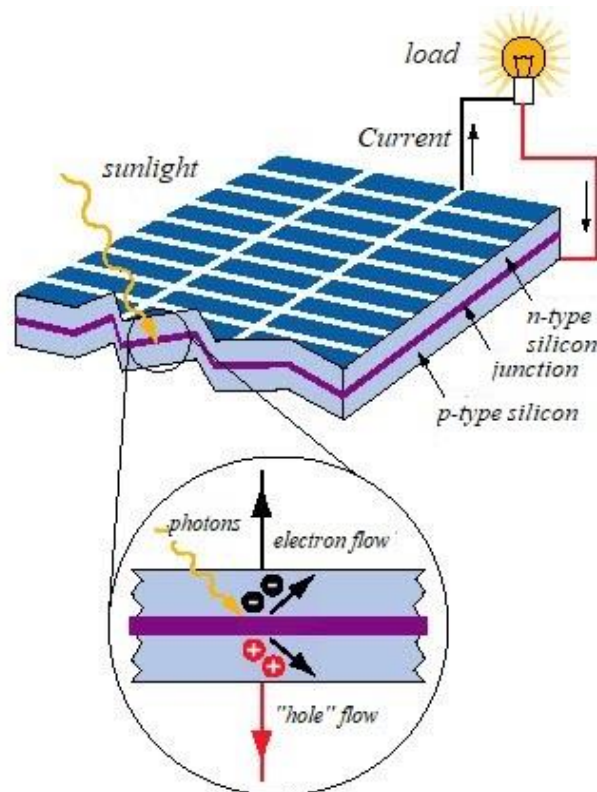
Robot penyemprot pestisida otomatis yang dimaksud disini adalah robot yang mampu melakukan tugasnya dengan kendali *smartphone* yang mempunyai layanan tertentu. Salah satu contoh adalah penyemprotan pestisida pada tanaman strawberry. Penyemprotan pestisida ini berfungsi untuk mencegah kerusakan, serangan hama dan penyakit pada tanaman strawberry

Tetapi dalam proses penyemprotan pestisida pada tanaman terjadi permasalahan seperti penyemprotan yang tidak merata, penggunaan pestisida yang boros, dan dampak bahaya kesehatan dari penggunaan pestisida itu sendiri. Salah satu solusinya dengan menggunakan sistem robotika dalam melakukan penyemprotan yang terukur dan otomatis yang mampu menyemprot seluruh tanaman. Sumber tenaga listrik yang digunakan untuk menggerakkan robot penyemprot pestisida otomatis menggunakan sumber dari panel surya yang dihasilkan dari panas matahari. *Management* yang ditawarkan pada penelitian ini akan memberikan keuntungan, diantaranya, mengurangi biaya, mengefisien waktu dan tenaga, dan meningkatkan efisiensi penyemprotan pestisida dengan takaran yang pas untuk tanaman, serta mengurangi dampak resiko penggunaan pestisida bagi kesehatan petani.

2.2.3 Panel Surya

Panel surya adalah alat untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. Menurut bahasa kata *Photovoltaic* berasal dari bahasa Yunani *Photos* yang berarti cahaya dan *Volta* yang merupakan nama ahli fisika dari Italia yang menemukan tegangan listrik, sehingga secara sederhana *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. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek *Photovoltaic*. Panel Surya mulai populer akhir-akhir ini, selain mulai menipisnya cadangan energi fosil dan isu *global warming*, energi yang dihasilkan juga sangat murah karena sumber energi (matahari) bisa didapatkan secara gratis[10]. Skema *Solar Cell* Dapat dilihat pada **Gambar 2.2**



Gambar 2.2 Skema *Solar Cell*

Sumber : https://rifkymedia.files.wordpress.com/2009/11/figure_3.jpg

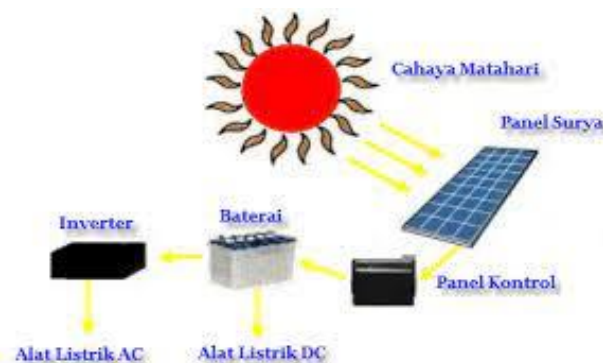
Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang diterimanya berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P untuk mengalir. Sama seperti dioda foto

(*Photodiode*), sel surya atau *solar cell* ini juga memiliki kaki Positif dan kaki Negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik. Pada dasarnya, sel surya merupakan dioda foto yang memiliki permukaan yang sangat besar. Permukaan luas sel surya tersebut menjadikan perangkat sel surya ini lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan menghasilkan Tegangan dan arus yang lebih kuat dari dioda foto pada umumnya. Contohnya, sebuah sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor silikon mampu menghasilkan tegangan setinggi 0,5V dan Arus setinggi 0,1A saat terkena (*expose*) cahaya matahari.

