

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

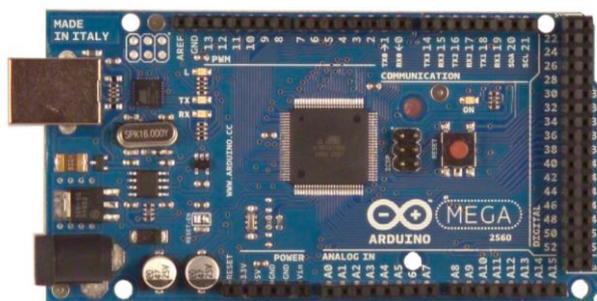
#### **2.1. Mikrokontroler**

Mikrokontroler merupakan *chip* yang berperan sebagai pengontrol rangkaian elektronik dimana prosesor, memori, dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan kontrol sistem sehingga mikrokontroler dianggap sebagai komputer mini yang dapat bekerja secara inovatif menyesuaikan sistem yang dibutuhkan. Bagian pemroses (CPU) adalah bagian utama dari suatu sistem mikrokontroler karena terdiri dari rangkaian pengontrol, register-register, dan ALU (*Arithmetic Logic Unit*). Bagian memori terdiri dari ROM (*Read Only Memory*) dan RAM (*Random Acces Memory*), dimana ROM adalah memori yang hanya dapat dibaca, sedangkan RAM adalah memori yang dapat dibaca dan ditulis secara acak. Memori berfungsi untuk menyimpan program yang akan dijalankan, data yang akan diproses, dan hasil proses. Bagian I/O (*input/output*) dari sistem mikrokontroler adalah bagian yang menghubungkan mikrokontroler dengan sistem luar. Mikrokontroler menerima data dari luar, berupa data dari sensor dan transduser melalui *port input* dan akan mengirimkan data keluar yang telah diproses melalui *port output*.

Dibanding dengan komputer, mikrokontroler lebih lambat dalam memproses data. Pada komputer kecepatan pengolahan data mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Selain itu, besarnya kapasitas memori baik ROM maupun RAM pada mikrokontroler juga lebih rendah dibanding komputer yang mana pada mikrokontroler hanya berkisar pada orde byte/Kbyte sedangkan pada komputer bisa mencapai orde Gbyte. Meskipun demikian, kemampuan mikrokontroler sudah memadai untuk dapat digunakan pada banyak aplikasi terutama karena ukurannya yang kompak. Mikrokontroler sering digunakan pada sistem yang tidak terlalu kompleks dan tidak memerlukan daya komputasi yang tinggi[1].

### 2.1.1. Arduino

Arduino merupakan *platform* elektronika berbasis *open source* yang mendasarkan pada kemudahan untuk menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak. Dari sisi perangkat keras, papan arduino mempermudah dalam pembuatan prototipe berbagai proyek elektronika yang secara idealnya tidak perlu melakukan penyolderan. Arduino mengandung mikrokontroler dan berbagai piranti pendukung seperti memori dan pin-pin yang dapat digunakan untuk keperluan menangani proses masukan maupun keluaran (I/O). Pada sisi perangkat lunak, tersedia perangkat pengembangan berupa IDE (*Integrated Development Environment*) dan bahasa pemrograman arduino, yang mirip dengan bahasa C/C++[2]. Jenis board Arduino pada umumnya dibedakan atas besarnya memori penyimpanan, jumlah pin input/output, layanan yang ditanamkan di dalam Arduino dan lain sebagainya. Pada perancangan dan pembuatan tugas akhir kali ini digunakan jenis papan Arduino Mega2560.



**Gambar 2. 1** Arduino Mega2560[3]

**Gambar 2. 1** merupakan tampilan Arduino Mega2560, Arduino Mega2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. *Board* ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (*serial port hardware*). Arduino Mega2560 dilengkapi dengan sebuah *oscillator* 16 Mhz, sebuah *port* USB, *power jack* DC, ICSP header, dan tombol reset. *Board* ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler. Spesifikasi Arduino Mega2560 dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

**Tabel 2. 1** Spesifikasi Arduino Mega2560

Komponen	Spesifikasi
Chip Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasi	5V
Tegangan Input (rekomendasi)	7-12V
Tegangan Input ( <i>Limits</i> )	6-20V
Pin Digital I/O	54 Pin (14 diantaranya menyediakan PWM)
Pin Input Analog	16 Pin
Arus DC per Pin I/O	40 mA
Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	256KB (8KB digunakan sebagai <i>bootloader</i> )
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

## 2.2. Perangkat Mini PC (Raspberry Pi)

Komputer mini adalah komputer kecil yang berfungsi seperti komputer biasa. Salah satu jenis komputer mini adalah Raspberry Pi, yang menggunakan sistem operasi standar Linux. Aplikasi standar Linux seperti LibreOffice, multimedia (audio, video, gambar), web browser, pemrograman (QT, Python, C++), database server, dan lain-lain dapat dijalankan di Raspberry Pi[4]. Raspberry Pi, sering disingkat Raspi, adalah komputer mini SBC (*single board circuit*) berukuran kartu kredit yang dapat digunakan sebagai pemutar media untuk program perkantoran, menjalankan permainan komputer, dan video beresolusi tinggi bahkan web server.



**Gambar 2. 2** Raspberry Pi[5]

Raspberry Pi merupakan modul mikrokomputer yang juga memiliki *input/output* digital, seperti papan mikrokontroler. Keunggulan Raspberry Pi dibandingkan *board* mikrokontroler lainnya adalah memiliki *port/konektor* untuk display berupa monitor TV atau PC, dan konektor USB untuk *keyboard* dan *mouse*. Penyimpanan data tidak didesain untuk menggunakan harddisk atau *solid-state drive*, melainkan mengandalkan kartu penyimpanan tipe SD untuk menjalankan sistem dan sebagai media penyimpanan jangka panjang. Pada **Gambar 2.2** memperlihatkan Raspberry Pi.

