

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *State of the Art*

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Adapun hasil-hasil penelitian yang dijadikan perbandingan tidak terlepas dari topik penelitian yaitu mengenai robot yang diterapkan pada sistem agrikultur.

Pada bagian ini peneliti mencantumkan berbagai hasil penelitian terdahulu terkait dengan penelitian yang hendak dilakukan, kemudian membuat ringkasannya, baik penelitian yang sudah terpublikasikan atau belum terpublikasikan. Berikut merupakan penelitian terdahulu yang masih terkait dengan tema yang penulis kaji.

Pertama, pada penelitian yang dilakukan oleh Jash Doshi,dkk (2019) dengan judul penelitiannya yaitu “*Smart Farming using IoT, a solution for optimally Monitoring farming conditions*”, bahwa *Internet of Things (IoT)* pada era kini hadir dari setiap bidang yang memengaruhi kehidupan setiap orang dengan membuat semuanya cerdas. *Internet of Things (IoT)* adalah jaringan perangkat yang berbeda yang membuat jaringan konfigurasi sendiri. Perkembangan baru dari *smart farming* dengan penggunaan IoT, mengubah wajah konvensional metode pertanian dengan tidak hanya membuatnya optimal tetapi juga hemat biaya bagi petani dan mengurangi pemborosan tanaman [1].

Tujuan dari perangkat pertanian berbasis *Internet of Things (IoT)* adalah untuk penggunaan teknologi yang dapat memberikan pemberitahuan pada berbagai platform ke petani. Alat tersebut akan membantu petani dengan mendapatkan data langsung (Suhu, kelembaban, dan daya yang digunakan dari alat) dari lahan pertanian untuk mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk memungkinkan mereka untuk melakukan pertanian dengan cerdas dan juga meningkatkan hasil panen dan menghemat sumber daya (air, pupuk).

Kedua, pada penelitian yang dilakukan oleh Rafiq Hariri,dkk (2019) dengan judul penelitiannya yaitu “Perancangan Aplikasi *Blynk* Untuk *Monitoring* Dan Kendali Penyiramaan Tanaman”, bahwa dalam mempermudah pertanian, pada penelitian ini yaitu budidaya tanaman cabai, diperlukan sebuah sistem kendali terpadu untuk *Monitoring* secara *real time*, agar mempermudah dalam perawatannya. Aplikasi *Blynk* merupakan salah satu kemajuan teknologi informasi yang cukup populer di kalangan pengguna *smartphone* karena *user interface* yang cukup simpel, banyak fitur yang disajikan oleh *Blynk*, dan cukup mudah di Akses. *Blynk* dapat dijadikan perantara untuk memantau suatu kondisi objek. Dengan fitur dalam sistem aplikasi ini dapat digunakan untuk membantu petani cabai dalam memantau dan mengontrol keadaan tanaman tetap dalam kondisi yang baik [2].

Ketiga, pada karya ilmiah oleh Muhammad Budiono (2021), berupa skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Robot Penyemprot Pestisida Otonom Dengan Sistem *Wall-Follower* Pada Penyemprotan Tanaman Cabai”, bahwa Dalam proses penyemprotan pestisida, kebutuhan penyemprotan dengan presisi sangat dibutuhkan. Pengembangan robot untuk perangkat penyemprotan pestisida secara presisi juga sudah pernah dilakukan, pengembangan ini menggunakan kamera dan sensor jarak sebagai pendeteksi tanaman, serta melakukan penyemprotan target tertentu sekaligus mengurangi penggunaan pestisida. Hasil menunjukkan bahwa perangkat penyemprotan mampu mengurangi penggunaan pestisida hingga 45% [12].

