

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tomat**

Tomat (*Solanum lycopersicum syn. Lycopersicum esculentum*) adalah salah satu sayuran buah yang banyak dikonsumsi sehari-hari oleh masyarakat yang dimanfaatkan sebagai bumbu masak maupun dikonsumsi sebagai buah langsung atau dibuat jus terlebih dahulu. Selain itu, juga sebagai bahan baku industri saus tomat, buah kalengan, bahan kosmetik dan obat-obatan. Melihat dari manfaat dan khasiat buah tomat tersebut serta sifatnya mudah rusak, maka perlu upaya untuk menjaga kualitas buah tomat melalui pasca panen yang baik (Ketut, Tantri, & Astika, 2016).

Tujuan melakukan pasca panen yang baik untuk mendapatkan buah tomat berkualitas baik agar dapat berdaya saing dan mengurangi kehilangan hasil karena rusak, serta mempertahankan umur simpan. Salah satu kegiatan yang paling penting pasca panen adalah penyortiran, karena penyortiran dapat mengurangi kerusakan yang dapat terjadi setelah panen, memperlambat pematangan dan mempertahankan kualitas serta memperpanjang waktu penyimpanan, sehingga siap dipasarkan untuk diangkut ke gudang/packinghouse. Perlakuan segera setelah panen meliputi:

- a. Lakukan sortasi awal dengan cara membuang buah tomat yang terkenan hama/penyakit, tidak utuh (rusak, busuk, cacat, dan kerusakan lainnya) dan memasukan buah tomat utuh dan sehat dalam keranjang/peti yang bersih.
- b. Isi keranjang/peti tidak boleh terlalu padat dengan tujuan untuk mengurangi terjadinya tekanan.

Ciri buah tomat berkualitas baik, antara lain: penampilan mulus, warna segar, keras, rasa segar, dan kandungan nutrisi di dalam buah tomat tidak berkurang. Jika menggunakan pengolahan citra untuk proses penyortiran maka standar yang digunakan adalah warna dari buah tomat tersebut. Penyortiran menurut warna lebih bertujuan untuk memilah tingkat kematangan buah tomat sehingga nilai buah tomat

dapat meningkat. Berdasarkan warna dari buah tomat, kematangan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Buah tomat mentah

Buah tomat yang masih berwarna hijau muda dan tidak jarang ada yang berwarna oranye muda. Buah tomat yang masih muda memiliki rasa getir dan aromanya tidak enak sebab masih mengandung zat *lycopersicin* yang berbentuk lendir. Aroma yang tidak enak tersebut akan hilang dengan sendirinya pada saat buah memasuki fase pematangan hingga matang. Buah tomat mentah dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Buah Tomat Mentah (Ketut et al., 2016)

b. Buah tomat matang



Gambar 2. 2 Buah Tomat Matang (Ketut et al., 2016)

Buah tomat yang sudah matang berwarna merah. Rasanya juga akan berubah menjadi manis agak asam yang menjadi ciri khas kelezatan buah tomat. Dalam proses pematangan buah terjadi perubahan warna dari hijau muda sedikit demi sedikit berubah menjadi kuning. Kemudian pada saat

matang optimal, warna buah tomat berubah menjadi merah cerah. Buah tomat matang dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Berdasarkan beratnya, tomat segar dapat digolongkan sebagai berikut (Badan Standarisasi Nasional, 1992) :

- a. Besar : lebih dari 100 gram /buah dengan diameter  $\geq 6$  cm
- b. Kecil : kurang dari 100 gram/buah dengan diameter  $\leq 6$  cm

## 2.2. Kamera Webcam Logitech 720p HD

Kamera *webcam logitech 720p HD* merupakan jenis kamera yang memiliki resolusi sebesar 3 MP. Kamera ini dapat dihubungkan menggunakan port USB yang ada pada PC. Pada penelitian ini kamera berfungsi sebagai sensor yang digunakan untuk mendeteksi buah tomat yang ada di konveyor. Agar kamera bisa mendeteksi buah tomat maka kamera harus diberikan program sehingga kamera dapat dikontrol sesuai dengan program yang diberikan. Pada perancangan alat ini, kamera diletakan diatas konveyer dengan ketinggian 18.5 cm. Gambar 2.3 menunjukkan gambar kamera Logitech 720p.



Gambar 2. 3 Kamera Webcam Logitech 720p (Logitech, 2019)

## 2.3. Bahasa Pemograman Python

Python dikembangkan oleh Guido van Rossum pada tahun 1990 di CWI, Amsterdam. Python merupakan bahasa pemrograman yang *freeware* atau perangkat bebas dalam arti sebenarnya, tidak ada batasan dalam penyalinannya atau mendistribusikannya. Lengkap dengan *source codenya*, *debugger* dan *profiler*,

antarmuka yang terkandung di dalamnya untuk pelayanan antarmuka, fungsi sistem, GUI (antarmuka pengguna grafis), dan basis datanya.

Python merupakan bahasa yang sangat sederhana, bahasa yang sangat mudah dipelajari sehingga dapat membuat biaya perawatan sebuah program menjadi murah. Semua source interpreter python dan tambahan library standarnya tersedia untuk digunakan oleh semua orang dan dapat diperoleh dengan gratis. Salah satunya yaitu library OpenCV. Python dapat digunakan dalam beberapa sistem operasi, seperti kebanyakan sistem UNIX, PCs (DOS, Windows, OS/2), Macintosh dan lainnya.