**Tabel 2. 2** Spesifikasi Raspberry Pi 3 Model B

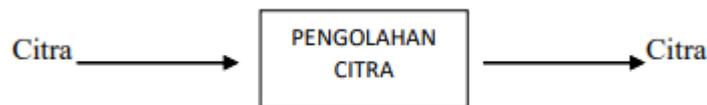
Komponen	Spesifikasi
<i>Processor Chipset</i>	Broadcom BCM2837 64 bit ARMv7
<i>GPU</i>	Videocore IV
<i>Processor Speed</i>	Quad Core @ 1.25 GHz
<i>RAM</i>	1GB SDRAM @ 400MHz
<i>Storage</i>	MicroSD
<i>USB 2.0</i>	4x USB Ports
<i>Power Draw / Voltage</i>	2.5 A @ 5V
<i>GPIO</i>	40 Pin
<i>Ethernet Port</i>	Yes
<i>Wi-Fi</i>	Built in
<i>Bluetooth LE</i>	Built in

Raspberry Pi *board* dibuat dengan 2 tipe yg berbeda yaitu Raspberry Pi tipe A dan Raspberry Pi tipe B. Perbedaannya antara lain pada RAM dan *port* LAN. Pada tipe A RAM sebesar 256 Mb dan tanpa *port* LAN (*ethernet*), sedangkan tipe B kapasitas RAM sebesar 512 Mb dan terdapat *port* untuk LAN. Pada perancangan dan pembuatan tugas akhir kali ini digunakan jenis Raspberry Pi 3 Model B. Raspberry Pi 3 telah diupgrade ke prosesor utama generasi berikutnya dan peningkatan konektivitas dengan *Bluetooth Low Energy* (BLE) serta BCM43143 *Wi-Fi* di papan. Selain itu, Raspberry Pi 3 telah meningkatkan manajemen daya, dengan *upgrade* beralih sumber daya hingga 2,5 A, untuk mendukung perangkat USB eksternal yang lebih kuat. Raspberry Pi 3 Model B menggunakan Broadcom BCM2837 dengan *system-on-chip* (SoC), prosesor ARM1176JZFS MHz, 64-bit

quad-core 1.2GHz ARMv8 CPU untuk Raspberry Pi 3, dan GPU VideoCore IV dengan RAM hingga 1GB[6]. Spesifikasi lebih jelas untuk Raspberry Pi 3 Model B dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

### 2.3. Metode Pengolahan Citra

Citra adalah istilah lain dari gambar, sebagai komponen multimedia yang memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Sekalipun citra kaya akan informasi, namun kualitas citra sering mengalami penurunan (*degraded*), seperti cacat atau *noise* pada citra, kontras warna yang terlalu tinggi, tidak tajam, atau buram. Tentu saja, jenis gambar ini menjadi lebih sulit untuk ditafsirkan karena informasi yang dikirimkan oleh gambar berkurang. Untuk membuat gambar yang terdistorsi mudah diinterpretasikan (baik manusia maupun mesin), gambar tersebut perlu dimanipulasi ke gambar lain dengan kualitas yang lebih tinggi. Bidang penelitian yang sesuai adalah pengolahan citra.



**Gambar 2. 3** Proses Pengolahan Citra[7]

Pengolahan citra adalah pemrosesan gambar dengan kualitas lebih tinggi, terutama menggunakan komputer. Pengolahan citra bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra agar mudah diinterpretasikan oleh manusia dan mesin (dalam hal ini komputer). Teknologi pemrosesan gambar mengubah suatu gambar menjadi gambar lain. Oleh karena itu, *inputnya* adalah gambar dan *outputnya* adalah gambar (**Gambar 2. 3**), tetapi gambar *output* memiliki kualitas yang lebih tinggi daripada gambar *input*.

#### 2.3.1. Color Sorter Filter

*Color sorter filtering* adalah teknik pemrosesan gambar yang digunakan untuk memanipulasi gambar berdasarkan warna tertentu. Dengan cara, membandingkan komponen warna dari setiap piksel gambar dengan warna tertentu.

Jika warnanya cocok dengan warna tertentu dalam komponen warna piksel tersebut dibiarkan saja. Namun, jika warnanya tidak sesuai dengan warna tertentu, warna komponen piksel akan berubah menjadi warna latar belakang pada umumnya hitam. Warna yang digunakan dalam *color sorter filtering* dapat direpresentasikan dalam ruang warna yang berbeda. Ada beberapa ruang warna yang terkenal seperti RGB (*red, green, blue*), HSV (*hue, saturation, value*), CMYK (*cyan, magenta, yellow, key/black*). HSV merupakan ruang warna yang sangat cocok untuk mengidentifikasi warna dasar yang digunakan dalam penelitian sebagai warna identifikasi untuk robot. Selain itu, HSV mentolerir perubahan intensitas cahaya. Ini adalah keunggulan HSV dibandingkan ruang warna lainnya.

### 2.3.2. Model Warna RGB

Warna RGB (merah, hijau, biru) adalah kombinasi dari warna *primer* yang biasa digunakan pada monitor komputer dan televisi. Warna yang dihasilkan merupakan kombinasi dari ketiga warna tersebut, masing-masing dengan 8 bit merah, 8 bit hijau, dan 8 bit biru. Pencampuran tiga *primer* dalam *rasio* seimbang menghasilkan warna abu-abu. Ketika ketiga warna ini benar-benar jenuh, warnanya menjadi putih. Jenis warna dapat dianggap sebagai vektor dalam ruang 3D yang biasa digunakan dalam matematika, dan koordinatnya diwakili oleh tiga bilangan: komponen-x, komponen-y, dan komponen-z. Misalkan vektor ditulis sebagai  $r = (x, y, z)$ .