Saat ini, telah banyak yang mengaplikasikan perangkat sel surya ini ke berbagai macam penggunaan. Mulai dari sumber listrik untuk kalkulator, mainan, pengisi baterai hingga ke pembangkit listrik dan bahkan sebagai sumber listrik untuk menggerakkan satelit yang mengorbit bumi kita.

2.2.3.1 Prinsip Kerja Panel Surya

Sinar matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan Foton. Ketika terkena sinar matahari, foton yang merupakan partikel sinar matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon sel surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. **Gambar 2.3** menunjukkan prinsip kerja panel surya :



Gambar 2.3 Prinsip Kerja Panel Surya

Sumber : <https://www.mikirbae.com/2016/06/teks-eksplanasi-cara-kerja-panel-surya.html>

Elektron yang terpisah dan bermuatan negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan “hole” dengan muatan positif (+).

Daerah semikonduktor dengan elektron bebas ini bersifat negatif dan bertindak sebagai pendonor elektron, daerah semikonduktor ini disebut dengan semikonduktor tipe N (*N-type*). Sedangkan daerah semikonduktor dengan *hole* bersifat positif dan bertindak sebagai penerima (*Acceptor*) elektron yang dinamakan dengan Semikonduktor tipe P (*P-type*). Di persimpangan daerah positif dan negatif (*PN Junction*), akan menimbulkan energi yang mendorong elektron dan *hole* untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi daerah negatif sedangkan *hole* akan bergerak menjauhi daerah positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya di persimpangan positif dan negatif (*PN Junction*) ini, maka akan menimbulkan arus listrik.

Pada siang hari panel surya menerima cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui *photovoltaic*. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat langsung disalurkan ke beban atau disimpan dalam baterai sebelum digunakan ke beban, dan arus searah DC yang telah tersimpan ke dalam baterai bisa diubah menjadi arus bolak balik AC dengan menggunakan *Inverter*

2.2.3.2 Solar Cell Polycrystalline

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Tipe *polycrystalline* memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis *monocrystalline* untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. Gambar 2.13 merupakan bentuk fisik dari Panel Surya *Polycrystalline*[11]. Dengan menggunakan panel surya *Polycrystalline* yang lebih efisien dapat membantu memaksimalkan produksi listrik pada ruangan atap yang terbatas. Bentuk Panel surya *Polycrystalline* dapat dilihat pada **Gambar 2.4**

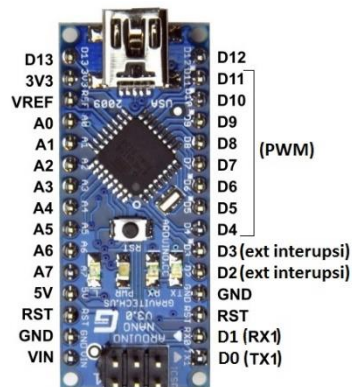


Gambar 2.4 Panel Surya *Policrystalline*

Sumber : <https://cf.shopee.co.id/file/3df2bb2128aeed0d6dabb22814f62f9e>

2.2.4 Arduino Nano

Arduino merupakan sebuah platform dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembang, tetapi merupakan kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment (IDE)* yang canggih IDE adalah sebuah *software* yang berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller*[12].



Gambar 2.5 Arduino Nano

Sumber : <https://djukarna4arduino.files.wordpress.com/2015/01/gambar-nano-3.jpg>

Arduino Nano pada **Gambar 2.5** adalah salah satu papan mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan *breadboard*. Arduino

Nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328 (untuk Arduino Nano versi 3.x) atau Atmega 16 (untuk Arduino versi 2.x). Arduino Nano kurang lebih memiliki fungsi yang sama dengan Arduino *Duemilanove*, tetapi dalam paket yang berbeda. Arduino Nano tidak menyertakan colokan DC berjenis *Barrel Jack*, dan dihubungkan ke komputer menggunakan *port* USB Mini-B. Arduino Nano dirancang dan diproduksi oleh perusahaan *Gravitech*[12].

2.2.4.1 Konfigurasi Pin Arduino Nano

Konfigurasi pin Arduino Nano. Arduino Nano memiliki 30 Pin. Berikut Konfigurasi pin Arduino Nano.