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah di uraikan pada karya tulisnya tentang robot penyemprot pestisida otomatis, bahwa robot yang dikembangkan digunakan untuk melakukan penyemprotan pestisida pada tanaman yang bukan ditanam pada bedengan. Untuk melakukan penyemprotan pestisida secara otomatis pada tanaman yang ditanam di lahan terbuka dengan bentuk bedengan, diperlukan sebuah robot yang mampu berjalan menyusuri dinding lintasannya serta dapat melakukan pelacakan jalur untuk berbagai kondisi dengan memanfaatkan berbagai sensor yang mendeteksi dinding yang sebagai acuan dari pergerakan robot.

Pemanfaatan tenaga surya pada robot sebelumnya juga pernah diteliti pada penelitian oleh Tresna Dewi,dkk (2020), yang berjudul “*Experimental analysis on solar powered mobile robot as the prototype for environmentally friendly automated transportation*”, bahwa dikala kondisi di masa kini yang memanfaatkan energi terbarukan dari alam, kendaraan tanpa awak atau pada bahasan ini berupa robot bertenaga surya adalah alternatif yang sangat baik untuk lingkungan karena tenaga surya tidak mengeluarkan emisi CO₂ sama sekali (*zero CO₂ emission*) [3].

Penelitian tersebut membahas analisis eksperimental mobile robot tenaga surya sebagai prototipe untuk transportasi otomatis yang ramah lingkungan. *Output* panel surya pada penelitian ini digunakan untuk mengisi kapasitor bank yang berfungsi sebagai penyimpan daya sekaligus pengganti sistem baterai.

2.2. Kajian Teori

2.2.1 Robot

Kata robot biasa digunakan untuk menjelaskan berbagai jenis mesin, yang memiliki kemampuan untuk bergerak dan dapat digunakan untuk melakukan pekerjaan fisik. Robot memiliki berbagai bentuk, mulai dari *humanoid*, menyerupai bentuk fisik dan cara bergerak manusia, sampai robot industri yang bentuknya sangat dipengaruhi oleh fungsinya. Robot dapat dikendalikan secara langsung oleh manusia, seperti robot penjinak bom, atau bersifat *autonomous*, dapat mengambil keputusan sendiri dengan kepintaran buatan, seperti Robot penyemprot pestisida.

Kata robot sendiri berasal dari bahasa Czech “*robota*”, budak pekerja, diperkenalkan pertama kali oleh Karel Capek, seorang penulis drama berkebangsaan Czech, pada sebuah dramanya yang berjudul *Rossum’s Universal Robots* (1920) [6].

2.2.2 Mobile Robot

Pada dunia industri, perkembangan teknologi robotik memiliki banyak jenis robot yang digunakan, salah satunya adalah *mobile robot*. Jenis robot ini merupakan jenis yang paling populer di dalam penelitian robotik. *Mobile robot*

yang diartikan pergerakan atau gerak, diidentikan dengan ciri roda yang dapat berpindah otomatis dari satu tempat ke tempat yang lain dengan bantuan navigasi, sehingga diharapkan mampu menggantikan pekerjaan manusia [4]. Gambar 2.1 merupakan contoh bentuk dari *mobile robot* :



Gambar 2.1 Bentuk Mobile Robot

(Sumber : https://www.researchgate.net/figure/Design-of-the-mobile-robot_fig2_261281523)

2.2.3 *Internet of Things*

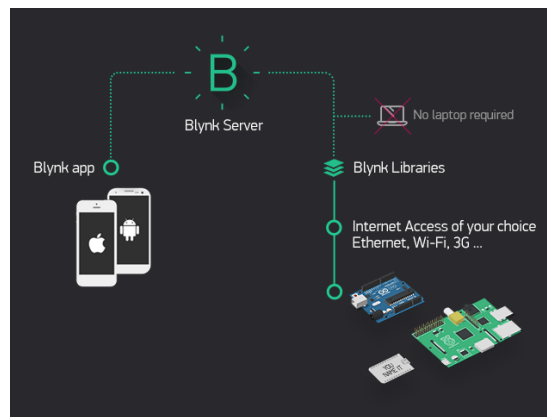
IoT (*Internet of Things*) pertama kali diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999. Meski telah diperkenalkan sejak 19 tahun yang lalu, hingga kini belum ada sebuah konsensus global mengenai definisi IoT. Namun secara umum konsep IoT diartikan sebagai sebuah kemampuan untuk menghubungkan objek-objek cerdas dan memungkinkannya untuk berinteraksi dengan objek lain, lingkungan maupun dengan peralatan komputasi cerdas lainnya melalui jaringan internet [7].