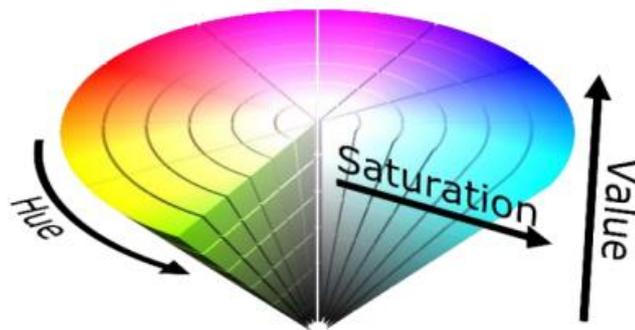
**Tabel 2. 3** Daftar Warna RGB

Warna	R (Red)	G (Green)	B (Blue)
Merah	255	0	0
Hijau	0	255	0
Biru	0	0	255
Kuning	255	255	0
Magenta	255	0	255
Cyan	0	255	255
Putih	255	255	255
Hitam	0	0	0
Abu-abu	128	128	128

Untuk warna, komponen ini digantikan oleh komponen R(merah), G(hijau), dan B(biru). Di ruangan tanpa cahaya, ruangan akan benar-benar gelap. Tidak ada sinyal gelombang cahaya yang diserap oleh mata kita atau RGB (0,0,0). Menambahkan lampu merah pada ruangan akan mengubah warna ruangan menjadi merah RGB (255,0,0), semua objek di dalam ruangan hanya ditampilkan dengan warna merah. Demikian juga apabila cahaya kita ganti dengan hijau atau biru. Daftar warna RGB dapat dilihat pada **Tabel 2. 3**.

### 2.3.3. Model Warna HSV

*Hue*(H) dipresentasikan dalam bentuk derajat dengan nilai 0-360, dengan jenis warna seperti warna merah, kuning, hijau dan seluruh ukuran jenis warna. *Saturasi*(S) merupakan keberwanaan dari suatu warna, semakin bewarna sebuah warna artinya nilai saturasinya semakin besar. Begitu juga sebaliknya. Sedangkan *value*(V) merupakan nilai kecerahan sebuah warna, warna cerah akan memiliki value yang tinggi dibandingkan warna gelap.



**Gambar 2. 4** Ruang Warna HSV[7]

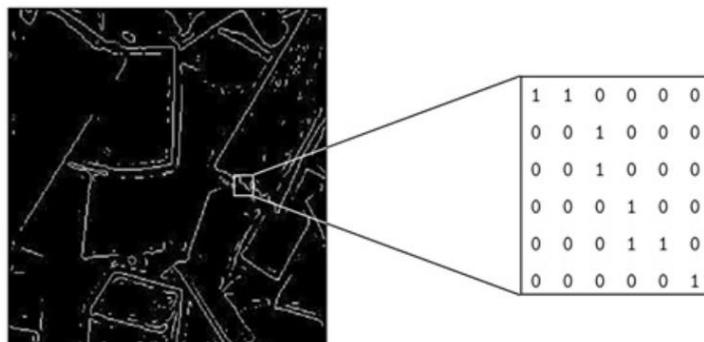
Ketika *value* bernilai sangat rendah, maka antara satu *hue* dan *hue* yang lain sulit dibedakan. Artinya, jika *value* sangat rendah maka warna sulit dikenali. Bahkan, jika nilai *value* = 0, berapa pun nilai *hue*-nya, warna yang dikenali adalah warna hitam. Artinya apapun warnanya, pada saat *value* = 0 semua warna tersebut akan terlihat hitam. Ruang warna pada warna HSV dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.

## 2.4. *Visual Image Processing*

*Image processing* adalah suatu bentuk pengolahan atau pemrosesan sinyal dengan input berupa gambar (*image*) dan ditransformasikan menjadi gambar lain sebagai keluarannya dengan teknik tertentu. *Image processing* adalah proses manipulasi dan analisa terhadap gambar yang berfungsi untuk memperbaiki kesalahan data sinyal gambar yang terjadi akibat transmisi dan selama akuisisi sinyal serta meningkatkan kualitas gambar agar mudah diinterpretasi oleh sistem penglihatan manusia. Terdapat empat tipe dasar citra digital, dalam tugas akhir ini menggunakan dua tipe dasar citra digital yaitu citra digital bertipe biner dan citra digital beripe RGB/true colour.

### 2.4.1. Citra Digital Bertipe Biner

Setiap pixel pada citra digital tipe biner, hanya memiliki dua nilai yaitu 0 dan 1. Nilai 0 menjadi representasi dari warna hitam sedangkan nilai 1 merupakan representasi dari warna putih. Karena itu setiap pixel hanya berukuran 1 bit yang membuat citra tipe biner sangat efisien dalam proses penyimpanan. **Gambar 2. 5** adalah contoh tipe citra biner, yang mana warna putih mewakili pixel tepi dan warna hitam mewakili latar belakang.

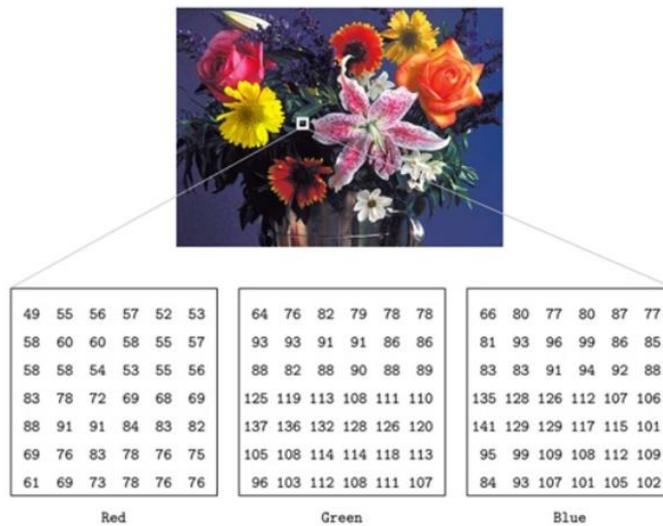


**Gambar 2. 5** Citra Digital Tipe Biner[8]

### 2.4.2. Citra Digital Bertipe RGB atau True Color

Setiap pixel pada citra digital tipe RGB, memiliki tiga komponen warna, yaitu merah(R), hijau(G) dan biru(B). Setiap komponen warna mempunyai jangkauan

nilai sebesar 256 yaitu antara 0 sampai 255 (8 bit). Artinya, setiap pixel berukuran sebesar 24 bit. Sehingga total kemungkinan warna sebanyak  $255^3$ . Hal ini yang membuat citra warna RGB disebut dengan citra warna 24 bit. **Gambar 2. 6** merupakan contoh dari citra RGB.