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya digital.
2. GND merupakan pin *ground* untuk catu daya digital.
3. AREF merupakan Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan fungsi analog *Reference*.
4. *RESET* merupakan Jalur *LOW* ini digunakan untuk me-*reset* (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol *reset* pada *shield* yang menghalangi papan utama Arduino
5. *Serial RX* (0) merupakan pin sebagai penerima TTL data *serial*.
6. *Serial TX* (1) merupakan pin sebagai pengirim TT data *serial*.
7. *External Interrupt* (Interupsi Eksternal) merupakan pin yang dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubahan nilai.
8. *Output PWM 8 Bit* merupakan pin yang berfungsi untuk data analog *Write*.
9. SPI merupakan pin yang berfungsi sebagai pendukung komunikasi.
10. LED merupakan pin yang berfungsi sebagai pin yang diset bernilai *HIGH*, maka LED akan menyala, ketika pin diset bernilai *LOW* maka LED padam. LED Tersedia secara *built-in* pada papan Arduino Nano.
11. *Input Analog* (A0-A7) merupakan pin yang berfungsi sebagai pin yang dapat diukur/diatur dari mulai *Ground* sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan

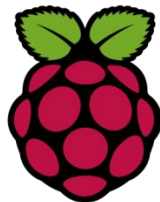
untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan fungsi analog *Reference*.

Tabel 2. 1 Konfigurasi Pin Arduino Nano

Nomor Pin Arduino Nano	Nama Pin Arduino
1	Digital Pin 0 (TX)
2	Digital Pin 0 (RX)
3&28	<i>Reset</i>
4&29	GND
5	Digital Pin 2
6	Digital Pin 3 (PWM)
7	Digital Pin 4
8	Digital Pin 5 (PWM)
9	Digital Pin 6 (PWM)
10	Digital Pin 7
11	Digital Pin 8
12	Digital Pin 9 (PWM)
13	Digital Pin 10 (PWM-SS)
14	Digital Pin 11 (PWM-MOSI)
15	Digital Pin 12 (MISO)
16	Digital Pin 13 (SCK)
18	AREF
19	<i>Analog Input 0</i>
20	<i>Analog Input 1</i>
21	<i>Analog Input 2</i>
22	<i>Analog Input 3</i>
23	<i>Analog Input 4</i>
24	<i>Analog Input 5</i>
25	<i>Analog Input 6</i>
26	<i>Analog Input 7</i>
27	VCC
30	<i>Vin</i>

2.2.5 *Raspberry Pi*

Raspberry Pi adalah sebuah komputer papan tunggal (*single-board computer*) atau SBC berukuran kartu kredit. *Raspberry Pi* telah dilengkapi dengan semua fungsi layaknya sebuah komputer lengkap, menggunakan SoC (*System-on-a-chip*) ARM yang dikemas dan diintegrasikan diatas PCB. Perangkat ini menggunakan kartu SD untuk booting dan penyimpanan jangka panjang[23]. Berikut logo *Raspberry Pi* dilihat pada **Gambar 2.6**



Gambar 2. 6 Logo *Raspberry Pi*

Sumber : https://download.logo.wine/logo/Raspberry_Pi/Raspberry_Pi-Logo.wine.png

Raspberry Pi memiliki dua model yaitu model A dan model B. Secara umum *Raspberry Pi* model B, 512MB RAM. Perbedaan model A dan B terletak pada memori yang digunakan, model A menggunakan memori 256 MB dan model B 512 MB. Selain itu model B juga sudah dilengkapi dengan *ethernet port* (kartu jaringan) yang tidak terdapat di model A. *Desain Raspberry Pi* didasarkan seputar SoC (*System-on-a-chip*) *Broadcom* BCM2835, yang telah menanamkan prosesor ARM1176JZF-S dengan 700 MHz, VideoCore IV GPU, dan 256 Megabyte RAM (model B). Penyimpanan data didisain tidak untuk menggunakan *hard disk* atau *solid-state drive*, melainkan mengandalkan kartu SD untuk *booting* dan penyimpanan jangka panjang.

Hardware Raspberry Pi tidak memiliki *real-time clock*, sehingga OS harus memanfaatkan *timer* jaringan *server* sebagai pengganti. Namun komputer yang mudah dikembangkan ini dapat ditambahkan dengan fungsi *real-time* (seperti DS1307) dan banyak lainnya, melalui saluran GPIO (*General-purpose input/output*) via antarmuka I²C (*Inter- Integrated Circuit*). *Raspberry Pi* bersifat *open source* (berbasis *Linux*), *Raspberry Pi* bisa dimodifikasi sesuai kebutuhan

penggunanya. Sistem operasi utama *Raspberry Pi* menggunakan Debian GNU/Linux dan bahasa pemrograman *Python*. Salah satu pengembang OS untuk *Raspberry Pi* telah meluncurkan sistem operasi yang dinamai Raspbian, Raspbian diklaim mampu memaksimalkan perangkat *Raspberry Pi*. Sistem operasi tersebut dibuat berbasis Debian yang merupakan salah satu distribusi *Linux OS*[13].