Terdapat fitur-fitur dalam bahasa pemrograman python antara lain:

- Memiliki tata bahasa yang mudah dipelajari
- Memiliki kepustakaan yang luas
- Dalam distribusi python telah disediakan modul-modul siap pakai untuk berbagai keperluan.
- Memiliki aturan *layout* kode sumber yang memudahkan pengecekan, pembacaan kembali dan penulisan ulang kode sumber.
- Berorientasi objek
- Memiliki sistem pengelolaan memori otomatis (*garbage collection*, seperti java)
- Modular
- Mudah dikembangkan dengan menciptakan modul-modul baru. Modul-modul tersebut dapat dibangun dengan bahasa Python maupun C/C++

#### **2.4. OpenCV (*Open Computer Vision*)**

OpenCV (*Open Computer Vision*) adalah sebuah API (*Application Programming Interface*) library yang sudah sangat familiar pada pengolahan citra *computer vision*. *Computer vision* itu sendiri adalah salah satu cabang dari bidang ilmu pengolahan citra (*Image Processing*) yang memungkinkan komputer dapat melihat seperti manusia. Dengan *computer vision* tersebut komputer dapat mengambil keputusan, melakukan aksi, dan mengenali terhadap suatu objek.

Beberapa pengimplementasian dari *computer vision* adalah *face recognition*, *face detection*, *face/object tracking*, *road tracking* dll.

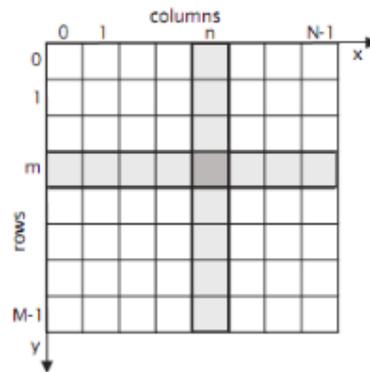
OpenCV adalah *library open source* pada *computer vision* untuk C/C++ dan bisa juga digunakan untuk *python*. OpenCV didesain untuk aplikasi *real-time*, memiliki fungsi-fungsi akuisisi yang baik untuk gambar/video. OpenCV juga menyediakan *interface* ke *Integrated Performance Primitives* (IPP) Intel sehingga bisa mengoptimasi aplikasi *computer vision* jika menggunakan *prosesor Intel*. OpenCV memiliki segudang fitur yang bisa dimanfaatkan dalam melakukan riset atau pekerjaan yang berhubungan dengan *computer vision*, antara lain:

- a. Manipulasi data citra (*allocation, copying, setting, convert*).
- b. Citra dan video I/O (*file dan based input, image/video file output*).
- c. Manipulasi matriks dan vector beserta routine-routine aljabar linear (*products, solver, eigenvalues, SVD*).
- d. Data struktur dinamis (*list, queues, sets, trees, graphs*).
- e. Pemrosesan citra fundamental (*filtering, edge detection, corner detection, sampling and interpolation, color conversion, morphological operations, histograms, image pyramids*).
- f. Analisis struktur (*connected components, contour processing, distancetransform, various moments, template matching, hough transform, polygonal approximation, line fitting, ellipse fitting, delaunay triangulation*).
- g. Kalibrasi kamera (*calibration patterns, estimasi fundamental matrix, estimasi homography, stereo correspondence*).
- h. Analisis gerakan (*optical flow, segmentation tracking*).
- i. Pengenalan objek (*eigen-method, HMM*).
- j. Graphical User Interface (*display image/video, penanganan keyboard dan mouse handling, scroll-bars*).

## 2.5. Pengolahan Citra (*Image Processing*)

Pengolahan citra digital (*Digital Image Processing*) adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari tentang teknik-teknik mengolah citra. Citra yang dimaksud

disini adalah gambar diam (foto) maupun gambar bergerak (yang berasal dari webcam). Sedangkan digital disini mempunyai maksud bahwa pengolahan citra/gambar dilakukan secara digital menggunakan komputer (Sutoyo. T, Mulyanto. Edy, Suhartono. Vincent, Dwi Nurhayati Oky, 2009).



Gambar 2. 4 Representasi citra digital dalam 2 dimensi (Jähne Bernd, 2000)

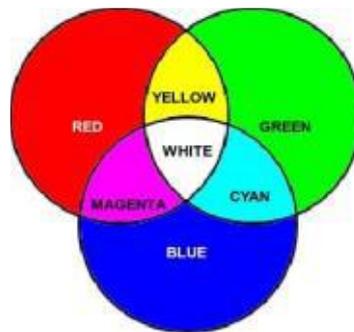
Secara matematis, citra merupakan fungsi kontinu (*continue*) dengan intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Agar dapat diolah dengan komputer digital, maka suatu citra harus dipresentasikan secara numerik dengan nilai-nilai diskrit. Reperesentasi dari fungsi kontinu menjadi nilai-nilai diskrit disebut digitalisasi citra (RD. Kusumanto, 2011). Sebuah citra digital dapat diwakili oleh sebuah matriks dua dimensi  $f(x,y)$  yang terdiri dari M kolom dan N baris seperti pada Gambar 2.4. Setiap pasangan indeks baris dan kolom dalam matrik tersebut menyatakan satu titik pada citra. Setiap titiknya memiliki nilai yang menyatakan nilai kecerahan titik tersebut. Titik-titik pada citra dinamakan sebagai elemen citra atau pixel (*picture element*). Pixel merupakan elemen terkecil dari sebuah citra.

### 2.5.1. Ruang Warna

Ruang warna (*color model*) adalah sebuah cara untuk merepresentasikan warna yang di indera manusia dalam komputasi. Ruang warna yang dapat digolongkan ke dalam dua kategori yaitu *hardware-oriented* dan *user-oriented*. Ruang warna *hardware-oriented* banyak digunakan untuk warna alat-alat. Misalnya ruang warna RGB (*red, green, blue*) biasa digunakan untuk warna *monitor* dan kamera. Ruang warna CMY (*cyan, magenta, yellow*) digunakan untuk warna

*printer* dan warna YIQ digunakan untuk penyiaran tv warna. Sedangkan ruang warna yang *user-oriented* termasuk HLS, HCV, HSV, MTM, dan CIE-LUV, didasarkan pada tiga persepsi manusia tentang warna, yaitu *hue* (keragaman warna), *saturation* (kejenuhan), dan *brightness* (kecerahan).