**Gambar 2. 6** Citra Digital Tipe RGB[8]

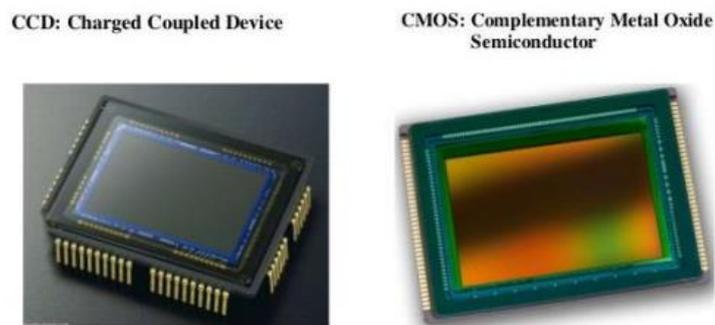
## 2.5. Sensor

Sensor merupakan indera untuk mendeteksi atau mengukur sesuatu yang digunakan sebagai pengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor terdiri atas transduser dengan atau tanpa penguat/pengolah sinyal yang terbentuk dalam satu sistem pengindra. Dalam lingkungan sistem pengendali dan robotika, sensor menaruh kecenderungan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah dan akan diolah oleh kontroler sebagai otaknya. Pada perancangan dan pembuatan tugas akhir kali ini menggunakan sensor citra sebagai pendeteksi buah stroberi dan sensor jarak untuk mengetahui jarak buah stroberi ke *end effector*.

### 2.5.1. Sensor Citra

Citra adalah gambaran yang terlihat pada cermin atau melalui lensa kamera. Umumnya kamera memiliki dua jenis sensor citra yaitu sensor CCD (*charge*

*coupled device*) dan sensor CMOS (*complimentary metal-oxide semiconductor*). Sensor citra adalah sensor yang secara umum berfungsi untuk membuat atau menangkap suatu gambar dari objek, yang kemudian akan dibiaskan melalui lensa pada sensor CCD/CMOS dan direkam serta disimpan dalam format digital. Terdapat perbedaan pembacaan nilai dari setiap sel pada gambar. Pada kamera bersensor CCD, nilai tersebut dikirimkan ke dalam sebuah chip dan sebuah konverter analog ke digital untuk mengubah setiap nilai piksel menjadi nilai digital. Sedangkan pada kamera bersensor CMOS, menggunakan kabel pada beberapa transistor dalam setiap piksel yang memperkuat dan memindahkan elektron. Pembacaan piksel pada sensor CMOS secara individual yang menyebabkan sensor CMOS lebih fleksibel[9]. **Gambar 2. 7** Merupakan tampilan sensor CCD dan sensor CMOS.

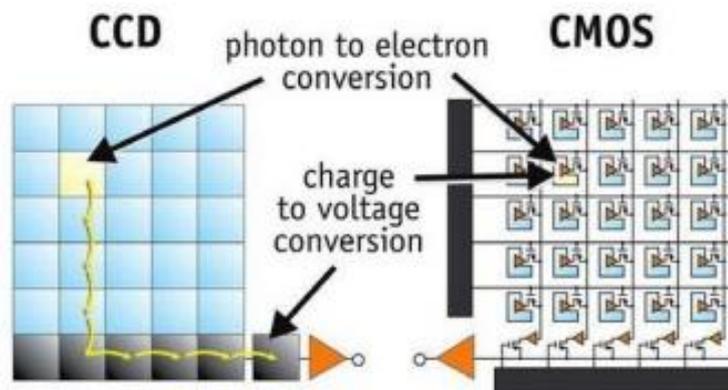


**Gambar 2. 7** Sensor CCD dan CMOS[10]

Sensor citra terdiri dari banyak sel yang tersusun dan membentuk persegi panjang. Tiap satu sel sensor tersebut merepresentasikan satu *pixel*, jadi banyaknya sel dalam satu sensor kamera sesuai dengan besarnya *pixel* gambar yang dapat dihasilkan dari kamera tersebut. Jumlah *pixel* akan menentukan kualitas gambar tetapi jika jumlah *pixel* sama maka sensor yang ukurannya lebih besar mampu menghasilkan gambar yang lebih berkualitas. Ini dikarenakan pada umumnya sensor yang berukuran lebih besar lebih peka terhadap cahaya, sehingga intensitas cahaya yang diterima akan lebih besar. Sel sensor kamera bersifat fotosensitif. Artinya, ketika terkena cahaya, sel sensor akan menghasilkan sinyal listrik berupa

tegangan yang besarnya berbanding lurus terhadap intensitas cahaya yang diterimanya. Selanjutnya sinyal tegangan yang dihasilkan akan diolah menjadi warna oleh prosesor pada sensor. Kemudian semua hasil dari seluruh sensor akan disatukan sehingga membentuk satu kesatuan yang utuh.

Perbedaan Sensor CCD dan CMOS di Kamera Digital dapat dilihat pada **Gambar 2. 8**.



**Gambar 2. 8** Sel Sensor Kamera CCD dan CMOS[10]

Sensor CCD dan CMOS mempunyai fungsi untuk mengubah cahaya menjadi elektron. Baik pada sensor CCD maupun CMOS, masing-masing sel *mentransform* cahaya dari sebagian kecil gambar yang ditangkap menjadi elektron. Sensor CCD membutuhkan proses pembuatan secara khusus untuk menciptakan kemampuan memindahkan elektron ke *chip* tanpa distorsi. Dengan kata lain, sensor CCD menjadi lebih baik kualitasnya dalam ketajaman dan sensitivitas cahaya. Sedangkan, chip sensor CMOS dibuat dengan cara yang lebih tradisional. Karena perbedaan proses pembuatan inilah yang menyebabkan ada beberapa perbedaan mendasar dari sensor CCD dan CMOS[10]:

1. Berdasarkan kualitas, sensor CCD mempunyai kualitas yang tinggi dan gambarnya low-noise. Sedangkan sensor CMOS lebih besar kemungkinan untuk noise.