2.2.5.1 *Raspberry Pi Camera*

Raspberry Pi Camera merupakan modul kamera *webcam* yang diterbitkan oleh *Raspberry Pi Foundation*. Modul kamera ini menggunakan *port CSI* sebagai antarmuka modul kamera dengan *Raspberry Pi Board*[14]. Dapat dilihat dari **gambar 2.7**

Koneksi kamera dengan *Raspberry Pi* menggunakan kabel *CSI (Camera Serial Interface)* sebagai penghubung, *port* yang digunakan adalah *port CSI*. Kamera yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Raspberry Pi Camera Rev 1.3*. Penggunaan *Raspicam* bertujuan untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam pengambilan citra gambar[14].



Gambar 2.7 *Raspberry Pi Camera Rev 1.3*

Sumber : <https://i.ebayimg.com/images/g/oQMAAOSwPuhdRBhH/s-l300.png>

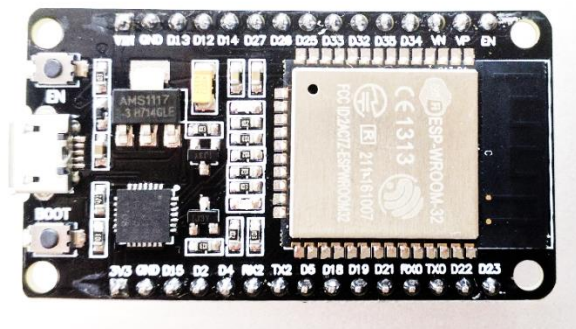
Selain itu dengan menggunakan Raspbian pengguna dapat mengatur kamera sesuai kebutuhan misal mengatur ISO, AWB, framerate, dan lain sebagainya. Modul kamera ini juga memiliki sensor yang baik sehingga dapat mengambil gambar dengan kualitas yang cukup baik.

Spesifikasi *Raspberry Pi Camera* :

- Cocok dengan *Raspberry Pi* model A atau model B.
- Resolusi kamera 5 *megapixel*.
- Menggunakan kamera fix.
- Menggunakan sensor gambar *Omnivision 5647*.
- Resolusi gambar 2592 x 1944.
- Fitur pada video:
 - ✓ Kualitas video 1080p dengan kecepatan 30 *frame* per detik
 - ✓ Kualitas video 720p dengan kecepatan 60 *frame* per detik
 - ✓ Kualitas video 640x480p dengan kecepatan 90 *frame* per detik.
- 15 pin CSI *interface* dengan kabel *Extremely Data Tinggi*, penerapan antarmuka.
- Ukuran 20x25x9 mm

2.2.6 Modul ESP32

Modul ESP32 pada **Gambar 2.8** adalah sebuah komponen *chip* dari mikrokontroler yang dirancang oleh perusahaan yang berbasis di Shanghai, China yakni Espressif Systems. ESP32 menawarkan solusi jaringan WiFi yang mandiri sebagai jembatan dari mikrokontroler yang ada ke jaringan WiFi. ESP32 menggunakan prosesor *dual core* yang berjalan di instruksi Xtensa LX16, ESP32 memiliki spesifikasi seperti yang ditampilkan pada tabel 1



Gambar 2.8 Modul ESP32

(Sumber : <https://github.com/espressif/arduino-esp32/issues/544>)

ESP 32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System* merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam *chip* sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things*. Terlihat pada gbr. 1 merupakan pin out dari ESP32. Pin tersebut dapat dijadikan input atau output untuk menyalakan LCD, lampu, bahkan untuk menggerakkan motor DC. Berikut **Tabel 2.2** merupakan spesifikasi dari Modul ESP32 :

Tabel 2.2 Spesifikasi Modul ESP32

Tegangan	3.3 Volt
Prosesor	Tensilica L108 32 bit
Kecepatan prosesor	Dual 160MHz
RAM	520K
GPIO	34
ADC	7
Dukungan 802.11	11b/g/n/e/i
Bluetooth	BLE (Bluetooth Low Energy)
SPI	3
I2C	2
UART	3

2.2.7 Sensor *Ultrasonic* HCSR-04

Ultrasonik merupakan suara atau getaran dengan frekuensi yang tinggi yaitu kira-kira di atas 20 KHz. Dalam hal ini, gelombang ultrasonik merupakan gelombang ultra (diatas) frekuensi gelombang suara (sonik). Gelombang ultrasonik dapat merambat pada medium padat, cair dan gas. Reflektivitas dari gelombang ultrasonik dipermukaan cairan hampir sama dengan permukaan padat,

tetapi pada tekstil dan busa, maka jenis gelombang ini akan diserap. Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu di depannya, frekuensi kerjanya pada daerah diatas gelombang suara dari 40 KHz hingga 400 KHz.