Dengan kata lain IoT merupakan suatu jaringan yang menghubungkan berbagai objek yang memiliki identitas pengenalan serta alamat IP, sehingga dapat saling berkomunikasi dan bertukar informasi mengenai dirinya maupun lingkungan yang diinderanya. IoT dalam berbagai bentuknya telah mulai diaplikasikan pada banyak aspek kehidupan manusia.

2.2.4 *Blynk*

Blynk adalah sebuah layanan server yang digunakan untuk mendukung projek IoT. Layanan server ini memiliki lingkungan *mobile user* baik android maupun iOS, yang mendukung berbagai macam *hardware* yang dapat digunakan untuk projek IoT [5].

Blynk merupakan *dashboard* digital dengan fasilitas antarmuka grafis, yang memudahkan dalam penambahan komponen *input/output* tanpa perlu kemampuan pemrograman android maupun iOS, yaitu dengan cara *drag and drop*. *Blynk* diciptakan dengan tujuan untuk kendali dan *Monitoring hardware* secara jarak jauh menggunakan komunikasi data internet [2]. Gambar 2.2 merupakan diagram prinsip kerja dari *Blynk* :



Gambar 2.2 Diagram prinsip kerja *Blynk*
(Sumber : <https://docs.blynk.cc/>)

2.2.5 Komponen utama *Blynk*

Blynk dirancang untuk Internet of Things yang dapat mengontrol perangkat keras dari jarak jauh dan dapat menampilkan data sensor, dapat menyimpan data, memvisualisasikannya, dan melakukan berbagai hal lainnya. Ada tiga komponen utama yang menyusun *platform Blynk*, yaitu :

a. *Blynk app*

Aplikasi ini memungkinkan Anda membuat antarmuka yang dibutuhkan untuk proyek yang dibutuhkan dengan berbagai widget yang disediakan.

b. *Blynk Server*

Blynk Server Bertanggung jawab atas semua komunikasi antar *smartphone* dan perangkat keras yang terhubung dengan *server*. Pengguna dapat menggunakan *Blynk Cloud* atau menjalankan *server Blynk* pribadi secara lokal yang bersifat *open source* yang dengan mudah menangani perangkat dan bahkan dapat diluncurkan di *Raspberry Pi* secara langsung.

c. Blynk Library

Dalam melakukan komunikasi dari *server blynk* ke berbagai perangkat keras dengan mudah, diperlukan *library* khusus dari *Blynk* yang mempermudah dalam menjalankan perintah dari program tanpa harus membedah *framework Blynk* secara menyeluruh.

2.2.6 Arduino Nano

Arduino merupakan sebuah platform dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Beberapa produk dari *Arduino* yaitu berupa *microcontroller*, bahasa pemrograman terkustomisasi dan *Integrated Development Environment (IDE)*. *Arduino Nano* adalah salah satu board mikrokontroler dari *Arduino* yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan *breadboard*. *Arduino Nano* diciptakan dengan basis *microcontroller ATmega328* [9].