2. Berdasarkan sensitivitas, CMOS lebih rendah karena setiap pixel terdapat beberapa transistor yang saling berdekatan. Hal ini menyebabkan foton lebih banyak mengenai transistor dibandingkan photodiode.
3. Berdasarkan penggunaan listrik, sensor CCD menggunakan listrik yang lebih besar, lebih kurang 100 kali lebih besar dibanding sensor CMOS.
4. Berdasarkan harga, sensor CMOS lebih murah, hal ini dikarenakan chip CMOS dapat difabrikasi dengan cara produksi mikroprosesor yang umum.
5. Berdasarkan kesiapan, sensor CCD telah diproduksi massal dalam jangka waktu yang lama sehingga lebih matang.

### 2.5.2. Sensor Jarak

Sensor jarak adalah sebuah sensor yang mampu mendeteksi keberadaan benda yang berada dalam cakupan range tanpa kontak fisik. Pada perkembangannya sensor jarak terbagi menjadi dua kelompok, yaitu sensor jarak ultrasonik dan sensor jarak infra merah. Perbedaan sensor infra merah dan sensor ultrasonik terletak pada cara kerjanya. Pada sensor ultrasonik untuk mengukur jarak sebuah objek menggunakan gelombang ultrasonik. *Transmitter* akan mengeluarkan gelombang ultrasonik yang biasanya dikeluarkan secara berkala dalam beberapa detik sekali. Sedangkan pada sensor infra merah, untuk mendeteksi sebuah objek dan mendapatkan gambaran serta jaraknya dengan menggunakan panas tertentu dari sebuah benda atau objek. Setiap suhu panas dari suatu objek akan tertangkap oleh sensor infra merah karena infra merah menggunakan radiasi panas atau radiasi termal sebagai sumber utamanya[11]. Pada perancangan dan pembuatan tugas akhir kali ini digunakan sensor jarak ultrasonik HC-SR04 (**Gambar 2. 9**).



**Gambar 2. 9** Sensor Jarak HC-SR04[12]

Sensor HC-SR04 merupakan salah satu jenis sensor jarak ultrasonik. Sensor ini memiliki dua bagian, yaitu bagian *transmitter* yang berperan untuk mengeluarkan/mengirim denyut gelombang suara dan bagian *receiver* yang berperan untuk menerima/menangkap suara. Suara tersebut berfrekuensi dalam rentang ultrasonik dengan kecepatan diatas kemampuan pendengaran manusia (340 m/s), maka suara tersebut tidak dapat didengar secara langsung oleh manusia. Sensor ini memiliki akurasi yang cukup baik dan pembacaan yang cukup stabil. Pengoperasian sensor ini tidak dipengaruhi cahaya matahari ataupun material yang berwarna gelap hanya saja dipengaruhi material akustik. Spesifikasi untuk sensor HC-SR04 dapat dilihat pada **Tabel 2.4**[12].

**Tabel 2. 4** Spesifikasi Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04

Komponen	Spesifikasi
<i>Power Supply</i>	5V DC
<i>Quiescent Current</i>	<2mA
<i>Working Current</i>	15 mA
<i>Effectual Angle</i>	15°
<i>Ranging Distance</i>	2-400 cm
<i>Resolution</i>	0.3 cm
<i>Measuring Angle</i>	30°
<i>Trigger Input Pulse Width</i>	10µs
<i>Dimenssion</i>	45mm x 20mm x 15mm
<i>Weight</i>	Approx 10g

Sensor ultrasonik menggunakan suara untuk menentukan jarak antara sensor dan objek terdekat di jalurnya. Ketika pulsa *trigger* diberikan pada sensor, sensor akan mengirim gelombang suara pada frekuensi tertentu (umumnya 40KHz) melalui *transmitter*, pada saat yang sama sensor akan menghasilkan *output* TTL transisi naik menandakan sensor mulai menghitung waktu pengukuran. Jika *receiver* telah menerima pantulan gelombang dari objek maka akan menghasilkan *output* TTL transisi turun, artinya pengukuran waktu akan dihentikan. Ilustri cara kerja sensor ultrasonik HC-SR04 dapat dilihat pada **Gambar 2. 10**. Jarak sensor dengan objek dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 2.1**.

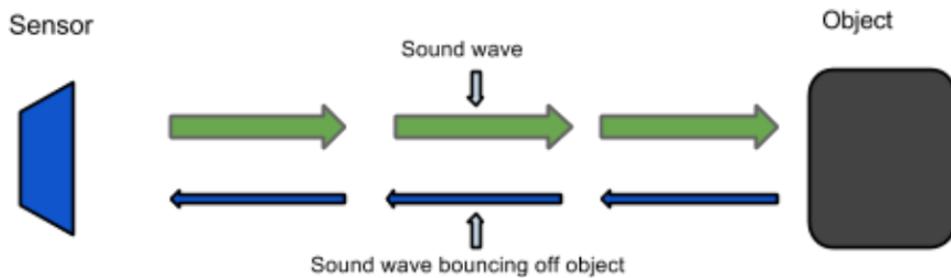
$$s = t \times \frac{v}{2} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana,

s = Jarak antara sensor dan objek (cm/m)

t = Waktu tempuh gelombang ultrasonic dari transmitter ke receiver (s)