Sensor ultrasonik terdiri dari dua unit, yaitu unit pemancar dan penerima. Struktur unit pemancar dan penerima sangat sederhana, yaitu sebuah kristal piezoelectric dihubungkan dengan mekanik jangkar dan hanya dihubungkan dengan diafragma penggetar. Tegangan bolak-balik yang memiliki frekuensi kerja hingga 40 KHz hingga 400 KHz diberikan pada plat logam. Struktur atom dari kristal piezoelectric akan berkontraksi (mengikat), mengembang atau menyusut terhadap polaritas tegangan yang diberikan, dan ini disebut dengan efek piezoelectric. Berikut Gambar Sensor Ultrasonik dapat dilihat pada **gambar 2.9**



Gambar 2. 9 Sensor Ultrasonik HCSR04

Sumber : <https://images.app.goo.gl/JjRenabv3GiTLsWa6>

Terjadinya gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke udara dan pantulan gelombang ultrasonik akan terjadi bila ada objek tertentu, dan pantulan gelombang ultrasonik akan diterima kembali oleh unit sensor penerima. Selanjutnya unit sensor penerima akan menyebabkan diafragma penggetar akan bergetar dan efek piezoelectric menghasilkan sebuah tegangan bolak-balik dengan frekuensi yang sama [16].

2.2.8 Motor DC

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut *stator* (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut *rotor* (bagian yang berputar). Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/*direct-unidirectional*. **Gambar 2.10** merupakan bentuk Motor DC :



Gambar 2.10 Motor DC

(Sumber : <https://rezekibarokah.com/pengertian-motor-dc/>)

Motor DC adalah piranti elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak rotasi. Pada motor DC terdapat jangkar dengan satu atau lebih kumparan terpisah. Tiap kumparan berujung pada cincin belah (komutator). Dengan adanya *insulator* antara komutator, cincin belah dapat berperan sebagai saklar kutub ganda (*double pole, double throw switch*). Motor DC bekerja berdasarkan prinsip gaya *Lorentz*, yang menyatakan ketika sebuah konduktor beraliran arus diletakkan dalam medan magnet, maka sebuah gaya (yang dikenal dengan gaya *Lorentz*) akan tercipta secara *ortogonal* diantara arah medan magnet dan arah aliran arus[17]. Kecepatan putar motor DC (N) dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$N = \frac{V_{TM} - I_A R_A}{K_\phi}$$

Keterangan :

V_{TM} : Tegangan terminal

I_A : Arus jangkar motor

R_A : Hambatan jangkar motor

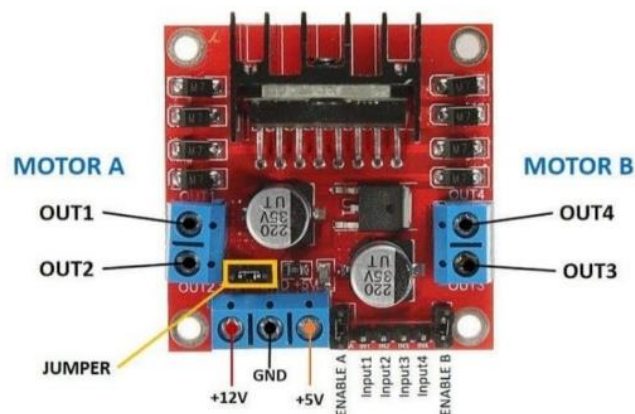
K : Konstanta motor

\emptyset : Fluk magnet yang terbentuk pada motor

Motor DC tersusun dari dua bagian yaitu bagian diam (*stator*) dan bagian bergerak (*rotor*). Stator motor arus searah adalah badan motor atau kutub magnet (sikat-sikat), sedangkan yang termasuk *rotor* adalah jangkar lilitanya. Pada motor, kawat penghantar listrik yang bergerak tersebut pada dasarnya merupakan lilitan yang berbentuk persegi panjang yang disebut kumparan.

2.2.9 Driver L298

Driver motor L298N merupakan *module driver* motor DC yang paling banyak digunakan atau dipakai di dunia elektronika yang difungsikan untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC. IC L298 merupakan sebuah IC tipe *H-bridge* yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti *relay*, solenoid, motor DC dan motor *stepper*.