#### 2.5.1.1. Ruang Warna RGB



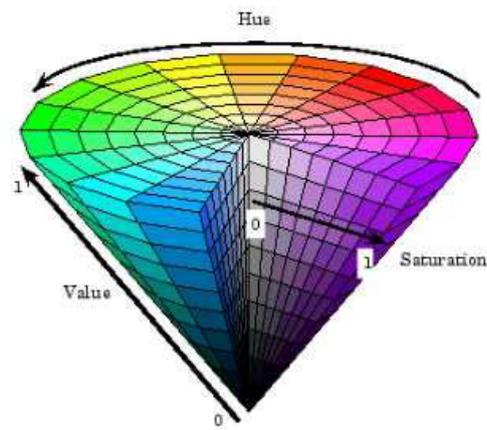
Gambar 2. 5 Ruang warna RGB (Sumarna, 2011)

Gambar 2.5 merupakan ruang warna RGB. Ruang Warna RGB adalah sebuah ruang warna aditif dimana pancaran warna *red* (merah), *green* (hijau), dan *blue* (biru) ditambahkan bersama dengan cara yang bervariasi untuk mereproduksi susunan warna yang lebar (Gonzalez, 1987). Warna aditif digunakan untuk lighting, video, dan monitor. Tujuan utama dari ruang warna RGB adalah untuk mempresentasikan ulang, dan menampilkan gambar dalam sistem elektronik, misalnya dalam televisi dan komputer.

#### 2.5.1.2. Ruang Warna HSV

HSV (*hue, saturation, value*) merupakan ruang warna yang diturunkan dari RGB. Model warna HSV mendefinisikan warna dalam terminologi *hue, saturation* dan *value*. *Hue* menyatakan warna sebenarnya, seperti merah, *violet* dan kuning. *Hue* berasosiasi dengan panjang gelombang cahaya. *Saturation* menyatakan tingkat kemurnian suatu warna, yaitu mengindikasikan seberapa banyak warna putih diberikan pada warna. *Value* adalah atribut yang menyatakan banyaknya cahaya yang diterima oleh mata tanpa memperdulikan warna. Karena model warna HSV merupakan model warna yang diturunkan dari model warna RGB maka untuk mendapatkan warna HSV ini, diperlukan proses konversi warna dari RGB ke HSV.

HSV juga merupakan ruang warna yang sangat cocok untuk mengidentifikasi warna-warna dasar, dimana warna-warna dasar ini digunakan dalam penelitian sebagai warna identifikasi robot. Selain itu, HSV mentoleransi terhadap perubahan intensitas cahaya. Inilah yang menjadi keunggulan HSV dengan ruang warna lainnya. Ruang warna HSV dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Ruang warna HSV (Sumarna, 2011)

### 2.5.2. Segmentasi Warna RGB Ke HSV

Segmentasi warna merupakan proses segmentasi dengan pendekatan daerah yang bekerja dengan menganalisis nilai warna dari tiap piksel pada citra dan membagi citra tersebut sesuai dengan fitur yang diinginkan. Segmentasi citra dengan deteksi warna HSV menggunakan dasar seleksi warna pada model warna HSV dengan nilai toleransi tertentu. Pada metode segmentasi dengan deteksi warna HSV, dilakukan pemilihan sampel *pixel* sebagai acuan warna untuk membentuk segmen yang diinginkan (Yulian, 2011).

Citra digital menggunakan model warna RGB sebagai standar acuan warna, oleh karena itu proses awal pada metode ini memerlukan konversi model warna RGB ke HSV. Untuk membentuk segmen sesuai dengan warna yang diinginkan maka ditentukan nilai toleransi pada setiap dimensi warna HSV, kemudian nilai toleransi tersebut digunakan dalam perhitungan proses *adaptive threshold*. Hasil dari proses *threshold* tersebut akan membentuk segmen area dengan warna sesuai toleransi yang diinginkan. Secara manual ruang warna RGB dapat dikonversikan

kedalam ruang warna HSV dengan melakukan perhitung terhadap nilai-nilai RGB itu sendiri dengan menggunakan rumus seperti berikut :

$$r = \frac{R}{R+G+B} \quad g = \frac{G}{R+G+B} \quad b = \frac{B}{R+G+B} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$V = \max(r, g, b) \dots\dots\dots(2.2)$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{jika } V = 0 \\ 1 - \frac{\min(r,g,b)}{V}, & V > 0 \end{cases} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$H = \begin{cases} 0, & \text{jika } S = 0 \\ \frac{60(g-b)}{SV}, & \text{jika } V = r \\ 60 \left[ 2 + \frac{b-r}{SV} \right], & \text{jika } V = g \\ 60 \left[ 4 + \frac{r-g}{SV} \right], & \text{jika } V = b \end{cases} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$H = H + 360, \text{ jika } H < 0 \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

H = *hue* (warna sebenarnya)

S = *saturation* (kemurnian warna)

V = *Value* (kecerahan)

R/r = *red* (merah)

G/g = *green* (hijau)

B/b = *blue* (biru)

### 2.5.3. *Thresholding*

*Thresholding* adalah bagian dari teknik segmentasi yang banyak digunakan untuk membedakan antara latar belakang dan objek yang ada dengan mengkonversikan nilai intensitas kedalam nilai 1 atau 0. *Thresholding* merupakan konversi citra berwarna ke citra biner yang dilakukan dengan cara mengelompokkan nilai derajat keabuan setiap *pixel* kedalam 2 kelas, hitam dan putih. Pada citra hitam putih mempunyai nilai skala antara “0” sampai dengan “255” atau [0,255], dalam hal ini nilai intensitas 0 menyatakan hitam, dan nilai

intensitas 255 menyatakan putih dan nilai antara 0 sampai 255 menyatakan warna keabuan yang terletak antara hitam dan putih. Pada operasi pengambangan, nilai intensitas *pixel* dipetakan ke salah satu dari dua nilai,  $\alpha_1$  atau  $\alpha_2$ . Rumus untuk menentukan nilai *threshold* bisa didapatkan dari persamaan sebagai berikut:

$$G(x,y) = \{ \text{bernilai } 1 \text{ jika } F(x,y) \geq T \} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$G(x,y) = \{ \text{bernilai } 0 \text{ jika } F(x,y) < T \} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