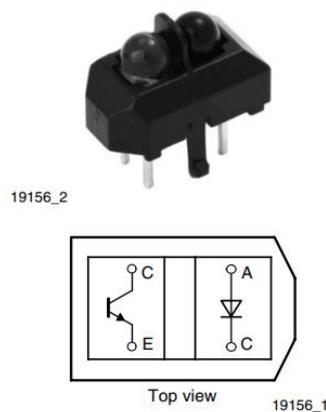
v = Kecepatan suara (340m/s)



**Gambar 2. 10** Cara kerja sensor ultrasonik HC-SR04[12]

### 2.5.3. Sensor Garis

Sensor garis merupakan sensor yang berperan mendeteksi warna baik gelap maupun terang. Warna gelap atau terang terdeteksi akibat pantulan cahaya lampu yang terdapat pada sensor, yang umumnya berupa lampu LED/IR. Jika pantulan cahaya mengenai bagian yang berwarna gelap maka pantulan cahaya akan sedikit begitu juga sebaliknya, jika pantulan cahaya mengenai bagian warna terang pantulan cahaya akan semakin banyak yang terdeteksi oleh sensor. Pada perancangan dan pembuatan tugas akhir ini digunakan sensor garis TCRT5000.



**Gambar 2. 11** Sensor Garis TCRT5000[13]

Sensor TCRT5000 menggunakan prinsip pantulan cahaya infrared untuk menentukan nilai outputnya. Ketika pantulan cahaya infrared dinilai kurang bahkan tidak ada (objek berwarna gelap/hitam), phototransistor akan dalam kondisi off dan terminal output dari modul akan memberikan logika HIGH. Pada saat terdapat pantulan cahaya yang dinilai memadai (objek berwarna terang/putih) maka intensitas cahaya yang dipantulkan dan diterima oleh phototransistor mampu untuk berada dalam kondisi on dan modul akan memberikan logika LOW dan indikator LED akan menyala. Tampilan dan spesifikasi sensor garis TCRT5000 dapat dilihat pada **Gambar 2. 11** dan **Tabel 2. 5**.

**Tabel 2. 5** Spesifikasi Sensor Garis TCRT5000

Komponen	Spesifikasi
<i>Package Type</i>	<i>Leaded</i>
<i>Detector Type</i>	Phototransistor
<i>Peak Operating Distance</i>	2.5 mm
<i>Operating Range Within &gt; 20% Relative Collector Current</i>	0.2 mm to 15mm
$I_c$	1 mA
<i>Emitter Wavelength</i>	950

## 2.6. Aktuator

Aktuator adalah perangkat yang mengubah sinyal kontrol menjadi action atau tindakan, yang umumnya adalah gerakan mekanis. Sinyal kontrol umumnya merupakan sinyal dengan level rendah, sehingga diperlukan penguat atau driver untuk meningkatkan kekuatan sinyal untuk menggerakkan aktuator. Aktuator menurut jenis penggerakannya dapat dibagi:

1. Listrik,
2. Hidrolik,
3. Pneumatik.

Pada perancangan dan pembuatan tugas akhir ini digunakan aktuator listrik berupa motor DC, motor servo dan *driver* motor.

### 2.6.1. Motor DC

Motor listrik DC/Motor DC adalah perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik/gerakan. Motor DC memiliki dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah/*Direct Current* (DC) sesuai namanya, untuk menggerakkannya. Motor DC menghasilkan sejumlah putaran/menit yang disebut RPM (*Revolutions per minute*) yang dapat membuat motor DC berputar searah ataupun berlawanan jarum jam sesuai polaritas yang diberikan. Pada umumnya kecepatan rotasi motor DC sekitar 3000 rpm hingga 8000 rpm dengan tegangan operasi sebesar 1,5V hingga 24V. Ketika motor DC diberi tegangan lebih rendah dari tegangan operasional hal ini akan memperlambat rotasi putar bahkan jika tegangan yang diberikan 50% lebih rendah dari tegangan operasional dapat menyebabkan motor DC terhenti/tidak berputar. Sebaliknya, jika tegangan yang diberikan lebih tinggi dari tegangan operasional hal ini akan mempercepat rotasi putar motor DC namun jika tegangan yang diberikan melebihi 30% dari tegangan operasionalnya akan menyebabkan motor DC menjadi panas yang akhirnya motor DC akan rusak.

Motor DC memiliki dua bagian utama berupa *stator* dan *rotor*. Pertama bagian *stator*, bagian ini merupakan bagian statis/tidak berputar pada motor DC, yang terdiri dari rangka dan kumparan medan. Kedua bagian rotor, bagian ini merupakan bagian dinamis/yang berputar dari motor DC, yang terdiri dari kumparan jangkar. Kedua bagian utama ini memiliki komponen penting, berupa *yoke* (kerangka magnet) dan *poles* (kutub motor). Pada dasarnya motor DC memanfaatkan fenomena elektromagnet untuk berputar, ketika arus listrik diberikan ke kumparan, maka permukaan kumparan yang bersifat utara akan menghadap ke magnet yang berkutub selatan, dan sebaliknya. Sehingga akan terjadi gaya tarik menarik yang menyebabkan perputaran kumparan terhenti. Agar motor DC dapat berputar kembali maka arah arus pada kumparan dibalik. Dengan demikian, kutub utara kumparan berubah menjadi kutub selatan dan sebaliknya, kutub selatan berubah menjadi kutub utara[14].

### 2.6.2. Motor Servo

Motor servo merupakan motor DC dengan sistem *close loop* di mana posisi rotor akan diinformasikan kembali pada rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Selain terdapat motor DC, pada motor servo terdapat juga serangkaian *gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut putar dari servo yang terhubung pada sistem gear. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui pin sinyal dari kabel motor servo. Pada umumnya motor servo digunakan pada robot berkaki dan robot berlengan. Motor servo dikemas dalam bentuk segi empat dengan *output shaft* motor dan terdapat 3 pin konektor yaitu *ground*, *power* dan kontrol.

Pada perancangan dan pembuatan tugas akhir ini digunakan motor servo SG90 dan motor servo MG966R. **Gambar 2. 12** merupakan tampilan motor servo SG90 sedangkan **Gambar 2. 13** merupakan tampilan motor servo MG966R. Spesifikasi masing-masing dari motor servo SG90 dan MG966R dapat dilihat pada **Tabel 2.6** dan **Tabel 2.7**.