Gambar 2. 11 Driver L298

Sumber : <https://cf.shopee.co.id/file/32a6d1694858e8e51d9763081ec0570f>

Keterangan :

- *Enable A* : Berfungsi untuk mengaktifkan bagian *output* motor A.
- *Enable B* : Berfungsi untuk mengaktifkan bagian *output* motor B.
- *Jumper 5 Vdc* : Sebagai mode pemilihan sumber tegangan 5Vdc, jika tidak *dijumper* maka akan ke mode sumber tegangan 12 Vdc.
- *Control Pin* : Sebagai kendali perputaran dan kecepatan motor yang dihubungkan ke Mikrokontroler.

Dapat dilihat pada **Gambar 2.11**, Pada IC L298 terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang NAND yang berfungsi untuk memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor dc maupun motor *stepper*. Untuk dipasaran sudah terdapat modul *driver* motor menggunakan IC L298 ini, sehingga lebih praktis dalam penggunaannya karena pin I/O nya sudah tersusun dengan rapi dan mudah digunakan. Kelebihan akan modul *driver* motor L298N ini yaitu dalam hal kepresisian dalam mengontrol motor sehingga motor lebih mudah untuk dikontrol[18].

Adapun untuk spesifikasi dari *driver* motor L298N dapat dijabarkan seperti berikut:

- Menggunakan IC L298N (*Double H bridge Drive Chip*)
- Tegangan minimal untuk masukan *power* antara 5V-35V
- Tegangan operasional : 5V
- Arus untuk masukan antara 0-36mA
- Arus maksimal untuk keluaran per *Output A* maupun B yaitu 2A
- Daya maksimal yaitu 25W
- Dimensi modul yaitu 43 x 43 x 26mm
- Berat : 26g

2.2.10 Regulator LM2698

LM2698 adalah konverter *boost* PWM tujuan umum. Saklar *internal* 1.9A, 18V, 0.2 *ohm* memungkinkan LM2698 menyediakan konversi daya yang efisien ke *output* mulai dari 2.2V hingga 17V. Ini bisa beroperasi dengan tegangan *input* serendah 2.2V dan setinggi 12V. Arsitektur *mode* saat ini menyediakan pengaturan garis dan beban yang unggul dan kompensasi frekuensi sederhana pada rentang tegangan *input* 2.2V hingga 12V perangkat. LM2698 menetapkan standar dalam kepadatan daya dan mampu memasok 12V pada 400mA dari *input* 5V. LM2698 menampilkan frekuensi *switching* pin yang dapat dipilih baik 600kHz atau 1,25MHz. Ini meningkatkan fleksibilitas dalam pemilihan komponen dan teknik penyaringan. Pin *shutdown* tersedia untuk menanggihkan perangkat dan mengurangi arus diam menjadi 5A. Pin kompensasi *eksternal* memberikan fleksibilitas kepada pengguna dalam menyetel kompensasi frekuensi, yang memungkinkan penggunaan kapasitor keramik ESR kecil dan rendah pada *output*[22].

2.2.11 Relay

Relay adalah saklar yang dikendalikan secara elektrik. Tegangan yang menjadi *input relay* akan membuat *coil* pada *relay* bekerja seperti magnet. Sehingga membuat kedua kutub *relay* saling bersentuhan dan menghantarkan tegangan. Penggunaan *relay* juga memudahkan pengguna, karena dengan tegangan kecil dapat menghantarkan tegangan yang lebih tinggi. *Relay* dengan tegangan *input* DC 5V 50mA dapat menghantarkan arus listrik bertegangan tinggi seperti listrik rumah AC 220V 2A. Selain sebagai saklar, *relay* biasanya dipakai sebagai pengaman sebuah instrumen listrik untuk menghindari *feedback* Arus dari Motor[15].

Komponen dasar *Relay* terdiri dari :

1. *Coil*

Coil merupakan kumparan yang digunakan sebagai magnet buatan. Saat *coil* dialiri arus listrik maka *coil* akan bekerja seperti magnet.

2. *Armature*

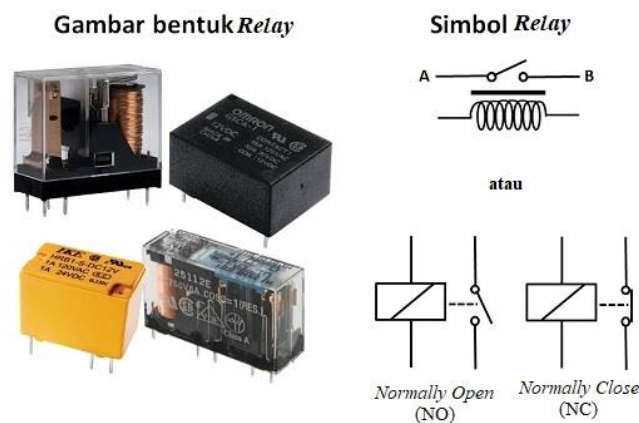
Armature merupakan sebuah mekanik yang terbuat dari besi atau logam yang digunakan untuk menghubungkan kutup C ke kutup A atau dari kutup C ke kutup B. Mekanik ini akan bekerja ketika *coil* dialiri arus yang akan membuat *Armature* menempel pada besi *coil*.