$G(x,y)$  = nilai matriks citra hasil *thresholding*

$F(x,y)$  = merupakan nilai matriks citra yang akan di-*threshold*

T = merupakan nilai *threshold* (0 – 255)

## 2.6. Sensor

Sensor adalah alat untuk mendeteksi / mengukur suatu besaran fisis berupa variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia dengan diubah menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor itu sendiri terdiri dari transduser dengan atau tanpa Penguat/pengolah sinyal yang terbentuk dalam satu sistem pengindra. Dalam lingkungan sistem pengendali dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh kontroler sebagai otaknya. Dalam memilih peralatan sensor dan transduser yang tepat dan sesuai dengan sistem yang akan disensor maka perlu diperhatikan persyaratan umum sensor berikut ini :

- Linearitas

Ada banyak sensor yang menghasilkan sinyal keluaran yang berubah secara kontinyu sebagai tanggapan (*response*) terhadap masukan yang berubah secara kontinyu.

- Sensitivitas

Sensitivitas akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur.

- Tanggapan Waktu (*time response*)

Tanggapan waktu pada sensor menunjukkan seberapa cepat tanggapannya terhadap perubahan masukan.

### 2.6.1. Sensor Proximity



Gambar 2. 7 Sensor *Proximity* (Agustin, 2011)

Gambar 2.7 merupakan gambar dari sensor *proximity*. Sensor *proximity* adalah alat pendeteksi yang bekerja berdasarkan jarak obyek terhadap sensor. Karakteristik dari sensor ini adalah mendeteksi obyek benda dengan jarak yang cukup dekat. *Proximity* sensor ini mempunyai tegangan kerja antara 10-30 Vdc dan ada juga yang menggunakan tegangan 100-200VAC. Hampir di setiap mesin-mesin produksi sekarang ini menggunakan sensor jenis ini, sebab selain praktis sensor ini termasuk sensor yang tahan terhadap benturan ataupun guncangan, selain itu mudah pada saat melakukan perawatan ataupun perbaikan penggantian.

### 2.6.2. Jenis-jenis Sensor *Proximity*

Ada beberapa jenis dari sensor *proximity* antara lain :

#### a. *Inductive Proximity*

*Inductive Proximity* berfungsi untuk mendeteksi objek logam. Prinsip kerja dari *proximity inductive* adalah apabila ada tegangan sumber maka osilator yang ada pada *proximity* akan membangkitkan medan magnet dengan frekuensi tinggi. Jika sebuah benda logam di dekatkan pada permukaan sensor maka medan magnet akan berubah. Perubahan pada osilator ini akan dideteksi sensor sebagai sinyal adanya objek. Contoh *inductive proximity* ini biasanya digunakan pada metal detector di bandara. Sensor *proximity* ini akan mendeteksi adanya objek logam walaupun tidak terlihat.

**b. *Capacitive Proximity***

Sensor *Capacitive Proximity* mampu mendeteksi objek logam maupun non logam. Prinsip kerja dari proximity capacitive adalah dengan cara mengukur perubahan kapasitansi medan listrik sebuah kapasitor yang disebabkan oleh sebuah objek yang mendekatinya. *Capacitive proximity* ini biasanya digunakan pada bumper mobil atau bagian mobil yang lainnya. Manfaat sederhananya adalah untuk memudahkan mobil parkir, karena sensor ini akan bekerja apabila mendekteksi benda-benda pada jarak tertentu sehingga mobil tidak akan menabrak benda tersebut.

**c. *Sensor Proximity Optik***

Sensor ini mendeteksi adanya objek dengan cahaya biasanya adalah infra red. Proximity optik ini terdiri dari sebuah cahaya dan penerima (*receptor*) yang mendeteksi sebuah benda dengan refleksi. Jika benda dalam jarak yang sensitif atau benda mengenai cahaya dari sensor, maka cahaya akan memantul kembali ke penerima dan mengindikasikan bahwa terdapat sebuah benda yang tertangkap sensor.

Pada penelitian yang dilakukan, sensor proximity yang dipakai adalah jenis sensor proximity optik. Jika benda telah terdeteksi maka sinyal *infra red* tersebut akan mengubah bentuk sinyal dan mengirimkan sinyal kembali ke sensor dan memberitahukan bahwa di depan sensor terdapat benda. Jarak maksimum sensor proximity yang bisa terdeteksi dinamakan dengan *nominal range*. Beberapa sensor perlu diatur untuk menentukan *nomial range*-nya.