**Gambar 2. 12** Motor Servo SG90[15]

**Tabel 2. 6** Spesifikasi Motor Servo SG960

Komponen	Spesifikasi
<i>Operating Voltage</i>	4.8 – 5V
<i>Operating Speed</i>	0.1 s/60°
<i>Stall Torque</i>	1.8kgfcm
<i>Dead Band With</i>	10μs
<i>Temperature Range</i>	0° – 55° C
<i>Dimension/Weight</i>	22.2 x 11.8 x 31 mm / 9 g



**Gambar 2. 13** Motor Srvo MG996R[16]

**Tabel 2. 7** Spesifikasi Motor Servo MG966R

Komponen	Spesifikasi
<i>Operating Voltage</i>	4.8 – 7.2V
<i>Operating Speed</i>	0.17 s/60° (4.8V), 0.14 s/60° (6V)
<i>Stall Torque</i>	9.4 kgfcm (4.8V), 11 kgfcm (6V)
<i>Dead Band With</i>	5μs
<i>Stall Current</i>	2.5 A (6V)
<i>Temperature Range</i>	0° – 55° C
<i>Dimension/Weight</i>	40.7 x 19.7 x 42.9 mm / 55 g

### 2.6.3. Driver Motor



**Gambar 2. 14** Driver IBT-2 BTS 7960 [17]

*Driver* motor yang digunakan pada perancangan dan pembuatan tugas akhir ini adalah *driver* motor IBT-2 BTS 7960. *Driver* motor IBT-2 BTS 7960 digunakan untuk mengendalikan motor dengan arus yang tinggi hingga 43 Amper. *Driver* motor ini dapat mengendalikan putaran motor berdasarkan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) yang dihasilkan oleh mikrokontroler. *Driver* motor IBT-2 BTS

7960 dapat digunakan untuk mengendalikan motor DC dengan tegangan dari 5 – 27 Volt DC. *Driver* IBT-2 BTS 7960 memiliki 8 pin yang digunakan untuk mengendalikan arah putaran dan kecepatan putaran motor yang digunakan. Tampilan *driver* motor IBT-2 BTS 7960 dapat dilihat pada **Gambar 2. 14. Tabel 2. 8** merupakan tabel nilai setiap pin driver IBT-2 BTS 7960 untuk mengendalikan motor.

**Tabel 2. 8** Tabel Nilai Pin *Driver* Motor IBT-2 BTS 7960

Pin BTS7960	Tegangan			
R_EN	<i>HIGH</i>	<i>HIGH</i>	<i>HIGH</i>	<i>HIGH</i>
L_EN	<i>HIGH</i>	<i>HIGH</i>	<i>HIGH</i>	<i>HIGH</i>
RPWM	<i>LOW</i>	<i>PWM</i>	<i>LOW</i>	<i>HIGH</i>
LPWM	<i>LOW</i>	<i>LOW</i>	<i>PWM</i>	<i>HIGH</i>
Arah putar	Berhenti	CW	CCW	BURN

## 2.7. Panel Surya

Panel surya adalah alat untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* adalah teknologi yang dirancang untuk mengubah radiasi matahari secara langsung menjadi energi listrik. Efek *photovoltaic* adalah fenomena di mana sel surya dapat menyerap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi listrik. Selain sel surya, fenomena ini juga dapat diamati dengan mengeringkan dioda dan membangkitkan arus listrik pada kedua kaki dioda. Sel surya memiliki dua macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu energi surya photovoltaic dan energi surya termal.

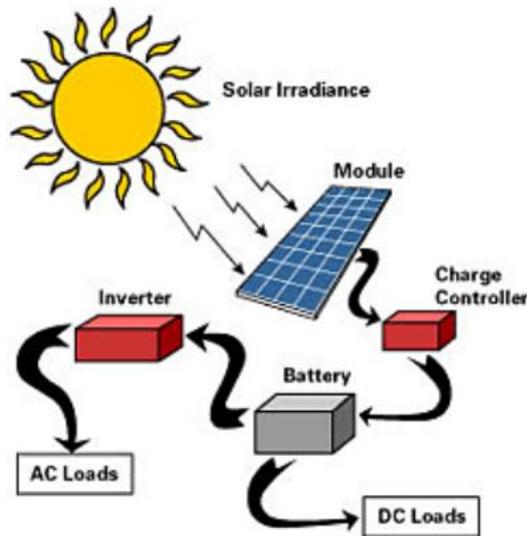
Sel surya merupakan komponen semikonduktor yang dapat menghasilkan listrik arus searah (DC) dengan memanfaatkan energi matahari. Ketika sel surya menerima foton dari suatu sumber cahaya, maka elektron akan terlepas dari struktur atomnya sehingga menjadi bebas dan bergerak di dalam bidang kristal yang akan menghasilkan arus. Panel surya memiliki beberapa jenis, secara umum jenis *monocrystalline* dan *polycrystalline* adalah jenis yang paling banyak digunakan.

Pemanfaatan panel surya saat ini mulai diperhitungkan, karena sumber energi dari sinar cahaya matahari adalah tidak terbatas dan terbarukan.

Cara kerja sel surya sama seperti piranti semikonduktor, pada saat cahaya bersentuhan dengan sel surya dan diserap oleh bahan semikonduktor akan terjadi pelepasan elektron. Perubahan sigma gaya-gaya pada bahan akan terjadi apabila elektron yang terlepas menuju bahan semikonduktor pada lapisan berbeda dan akan menghasilkan aliran medan listrik. Melalui proses *photovoltaic*, cahaya matahari yang diterima panel surya akan diubah menjadi listrik. Energi listrik yang dihasilkan dapat langsung disalurkan ke beban atau disimpan terlebih dahulu pada baterai sebelum digunakan. Ilustrasi prinsip kerja sel surya dapat dilihat pada **Gambar 2. 15**. Spesifikasi panel surya yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 2.9**.