Arduino Nano kurang lebih memiliki fungsi yang sama dengan *Arduino UNO*, tetapi dalam paket yang berbeda. *Arduino Nano* tidak menyertakan colokan DC berjenis *Barrel Jack*, dan dihubungkan ke komputer menggunakan port *USB Mini-B*. Gambar 2.3 merupakan bentuk fisik dari *Arduino Nano* :



Gambar 2.3 *Arduino Nano*

(Sumber : <https://elektrologi.iptek.web.id/arduino-nano/>)

Tabel 2.1 merupakan spesifikasi dari *Arduino Nano* :

Tabel 2.1 Spesifikasi *Arduino Nano*

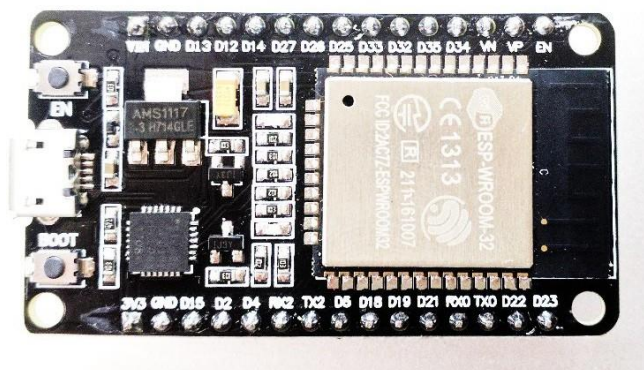
Jenis Mikrokontroler	Atmega 328
Tegangan Operasi	5 Volt
Input Voltage (disarankan)	7-12 Volt
Input Voltage (batas akhir)	6-20 Volt
Digital I/O Pin	14 (6 pin sebagai output PWM)
Analog Input Pin	6

Arus DC per pin I/O	40 Ma
Arus DC untuk pin 3.3V	50 Ma
Flash Memory	32 KB (Atmega328) 0,5 KB Untuk bootloader
SRAM	2 KB (Atmega328)
EEPROM	1 KB (Atmega328)
Clock speed	16 MHz

2.2.7 Modul ESP32

ESP32 adalah nama 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.

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 [13]. Pin tersebut dapat dijadikan input atau output untuk menyalakan LCD, lampu, bahkan untuk menggerakkan motor DC. Gambar 2.4 merupakan bentuk fisik dari Modul ESP32 :



Gambar 2.4 Modul ESP32

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

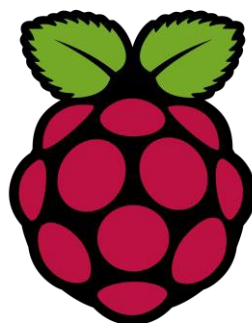
Tabel 2.2 merupakan spesifikasi dari dari Modul ESP32 :

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

2.2.8 *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 [11]. gambar 2.5 merupakan logo dari *Raspberry Pi* :



Gambar 2.5 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 penggunaannya [10].

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. Gambar 2.6 merupakan bentuk fisik dari *Raspberry Pi* :



Gambar 2.6 *Raspberry Pi*

(Sumber : <https://www.raspberrypi.com/products/>)

2.2.9 Sistem Operasi Raspbian

Merupakan sebuah sistem operasi berbasis *Linux distro Debian* yang dapat dioptimalkan untuk penggunaan komputer mini *Raspberry Pi*. Sistem operasi ini memiliki beberapa program standard dan beberapa program pembantu untuk dapat menjalankan perangkat keras dari komputer mini *Raspberry Pi*.

Dalam sistem operasi ini sudah lebih lengkap daripada sistem yang murni digunakan di komputer pada umumnya karena memiliki lebih dari 350.00 paket dan *library precompiled* yang tersaji dalam bentuk format yang mudah untuk diinstalasi pada *Raspberry Pi* [10].

2.2.10 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 2.7 merupakan bentuk fisik dari *Webcam* :



Gambar 2.7 Webcam

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

2.2.11 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik adalah sensor yang menggunakan suara ultrasonik untuk mendeteksi objek yang ada dihadapannya dan dapat digunakan menghitung jarak terhadap objek tersebut.

Gelombang suara ultrasonik hanya bisa didengar oleh makhluk tertentu seperti ikan paus dan kelelawar. Jenis sensor ultrasonik yang populer digunakan adalah HC- SR04.