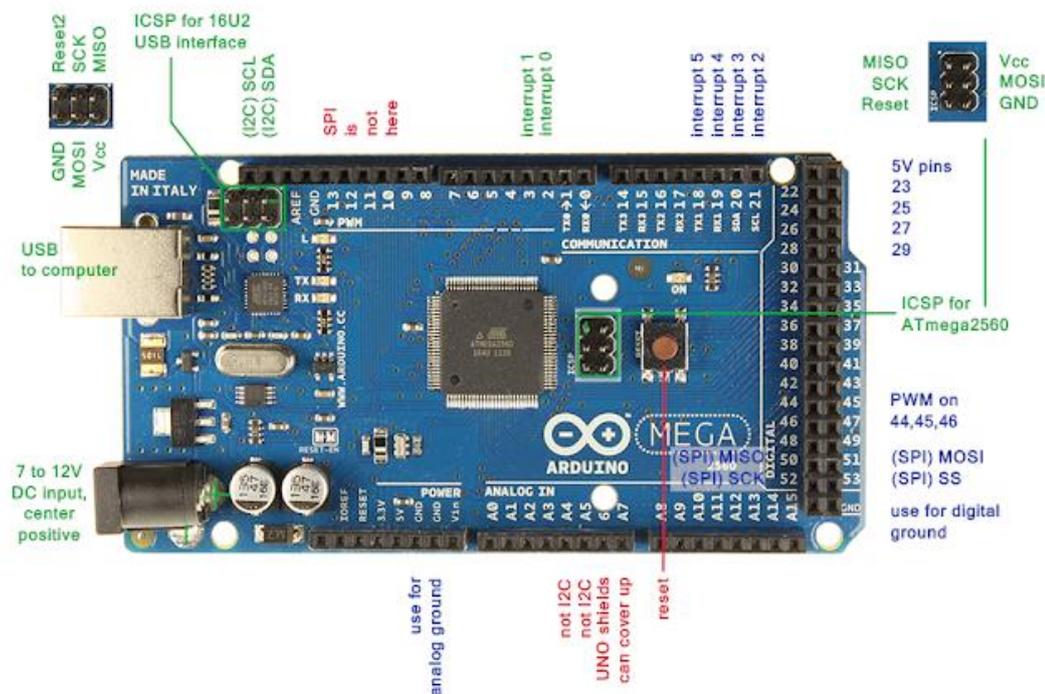
## **2.7. *Arduino***

Arduino dikatakan sebagai sebuah platform dari physical computing yang bersifat *open source*. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata “*platform*” disini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam

*memory microcontroller*. Ada banyak projek dan alat –alat yang dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah platform karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi.

Salah satu yang membuat arduino memikat hati banyak orang adalah karena sifatnya *open source*, baik untuk hardware maupun software-nya. Komponen utama didalam papan Arduino adalah sebuah microcontroller 8 bit dengan merk Atmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe Atmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan Atmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan Atmega2560 (Djuandi, 2011).

### 2.7.1. Arduino Mega 2560



Gambar 2. 8 Board Arduino Mega 2560 (Lutfi, 2017)

Gambar 2.8 merupakan gambar *board* Arduino Mega 2560. Arduino Mega 2560 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 dan 4 pin UART (serial port hardware). Arduino Mega 2560 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.

Sifat *open source* arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri untuk kita dalam menggunakan board ini, karena dengan sifat open source komponen yang kita pakai tidak hanya tergantung pada satu merek, namun memungkinkan kita bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran. Bahasa pemrograman arduino merupakan bahasa C yang sudah disederhanakan syntax bahasa pemrogramannya sehingga mempermudah kita dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler.

### 2.7.2. Arsitektur Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 terbentuk dari prosessor yang dikenal dengan Mikrokontroler ATmega 2560. Mikrokontroler ATmega 2560 memiliki beberapa fitur / spesifikasi yang menjadikannya sebagai solusi pengendali yang efektif untuk berbagai keperluan. Spesifikasi Arduino Mega 2560 ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Mega 2560 (Lutfi, 2017)

Keterangan	Spesifikasi
Chip Mikrokontroler	Atmega2560
Tegangan Operasional	5V
Tegangan Input (rekomendasi)	7-12V
Tegangan Input (limit)	6-20V
Pin Digital I/O	54 (of which 15 provide PWM output)
Pin Analog Input	16
Arus DC per Pin I/O	20 Ma
Arus DC untuk Pin 3.3 V	50 Ma
Memori Flash	256 KB of which 8 KB used by bootloader

Keterangan	Spesifikasi
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Panjang	101.52 mm
Lebar	53.3 mm
Berat	37g

### 2.7.2.1. Catu Daya

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan Catu daya Eksternal. Sumber listrik dipilih secara otomatis. Eksternal (*nonUSB*) daya dapat datang baik dari AC-DC adaptor atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan cara menghubungkannya *plug* pusat-positif 2.1 mm ke dalam *board* penghubung listrik. *Lead* dari baterai dapat dimasukkan ke dalam header pin GND dan Vin dari konektor Power.

*Board* dapat beroperasi pada pasokan daya dari 6-20 volt. Jika diberikan dengan kurang dari 7V, bagaimanapun pin 5V dapat menyuplai kurang dari 5 Volt dan board mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan bias panas dan merusak board. Rentang yang dianjurkan adalah 7-12 Volt. Pin catu daya adalah sebagai berikut :

1. VIN. Tegangan input ke papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai lawan 5 volt dari koneksi USB atau sumber daya diatur lainnya). Anda dapat menyediakan tegangan melalui pin ini, atau, jika memasok tegangan melalui colokan listrik, mengaksesnya melalui pin ini.
2. 5V. Catu daya yang diatur digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lain di papan tulis. Hal ini dapat datang baik dari VIN melalui *regulator on-board*, atau disediakan oleh USB atau suplai 5V diatur lain.
3. 3V3. Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 V. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (*on-board*). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
4. GND. *Ground pin*.

### **2.7.2.2. Input dan Output**

Masing-masing dari 54 digital pin Arduino Mega dapat digunakan sebagai input atau output menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()` dan `digitalRead()`. Arduino Mega beroperasi 5V. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal (yang terputus secara default) sebesar 20-50 kOhms.

Arduino Mega 2560 memiliki 16 pin sebagai analog input yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit yaitu 1024 nilai yang berbeda. Secara default, pin ini dapat diukur atau diatur dimulai dari ground sampai dengan 5V dan memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah menggunakan pin AREF dan fungsi `analogReference()`.

Ada beberapa pin lainnya yang tersedia, antara lain:

- AREF : Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan fungsi `analogReference()`.
- RESET : Jalur low ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada shield yang menghalangi papan utama arduino.

### **2.7.2.3. Memory**

ATmega2560 memiliki 256 KB dari memori flash untuk menyimpan kode (8 KB digunakan untuk *bootloader*), 8 KB dari SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM).