**Tabel 2. 9** Spesifikasi Panel Surya

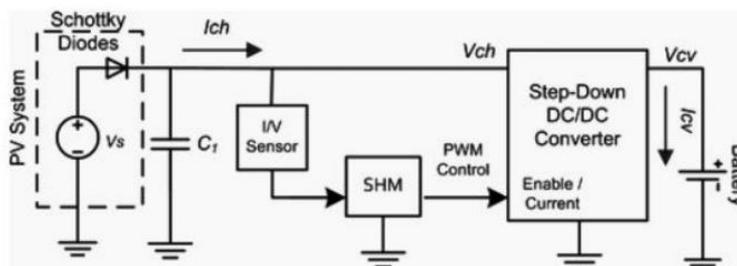
Komponen	Spesifikasi
<i>Model</i>	MS30M-36HD
<i>Rated Maximum Power(P<sub>m</sub>)</i>	30W
<i>Tolerance</i>	0 ~ +3
<i>Voltage at P<sub>max</sub>(V<sub>mp</sub>)</i>	18.4V
<i>Current at P<sub>max</sub>(V<sub>mp</sub>)</i>	2.72A
<i>Open-Circuit Current (Voc)</i>	22.6V
<i>Short-Circuit Current(I<sub>sc</sub>)</i>	2.94A
<i>Normal Operating Cell Temp(NOCT)</i>	46±2°C
<i>Maximum System Voltage</i>	1000V DC
<i>Maximum Series Fuse Rating</i>	10A
<i>Operating Temperature</i>	-40to+85°C
<i>Application Class</i>	Class A
<i>Fire Safety Class</i>	Class C
<i>Cell Technology</i>	Mono-Si
<i>Weight</i>	3.65Kg
<i>Dimension(mm)</i>	350x500x25



**Gambar 2. 15** Prinsip Kerja Sel Surya[18]

## 2.8. Solar Charge Controller (SCC)

*Solar Charge Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Sistem *charge controller* selalu digunakan pada pemanfaatan *photovoltaic* dengan dipasangkan baterai. Dengan tujuan mengoptimalkan dan memberi keamanan pada penggunaan baterai dan energi listrik. Yakni, mencegah terjadinya hubung singkat pada beban serta mencegah arus balik ke *photovoltaic* saat pengisian berlebih dari *photovoltaic* dan pemakaian berlebih oleh beban. Konsep dasar *charge controller* ditunjukkan pada **Gambar 2. 16**. *Solar charge controller* berperan mengatur kelebihan pengisian/*overcharging* dan kelebihan voltase dari panel surya/solar cel. Dengan tujuan untuk mengoptimalkan sistem dan menjaga agar masa pakai baterai dapat dimaksimalkan.



**Gambar 2. 16** Konsep Charge Controller[19]

Panel surya /solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan *output* 16 - 21 volt. Jadi tanpa *solar charge controller*, baterai akan rusak karena *over-charging* dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 volt[20]. Untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban, *solar charge controller* menerapkan sistem PWM (*Pulse Width Modulation*). Terdapat tiga pasang konektor, pertama untuk *input* daya dari solar panel, kedua *output* untuk mengisi daya baterai dan ketiga *output* menuju beban akan disuplai. Tampilan solar charge controller dapat dilihat pada **Gambar 2. 17**.



**Gambar 2. 17** Solar Charge Controller[20]

## 2.9. Baterai

Baterai adalah peralatan listrik yang berfungsi sebagai alat untuk penyimpanan energi, baterai terdiri dari 2 elektroda positif (+) dan elektroda (-) dan larutan elektrolit sebagai larutan penghantar sehingga menghasilkan energi listrik akibat proses elektrokimia yang terjadi didalamnya. Pada baterai sekunder atau *Rechargeable* memiliki 2 kondisi reaksi kimia yang berkebalikan dimana pada kondisi pertama energi kimia dalam baterai dapat dikonversikan menjadi listrik (*discharging*) kemudian pada kondisi kedua energi listrik yang dikonversikan menjadi energi kimia (*charging*). Baterai yang digunakan pada penelitian ini ialah baterai LiFePO<sub>4</sub> dan dapat dilihat pada **Gambar 2.18**.

Baterai LiFePO<sub>4</sub> adalah jenis baterai sekunder, baterai ini satu tipe dengan baterai lithium-Ion, baterai jenis ini memiliki sel voltase sebesar 3.3v/sel dengan

kerapatan energi sebesar 220Wh/L. Baterai ini memiliki reaktifitas serta termodinamika nya yang stabil. Baterai ini memiliki *life cycle* yang Panjang, kerapatan energi yang tinggi, dan high work voltage. Baterai ini juga dapat mengisi muatan dengan efisiensi yang tinggi serta hilang nya muatan pada proses *discharge* sangat kecil, serta pengisian nya yang cepat jika dibandingkan dengan jenis baterai lain, kapasitas baterai *Lihtium Iron Phosphate* (LiFePO4) lebih besar dibandingkan dengan baterai jenis lain hal tersebut dikarenakan kerapatan energi pada baterai jenis ini sangat rapat.



**Gambar 2. 18** Baterai LiFePO4[21]

### **2.10. Battery Management System (BMS)**

*Battery Management System* adalah sebuah sistem elektronik yang berfungsi untuk memamanajemen sebuah baterai isi ulang, fungsi dari BMS antara lain adalah mengatur jalan nya pengisian/pengosongan muatan pada baterai, memproteksi baterai dari kelebihan daya, penyeimbang daya, mengukur suhu baterai serta mencatat setiap data pada saat pengisian/pengosongan muatan pada baterai. Penggunaan BMS juga dapat memperpanjang *life cycle* dari sebuah baterai, dan pada umumnya BMS hanya digunakan pada baterai *lithium* hal tersebut dikarenakan baterai *lithium* mempunyai ketentuan yang lebih kompleks dari pada baterai *lead acid*.