Sensor ini terdiri dari rangkaian pemancar ultrasonik yang dinamakan *transmitter* dan penerima ultrasonik yang disebut sebagai *receiver*. Sementara gelombang ultrasonik sendiri adalah gelombang mekanik yang memiliki ciri-ciri *longitudinal* atau gelombang yang memiliki arah getaran yang sama dengan arah rambatan, dan biasanya memiliki frekuensi di atas 20 KHz. Gambar 2.8 merupakan bentuk fisik dari Sensor Ultrasonik HC-SR04 :



Gambar 2.8 Sensor Ultrasonik HC-SR04

(Sumber : <https://www.mouser.co.id/new/sparkfun/sparkfun-hcsr04-distance-sensor/>)

Sensor Ultrasonik HC-SR04 memiliki 4 pin yang memiliki fungsinya masing-masing, fungsi dari pin-pin tersebut adalah sebagai berikut:

- a. VCC adalah pin sumber tegangan positif sensor ultrasonik. Memiliki tegangan yang dibutuhkan sebesar 5VDC dari *power supply* untuk sensor ultrasonik ini agar sensor dapat bekerja.
- b. GND adalah pin sumber tegangan negatif sensor ultrasonik. Atau biasa disebut *ground* (0V dari *power supply*).

- c. Trig adalah pin yang digunakan untuk membangkitkan sinyal dari ultrasonik. Trig (*trigger*) atau dapat diartikan sebagai penyulut/pembangkit.
- d. Echo adalah pin yang digunakan untuk mendeteksi sinyal pantulan sensor ultrasonik.

2.2.12 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*. Motor DC adalah piranti elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak rotasi [14].

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. Kecepatan putar motor DC (N) dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$N = \frac{V_{TM} - I_A R_A}{K_{\phi}} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- V_{TM} : Tegangan terminal
- I_A : Arus jangkar motor
- R_A : Hambatan jangkar motor
- K : Konstanta motor
- ϕ : 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. Gambar 2.9 merupakan bentuk fisik dari Motor DC :



Gambar 2.9 Motor DC

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

2.2.13 Motor DC Pump

Motor DC *Pump* adalah sebuah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan (*fluida*) dari suatu tempat ke tempat lainnya melalui saluran pipa dengan menggunakan Motor DC untuk mendorong air yang dipindahkan secara terus menerus.

Disaat pengoperasiannya pompa beroperasi menggunakan prinsip membuat perbedaan disisi tekanan dan disisi bagian hisap, perbedaan tekanan tersebut dihasilkan dari sebuah mekanisme yang terjadi pada roda *impeller* yang membuat keadaan sisi hisap menjadi tidak bergerak. Perbedaan inilah yang menghisap cairan sehingga dapat berpindah dari suatu *reservoir* ketempat lain. Gambar 2.10 merupakan bentuk fisik dari Motor DC *Pump* :



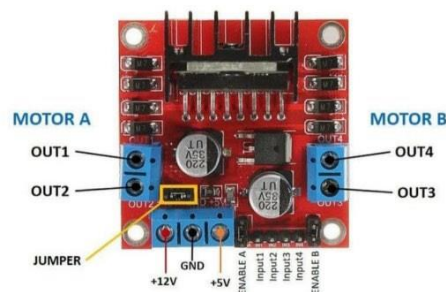
Gambar 2.10 Motor DC *Pump*

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

2.2.14 Driver L298N

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 L298N merupakan sebuah IC tipe *H-bridge* yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti *relay*, *solenoid*, *motor DC* dan *motor stepper*.

Pada IC L298N 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 L298N 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. Gambar 2.11 adalah bentuk fisik *driver motor* L298 :



Gambar 2.11 Driver Motor 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 dijumpers maka akan ke mode sumber tegangan 12
- Control Pin : Sebagai kendali perputaran dan kecepatan motor yang dihubungkan ke Mikrokontroler.