### **2.7.2.4. Komunikasi**

Arduino Mega2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega2560 menyediakan empat *UART hardware* untuk TTL (5V) komunikasi serial. Sebuah ATmega8U2 pada saluran salah satu papan atas USB dan menyediakan port com virtual untuk perangkat lunak pada komputer (mesin *Windows* akan membutuhkan file `.inf`, tapi OSX dan Linux mesin akan mengenali papan sebagai port COM secara otomatis).

Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data tekstual sederhana yang akan dikirim ke dan dari papan. The RX dan TX LED di

papan akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui ATmega8U2 Chip dan USB koneksi ke komputer (tapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1).

Sebuah perpustakaan SoftwareSerial memungkinkan untuk komunikasi serial pada setiap pin digital Mega2560 ini. ATmega 2560 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan Kawat untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C; lihat dokumentasi di website *Wiring* untuk rincian. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan SPI.

## 2.8. Conveyor



Gambar 2. 9 *Conveyor* (The Power of Industry, 2018)

Gambar *conveyor* dapat dilihat pada Gambar 2.9. Efektifitas produksi dalam industri tidak semata terpenuhi oleh adanya sistem kontrol otomatis yang sedang gencar diterapkan dalam dunia industri, penghematan waktu dan tenaga saat memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lainpun menjadi faktor pendukung efektifnya proses produksi. Hal ini dapat diatasi dengan adanya alat yang dinamakan “*conveyor*”, alat ini dirancang untuk dapat mendistribusikan barang produksi secara cepat ke tempat lain dengan pertimbangan efisiensi penggunaan energi. *Conveyor* merupakan alat pembawa barang atau sering disebut dengan ban berjalan.

*Conveyor* lazim digunakan dalam dunia industri, fungsi *conveyor* adalah sebagai sarana transportasi barang dari satu proses menuju proses lainnya. Sistem *conveyor* digunakan apabila kita ingin memindahkan suatu material dalam jumlah

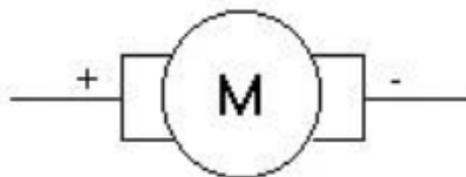
yang banyak dari satu tempat ke tempat lain yang melewati suatu jalur, dimana perpindahan material yang terjadi yaitu secara kontinyu.

## 2.9. 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.

### 2.9.1. Simbol Motor DC

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 2.10 merupakan simbol dari motor DC.



Gambar 2. 10 Simbol Motor DC

### 2.9.2. Motor DC Power Window

Motor DC (*power window*) adalah suatu motor yang mengubah energi listrik searah menjadi mekanis yang berupa tenaga penggerak torsi. Motor DC digunakan dimana control kecepatan dan kecepatan torsi diperlukan untuk memenuhi kebutuhan. Bagian DC yang paling penting adalah rotor dan stator. Bagian stator adalah badan motor, sikat-sikat dan inti kutub magnet. Bagian rotor adalah bagian yang berputar dari suatu motor DC. Yang termasuk rotor ialah lilitan jangkar,

jangkar, komutator, tali, isolator, poros, bantalan dan kipas. Jenis motor dc yang dipergunakan dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Motor DC Power Window

### 2.9.3. Motor Servo



Gambar 2. 12 Motor Servo (Suprianto, 2015)

Gambar 2.12 merupakan bentuk fisik dari motor servo. Motor servo adalah sebuah motor DC yang dapat diatur putaran sudutnya melalui program yang diberikan terhadap motor servo tersebut. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian *gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Motor servo memiliki tiga jalur kabel yaitu *power*, *ground* dan *control*.

Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak kontinyu seperti motor DC maupun motor *stepper*. Walau demikian, untuk

beberapa keperluan tertentu, motor servo dapat dimodifikasi agar bergerak kontinyu. Pada robot, motor ini sering digunakan untuk bagian kaki, lengan atau bagian-bagian lain yang mempunyai gerakan terbatas dan membutuhkan torsi cukup besar. Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya.

Ada dua jenis motor servo, yaitu motor servo AC dan DC. Motor servo AC lebih dapat menangani arus yang tinggi atau beban berat, sehingga sering diaplikasikan pada mesin-mesin industri. Sedangkan motor servo DC biasanya lebih cocok untuk digunakan pada aplikasi-aplikasi yang lebih kecil. Dan bila dibedakan menurut rotasinya, umumnya terdapat dua jenis motor servo yang terdapat di pasaran, yaitu motor servo *rotation 180°* dan servo *rotation continuous 360°*.

- a. Motor servo standard (servo *rotation 180°*) adalah jenis yang paling umum dari motor servo, dimana putaran poros *outputnya* terbatas hanya 90° kearah kanan dan 90° kearah kiri. Dengan kata lain total putarannya hanya setengah lingkaran atau 180°.
- b. Motor servo *rotation continuous 360°* merupakan jenis motor servo yang sebenarnya sama dengan jenis servo *standard*, hanya saja perputaran porosnya tanpa batasan atau dengan kata lain dapat berputar terus, baik ke arah kanan maupun kiri.