3. *Switch Contact Point* (saklar)

Sebagai pemisah antara jalur dari kutup A dan kutup B. Selain itu saklar juga menghubungkan tegangan dari *Armature* ke kutup yang disentuh.

4. *Spring*

Spring (pegas) digunakan untuk mengembalikan keadaan *Armature* ke kondisi awal ketika tidak terdapat magnet. *Relay* menggunakan *spring* ringan karena tidak membutuhkan kekuatan yang kuat untuk mengontrol *armature*.



Gambar 2.12 *Relay*

Sumber : <https://apitu.org/wp-content/uploads/2018/09/Gambar-bentuk-dan-Simbol-relay.jpg>

Kontak poin *relay* terdiri dari 2 jenis, yaitu :

1. *Normally Close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum relay diaktifkan akan selalu berada dalam posisi *close* atau tertutup (terhubung).
2. *Normally Open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum relay diaktifkan akan selalu berada di posisi *open* atau terbuka (terputus).

Berdasarkan **Gambar 2.12** sebuah besi yang dililit oleh sebuah kumparan tembaga yang berfungsi untuk mengendalikan besi tersebut. Saat *coil* dialiri arus listrik maka akan muncul gaya magnet pada besi yang kemudian membuat *armature* berpindah dari posisi (NC) ke posisi baru (NO) sehingga saklar dapat menghantarkan arus listrik. Pada saat tidak dialiri arus listrik *armature* akan kembali keposisi semula (NC) karena adanya gaya dari *spring*. *Coil* yang digunakan *relay* umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

2.2.12 Pompa Air DC Motor

Pompa Air DC merupakan jenis pompa yang menggunakan motor dc dan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putara motor, sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor[19].



Gambar 2.13 Pompa Air DCMotor

(Sumber : <https://www.deltakit.net/product/dc-12v-pneumatic-diaphragm-water-pump-motor-r365/>)

Dilihat Pada **Gambar 2.13**, Pompa Air DC memiliki 3 bagian dasar :

1. Bagian yang tetap/*stasioner* yang disebut stator. Stator ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektro magnet) ataupun magnet permanen.
2. Bagian yang berputar disebut rotor. Rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir.

3. Gear Box yang dipasang pada pompa. Gear box ini didalamnya terdapat gear yang dipasang pada ujung rotor untuk menghisap air. Gaya elektromagnet pada motor DC timbul saat ada arus yang mengalir pada penghantar yang berada dalam medan magnet. Medan magnet itu sendiri ditimbulkan oleh magnet permanen. Garis-garis gaya magnet mengalir diantara dua kutub magnet dari kutub utara ke kutub selatan.[19].

2.2.13 Solar Charge Controller

Solar Charge 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 atau *solar cell*. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. *Solar charge controller* menerapkan teknologi *pulse width modulation (PWM)* untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban[20].

Solar Charger Controller pada sistem panel surya (atau sering kali disebut *SCC* atau *Battery Control Unit (BCU)* atau *Battery Control Regulator (BCR)*. adalah bagian yang cukup penting. Peran utama *SCC* adalah melindungi dan melakukan otomatisasi pada pengisian baterai. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem dan menjaga agar masa pakai baterai dapat dimaksimalkan. **Gambar 2.14** merupakan bentuk fisik dari *Solar Charge Controller* :



Gambar 2. 14 *Solar Charge Controller*

(Sumber : <https://www.sanspower.com/solar-charge-control-untuk-panel-surya-ramah-lingkungan.html>)

Panel surya atau *solar cell* 12 Volt umumnya memiliki tegangan *output* 16 – 21 Volt. Jadi tanpa *solar charge controller*, baterai akan rusak oleh *over-charging* dan ketidak stabilan tegangan, baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 – 14.7 Volt.

2.2.14 Baterai

Baterai adalah sebuah sel listrik di mana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversibel* (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Proses elektrokimia *reversible* adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel[21].