2.2.15 Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Panel surya sering kali disebut sel fotovoltaik, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai "cahaya-listrik". Sel surya atau sel PV bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi Matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan.

Jumlah penggunaan panel surya di porsi pemroduksian listrik dunia sangat kecil, tertahan oleh biaya tinggi per wattnya dibandingkan dengan bahan bakar fosil - dapat lebih tinggi sepuluh kali lipat, tergantung keadaan. Panel surya memiliki beberapa jenis yaitu panel surya monokristal (*monocrystalline*), panel surya polikristal (*polycrystalline*), dan *thin crystall*.

Tapi secara umum yang paling banyak dipergunakan adalah jenis *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Pemanfaatan panel surya saat ini mulai diperhitungkan, karena sumber energi dari sinar cahaya matahari adalah tidak terbatas dan terbarukan. Gambar 2.12 merupakan bentuk fisik dari Panel Surya:



Gambar 2.12 Panel Surya

(Sumber : <https://www.royalpv.com/produk/panel-surya-20-wp-polycrystalline/>)

Terdapat beberapa jenis dari Panel Surya, yaitu :

a. *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* :



Gambar 2.13 Panel Surya *Polycrystalline*

(Sumber :

https://www.todoensolar.com/WebRoot/StoreES/Shops/61987244/5CA5/DF1B/C9F6/AAF7/9DB9/0A0C/6D0A/D376/Panel_solar_Jimko_270W_JKM270PP-60_celulas-2.jpg)

b. *Monocrystalline*

Merupakan panel surya yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 24%. Kelemahan dari panel ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari nya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan. Gambar 2.14 merupakan bentuk fisik dari Panel Surya *Monocrystalline* :



Gambar 2.14 Panel Surya *Monocrystalline*

(Sumber : <https://cf.shopee.co.id/file/3df2bb2128aead0d6dabb22814f62f9e>)

c. Panel Surya *Amorf*

Panel Surya *Amorf* adalah tidak benar-benar kristal, tetapi lapisan tipis *silicon* diendapkan pada bahan dasar seperti logam atau gelas untuk membuat panel surya. *Amorf* paduan dari silikon dan karbon (*amorf silikon* karbida juga dihidrogenasi, a-Si 1-xC xH) adalah varian yang menarik.

Pengenalan atom karbon menambahkan ekstra derajat kebebasan untuk mengontrol sifat-sifat materi. Film ini juga bisa dibuat transparan untuk cahaya tampak. Peningkatan konsentrasi karbon dalam paduan memperlebar kesenjangan elektronik antara konduksi dan valensi band (juga disebut “gap optik” dan celah pita). Hal ini berpotensi dapat meningkatkan efisiensi cahaya dari sel surya yang dibuat dengan *amorf* karbida lapisan silikon.

Disisi lain, sifat elektronik sebagai semikonduktor (terutama mobilitas elektron), yang terpengaruhi oleh isi meningkatnya karbon dalam paduan, karena gangguan meningkat pada jaringan atom. Beberapa studi ditemukan dalam literatur ilmiah, terutama menyelidiki efek parameter deposisi pada kualitas elektronik, tetapi aplikasi praktis dari karbida silikon *amorf* pada perangkat komersial masih kurang. Gambar 2.15 merupakan bentuk fisik dari Panel Surya *Amorf* :



Gambar 2.15 Panel Surya *Amorf*

(Sumber : https://www.avancis.de/wp-content/uploads/2019/05/Avancis_Reference_PowerMax_Solarpark_002.jpg)

2.2.16 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 [17].

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.

Panel surya atau solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 – 21 Volt. Jadi tanpa *solar charge controller*, baterai akan rusak oleh *overcharging* dan ketidakstabilan tegangan, baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 – 14.7 Volt. Gambar 2.16 merupakan bentuk fisik dari *Solar Charge Controller* :



Gambar 2.16 *Solar Charge Controller*

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

2.2.17 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 melewatkan arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel [15].