Pada penelitian ini, motor servo digunakan sebagai penggerak palang atau lengan buang. Motor servo yang dijadikan lengan buang dikendalikan oleh arduino dengan mengatur sudut – sudut sesuai dengan yang diinginkan. Terdapat empat buah motor servo yang digunakan, motor servo yang pertama digunakan untuk menggerakkan lengan buang buah tomat yang berwarna merah dan memiliki ukuran besar, motor servo yang kedua digunakan untuk menggerakkan lengan buang buah tomat yang berwarna merah dan memiliki ukuran kecil, motor servo yang ketiga digunakan untuk menggerakkan lengan buang buah tomat yang berwarna hijau dan memiliki ukuran besar, motor servo yang keempat digunakan

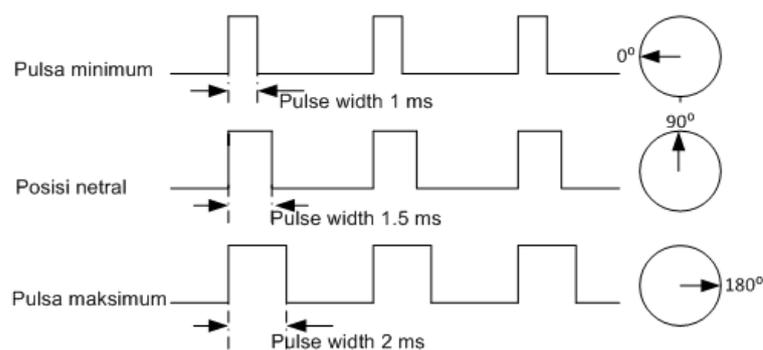
untuk menggerakkan lengan buang buah tomat yang berwarna hijau dan memiliki ukuran kecil.

Keunggulan dari penggunaan motor servo adalah:

1. Tidak bergetar dan tidak ber-resonansi saat beroperasi.
2. Daya yang dihasilkan sebanding dengan ukuran dan berat motor.
3. Penggunaan arus listrik sebanding dengan beban yang diberikan.
4. Resolusi dan akurasi dapat diubah dengan hanya mengganti encoder yang dipakai.
5. Tidak berisik saat beroperasi dengan kecepatan tinggi.

### 2.9.3.1. Prinsip Kerja Motor Servo

Motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (Pulse Wide Modulation / PWM) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor servo ke posisi sudut  $90^\circ$ . Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi  $0^\circ$  atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor servo akan berputar ke arah posisi  $180^\circ$  atau ke kanan (searah jarum jam). Lebih jelasnya perhatikan Gambar 2.13 dibawah ini.



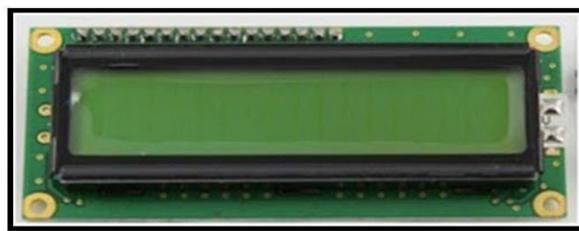
Gambar 2. 13 Pengontrolan Pulsa Motor Servo (Sigit, Husein, & Hary, 2007)

Ketika lebar pulsa kendali telah diberikan, maka poros motor servo akan bergerak atau berputar ke posisi yang telah diperintahkan, dan berhenti pada posisi tersebut dan akan tetap bertahan pada posisi tersebut. Jika ada kekuatan eksternal

yang mencoba memutar atau mengubah posisi tersebut, maka motor servo akan mencoba menahan atau melawan dengan besarnya kekuatan torsi yang dimilikinya (rating torsi servo). Namun motor servo tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal lebar pulsa kendali harus diulang setiap 20 ms (mili detik) untuk menginstruksikan agar posisi poros motor servo tetap bertahan pada posisinya.

### 2.10. LCD 16 x 2

LCD merupakan salah satu perangkat penampil yang sekarang ini mulai banyak digunakan. Penampil LCD mulai dirasakan menggantikan fungsi dari penampil CRT (*Cathode Ray Tube*), yang sudah berpuluh-puluh tahun digunakan manusia sebagai penampil gambar/text baik monokrom (hitam dan putih), maupun yang berwarna. Teknologi LCD memberikan lebih keuntungan dibandingkan dengan teknologi CRT, karena pada dasarnya, CRT adalah tabung triode yang digunakan sebelum transistor ditemukan. Beberapa keuntungan LCD dibandingkan dengan CRT adalah konsumsi daya yang relative kecil, lebih ringan, tampilan yang lebih bagus, dan (menurut penulis) ketika berlama-lama didepan monitor, monitor CRT lebih cepat memberikan kejenuhan pada mata dibandingkan dengan LCD dengan bentuk fisik pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Bentuk Fisik LCD 16X2 (Indah, 1999)

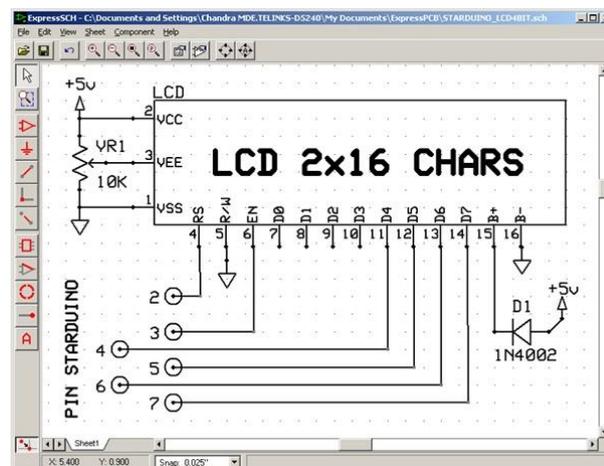
LCD memanfaatkan silikon atau galium dalam bentuk kristal cair sebagai pemendar cahaya. Pada layar LCD, setiap matrik adalah susunan dua dimensi piksel yang dibagi dalam baris dan kolom. Dengan demikian, setiap pertemuan baris dan kolom adalah sebuah LED terdapat sebuah bidang latar (*backplane*), yang merupakan lempengan kaca bagian belakang dengan sisi dalam yang

ditutupi oleh lapisan elektroda transparan. Dalam keadaan normal, cairan yang digunakan memiliki warna cerah. Daerah-daerah tertentu pada cairan akan berubah warnanya menjadi hitam ketika tegangan diterapkan antara bidang latar dan pola elektroda yang terdapat pada sisi dalam lempeng kaca bagian depan.