Di sini baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk menyuplai (menyediakan) listrik ke sistem robot, baik ke mikrokontroler, sensor dan motor DC. **Gambar 2.15** merupakan bentuk fisik dari Baterai LiFe-PO4 :



Gambar 2. 15 Baterai LiFe-PO4

Sumber : <https://cf.shopee.co.id/file/4018a2369cf6f5d1b8849763ba71c8bd>

2.2.15 Sensor INA219

INA219 merupakan modul sensor yang dapat memonitoring tegangan dan arus pada suatu rangkaian listrik. INA 219 didukung dengan interface I2C atau SMBUS-COMPATIBLE dimana peralatan ini mampu memonitoring tegangan shunt dan suplai tegangan bus, dengan konversi program times dan filtering. INA 219 memiliki sebuah amplifier input maksimum adalah $\pm 320\text{mV}$ ini berarti dapat mengukur arus hingga $\pm 3,2\text{A}$. Dengan internal data 12 bit ADC, resolusi pada kisaran 3.2A adalah 0,8 mA. Dengan gain internal yang ditetapkan pada minimum div8, maks saat ini adalah $\pm 400\text{mA}$ dan resolusi 0,1 mA[24]. **Gambar 2.16** menunjukkan bentuk sensor INA219



Gambar 2.16 Sensor INA219

Sumber : <https://breakrow.com/mili-ampere/cara-menggunakan-sensor-arus-ina219-dengan-arduino/>

INA 219 mengidentifikasi tegangan shunt pada bus 0 – 26 V. Sensor INA 219 memiliki Pin I/O data, clock, analog 0, analog 1, Vin +, Vin -, ground, Pin IN + dan IN - merupakan pin positif dan negatif input dari tegangan shunt dimana pin positif dihubungkan dengan hambatan shunt sedangkan yang negatif dihubungkan dengan ground. Pin SCL dan SDA adalah pin serial bus clock line dan serial bus data line.

2.2.16 Sensor ACS712

Sensor arus ACS712 adalah merupakan sensor untuk mendeteksi arus, ACS712 ini memiliki tipe variasi sesuai dengan arus maksimal yakni 5A, 20A, 30A. ACS712 ini menggunakan VCC 5V. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional[25]. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan hall transducer secara berdekatan. Tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan Bi CMOS Hall IC yang didalamnya yang telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh pabrik. **Gambar 2.17** merupakan sensor arus ACS712 dengan arus maksimal sebesar 5 ampere



Gambar 2.17 Sensor ACS712 5A

Sumber: <https://store.ichibot.id/product/sensor-arus-5a-range-acs712/>

2.2.17 Webcam

Webcam adalah sebuah kamera video digital kecil yang dihubungkan ke komputer biasanya melalui colokan USB atau pun colokan PORTCOM. Pada umumnya webcam tidak membutuhkan kaset atau tempat penyimpanan data, data

hasil perekaman yang didapat langsung ditransfer ke komputer. **Gambar 2.18** merupakan bentuk fisik dari *Webcam* :



Gambar 2.18 *Webcam*

Sumber : <https://tokopedia.link/Rfla6v4Ehrbl>

2.2.17 Irradiance Meter

Irradiance adalah daya radiasi per unit yang biasanya area ini dijadikan parameter untuk melihat tingkat pencahayaan/ radiasi energi matahari yang ditangkap oleh sel surya, dengan satuan umum W/m^2 . Alat sensor yang biasanya digunakan untuk mengetahui tingkat radiasi matahari adalah *Pyranometer*. Energi sel surya bergantung pada irradiance cahaya matahari. Irradiance yang baik yaitu diatas $1000 \text{ watt}/m^2$ sehingga sel surya dapat menghasilkan daya listrik masimum[26]. Ada beberapa istilah dalam iradiasi matahari di permukaan bumi diantaranya :

1. **Direct Normal Irradiance (DNI)** adalah jumlah iradiasi matahari yang diterima per satuan luas oleh permukaan bumi yang selalu tegak lurus atau normal terhadap sinar yang datang dalam garis lurus dari arah matahari. Nilai ini dapat memaksimalkan jumlah iradiasi setiap tahun yang diterima oleh permukaan dengan menjaganya agar tetap normal terhadap iradiasi yang masuk.

2. **Diffuse Horizontal Irradiance (DHI)** adalah jumlah iradiasi yang diterima per satuan luas yang tidak tiba pada jalur langsung dari matahari, tetapi telah tersebar oleh molekul dan partikel di atmosfer dan datang sama dari semua arah.
3. **Global Horizontal Irradiance (GHI)** adalah jumlah total iradiasi gelombang pendek yang diterima dari atas oleh permukaan horizontal ke tanah. Nilai ini penting untuk instalasi panel surya yang tidak menggunakan alat pelacak penyinaran matahari karena nilai GHI mencakup baik direct normal irradiance dan diffuse horizontal irradiance.