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 2.17 merupakan bentuk fisik dari Baterai *LiFe-PO4* :



Gambar 2.17 Baterai *LiFe-PO4*

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

2.2.18 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.

Komponen dasar penyusun dari *Relay* terdiri dari :

a. *Coil*

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

b. *Armature*

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

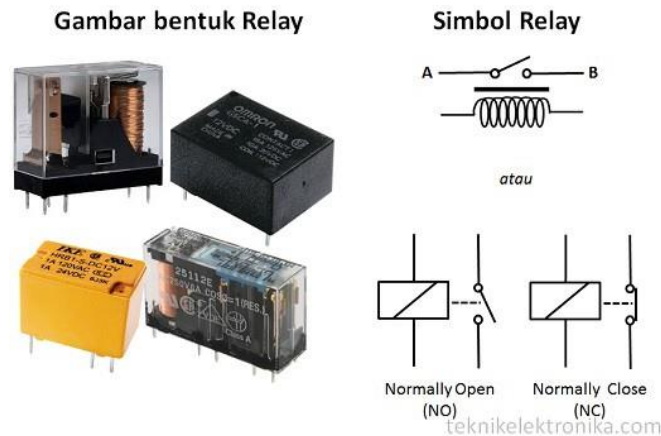
c. *Switch Contact Point* (saklar)

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

d. *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 2.18 merupakan bentuk fisik dan simbol dari *Relay* :



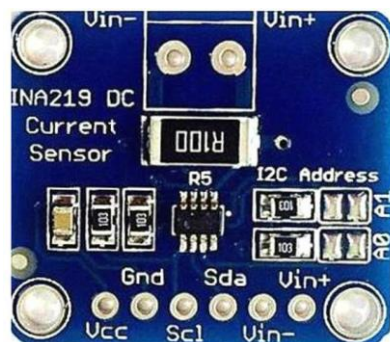
Gambar 2.18 Relay dan simbolnya

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

2.2.19 Sensor INA219

INA219 merupakan modul sensor yang dibuat oleh digunakn untuk mengukur arus dan tegangan listrik pada suatu rangkaian. INA219 didukung dengan interface I2C atau SMBUS-COMPATIBLE dimana peralatan ini mampu *meMonitoring* tegangan shunt dan suplai tegangan bus, dengan konversi program times dan filtering [16].

INA219 mampu mengukur tegangan DC hingga 26V dan dan arus DC 3,2A dengan membutuhkan sumber tegangan DC sebesar 3V atau 5V. Gambar 2.19 merupakan bentuk fisik Sensor INA219 :



Gambar 2.19 Sensor INA219

(Sumber : <https://components101.com/modules/1na219-current-sensor-module>)

2.2.20 Sensor ACS712

ACS712 merupakan suatu IC terpaket yang mana berguna sebagai sensor arus menggantikan transformator arus yang relatif besar dalam hal ukuran. Pada prinsipnya ACS712 sama dengan sensor efek *hall* lainnya yaitu dengan memanfaatkan medan magnetik disekitar arus kemudian dikonversi menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus.

Efek *Hall* adalah fenomena terdefleksinya aliran muatan pada keping logam yang diletakkan dalam medan magnet. Defleksi aliran muatan menyebabkan timbulnya beda potensial diantara sisi keping yang disebut potensial *Hall*. Nilai variabel dari sensor ini merupakan input untuk mikrokontroler yang diolah melalui kanal ADC dan nilai output tegangan yang dihasilkan memiliki karakteristik ditengah tengah tegangan referensi saat tidak ada arus yang mengalir [17]. Gambar 2.20 merupakan bentuk fisik Sensor ACS712 :



Gambar 2.20 Sensor ACS712

(Sumber : <https://www.andalanelektro.id/2018/11/karakteristik-sensor-suhu-ac-712.html>)