Keunggulan LCD adalah hanya menarik arus yang kecil (beberapa mikro ampere), sehingga alat atau sistem menjadi *portable* karena dapat menggunakan catu daya yang kecil. Keunggulan lainnya adalah tampilan yang diperlihatkan dapat dibaca dengan mudah di bawah terang sinar matahari. Di bawah sinar cahaya yang remang-remang atau dalam kondisi gelap, sebuah lampu (berupa LED) harus dipasang di belakang layar tampilan.

LCD yang digunakan adalah jenis LCD yang menampilkan data dengan 2 baris tampilan pada display. Keuntungan dari LCD ini adalah:

1. Dapat menampilkan karakter ASCII, sehingga dapat memudahkan untuk membuat program tampilan.
2. Mudah dihubungkan dengan *port I/O* karena hanya menggunakan 4 *bit* data dan 3 *bit* kontrol.
3. Ukuran modul yang proporsional.
4. Daya yang digunakan relatif sangat kecil.



Gambar 2. 15 Konfigurasi Pin LCD (Husein, 2017)

Gambar 2.15 adalah konfigurasi LCD. Operasi dasar pada LCD terdiri dari empat, yaitu instruksi mengakses proses *internal*, instruksi menulis data,

instruksi membaca kondisi sibuk dan instruksi membaca data. ROM pembangkit sebanyak 192 tipe karakter, tiap karakter dengan huruf 5x7 *dot* matrik. Kapasitas pembangkit RAM 8 tipe karakter (membaca program), maksimum pembacaan 80x8 bit tampilan data. Perintah utama LCD adalah *Display Clear*, *Cursor Home*, *Display ON/OFF*, *Cursor ON/OFF*, *Display Character Blink*, *Cursor Shift* dan *Display Shift*. Operasi dasar LCD dapat dilihat pada Tabel 2.2. Lalu konfigurasi pin LCD dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 2 Operasi Dasar LCD (Husein, 2017)

RS	RW	Operasi
0	0	Input Instruksi ke LCD
0	1	Memaca Status Flag (DB7) dan alamat counter (DB0 ke DB6)
1	0	Menulis Data
1	1	Membaca Data

Tabel 2. 3 Konfigurasi Pin LCD (Husein, 2017)

Pin No.	Nama Pin	Keterangan
1	GND	Konfigurasi Hubung
2	VCC	Ground
3	VEE	Tegangan + 5 VDC
4	RS	Ground
5	RW	Kendali RS
6	E	Baca / Tulis data
7	D0	<i>Enable</i>
8	D1	Bit 0
9	D2	Bit 1
10	D3	Bit 2
11	D4	Bit 3
12	D5	Bit 4
13	D6	Bit 5
14	D7	Bit 6
15	A	Bit 7
16	K	Anoda (+ 5VDC)

Konfigurasi biner pin LCD dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Konfigurasi Biner Pin LCD (Husein, 2017)

Pin	Bilangan Biner	Keterangan
RS	0	Inisialisasi
	1	Data
RW	0	Tulis LCD/W (Write)
	1	Baca LCD/R (Read)
E	0	Pintu Data Terbuka

Lapisan film yang berisi kristal cair diletakkan di antara dua lempeng kaca yang telah ditanami elektroda logam transparan. Saat tegangan dicatukan pada beberapa pasang elektroda, molekul-molekul kristal cair akan menyusun diri agar cahaya yang mengenainya akan dipantulkan atau diserap. Dari hasil pemantulan atau penyerapan cahaya tersebut akan terbentuk pola huruf, angka, atau gambar sesuai bagian yang diaktifkan.

LCD membutuhkan tegangan dan daya yang kecil sehingga sangat populer untuk aplikasi pada kalkulator, arloji digital, dan instrument elektronik lain seperti *Global Positioning System (GPS)*,  *bargraph display* dan multimeter digital.

LCD umumnya dikemas dalam bentuk *Dual In-line Package (DIP)* dan mempunyai kemampuan untuk menampilkan beberapa kolom dan baris dalam satu panel. Untuk membentuk pola, baik karakter ataupun gambar, pada kolom dan baris secara bersamaan digunakan metode *screening*. Metode *screening* adalah mengaktifkan daerah perpotongan suatu kolom dan suatu baris secara bergantian dan cepat sehingga seolah-olah aktif semua. Penggunaan metode ini dimaksudkan untuk menghemat jalur yang digunakan untuk mengaktifkan panel LCD.

### **2.10.1. LCD dengan I2C**

*I2C (Inter Integrated Circuit)* adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem *I2C/TWI* terdiri dari saluran *SCL (Serial Clock)* dan *SDA (Serial Data)* yang membawa informasi data antara *I2C* dengan pengontrolnya serta *pull up* resistor yang digunakan untuk transfer data antar perangkat. *I2C/TWI* juga merupakan transmisi serial setengah duplex oleh karena itu aliran data dapat diarahkan pada satu waktu. Tingkat transfer data mengacu pada sinyal *clock* pada *SCL Bus 1/16th slave* informasi data antara *I2C* dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem *I2C Bus* dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* adalah piranti yang memulai transfer data pada *I2C Bus* dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal *stop* dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamat *master*.

Untuk LCD 16x2 yang di lengkapi dengan modul I2C/TWI yang di desain untuk meminimalkan penggunaan pin pada saat menggunakan display LCD 16x2. Normalnya sebuah LCD 16x2 akan membutuhkan sekurang-kurangnya 8 pin untuk dapat diaktifkan. Namun LCD 16x2 jenis ini hanya membutuhkan 2 pin saja. Adapun spesifikasinya sebagai berikut :

- I2C Address : 0x3F
- Back lit (Blue char color)
- Supply voltage : 5 V
- Dimensi : 82x35x18mm
- Berat : 40 gram
- Interface : I2C



Gambar 2. 16 Komunikasi 4 kabel I2C (Aruma, 2017)

Pada LCD 16x2 yang dilengkapi dengan I2C/TWI sistem komunikasi hanya memerlukan 4 kabel yang dihubungkan dengan pin Arduino. Gambar 2.16 merupakan bentuk modul I2C pada LCD.