

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah upaya peneliti untuk mencari perbandingan dan selanjutnya untuk menemukan inspirasi baru untuk penelitian selanjutnya. Di samping itu, kajian terdahulu ini membantu penelitian dapat memposisikan penelitian serta menunjukkan orisinalitas dari penelitian tersebut. 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 dalam penelitian ini.

Pertama, penelitian yang dilakukan oleh M Rizky Vira Aditya (2020) dalam penelitiannya yang berjudul “ Implementasi Pengolahan Citra Digital Pendeteksi Warna Menggunakan Metode HSV Pada Robot Smart Trash Can”. Penelitian ini memanfaatkan metode radius untuk menentukan jarak minimum antara tanda yang terdapat pada masing-masing ruangan dengan robot. Penggunaan metode HSV dipilih untuk mempermudah pendeteksian warna dalam berbagai kondisi baik dengan intensitas cahaya yang rendah maupun yang tinggi. Dalam penelitian ini, digunakan pengoperasian Raspberry Pi yang dilengkapi dengan penangkap citra Webcam Logitech 270D untuk mengenali objek dalam bentuk dan warna yang berbeda. Hasil dari penelitian ini adalah nilai tegangan yang diukur dengan membandingkan hasil perhitungan yang didapatkan dari perhitungan duty cycle dan hasil pengukuran yang diukur menggunakan multimeter. Persamaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek yang diteliti sama sama Robot Sampah Pintar Sedangkan perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:
2. Metode yang digunakan pada penelitian terdahulu adalah Metode HSV, sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode Object Tracking.
3. Penangkap gambar objek pada penelitian sebelumnya menggunakan Citra Webcam Logitech 270D, sedangkan penelitian ini menggunakan Sensor Huskylens.

4. Pada penelitian terdahulu, robot hanya dapat bergerak dari satu tempat ke tempat yang telah terprogram. Sedangkan pada penelitian ini, robot dapat bergerak mengikuti penggunaanya kemana saja.

Kedua, penelitian yang dilakukan oleh Qodri Maulana (2020) dalam penelitiannya yang berjudul “Kendali Sistem Gerak Smart Trash Robot Berbasis Artificial Intelligence Menggunakan Metode Fuzzy Logic”. Penelitian ini memanfaatkan metode Fuzzy Logic, dimana robot ini dapat bermanuver secara otomatis berdasarkan keputusan sesuai dengan peraturan program yang sudah diberikan. Sistem gerak dalam penelitian ini menggunakan sensor warna dan kompas. Hasil dari penelitian ini adalah nilai error sebesar 1.62% dari hasil yang semestinya pada pengukuran motor DC yang diakibatkan dari mekanik penempatan motor yang sudah longgar dan supply yang dialirkan pada motor tidak sesuai dengan tengangan referensinya. Namun error pada pengujian ini masih dibatas toleransi, sehingga pergerakan robot masih sesuai dengan apa yang diharapkan.

Persamaan penelitian sebelum nya dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek yang diteliti sama sama Robot Sampah Pintar.
2. Sama - sama dilengkapi dengan kecerdasan buatan Artificial Intelligence (AI).
3. Sama - sama sudah dikembangkan agar dapat menghindari benda yang ada didepannya.

Sedangkan perbedaan penelitian sebelum nya dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan pada penelitian terdahulu adalah Metode Fuzzy Logic, sedangkan pada penelitian ini menggunakan metode Object Tracking.
2. Penangkap gambar objek pada penelitian sebelumnya menggunakan sensor warna dan kompas, sedangkan penelitian ini menggunakan Sensor Huskylens.
3. Pada penelitian terdahulu, robot hanya dapat bergerak dari satu tempat ke tempat yang telah terprogram. Sedangkan pada penelitian ini, robot dapat bergerak mengikuti penggunaanya kemana saja.

2.2 Sensor

Sensor adalah komponen yang digunakan untuk mendeteksi suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu [3]. Sensor sangat berperan penting dalam dunia robotika yang berfungsi sebagai input navigasi suatu robot, adapun jenis jenis sensor yaitu: sensor suara, sensor cahaya, sensor tekanan, sensor api, sensor suhu, sensor kelembapan, sensor jarak dan sensor magnet.

2.2.1 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu di depannya, frekuensi kerjanya pada daerah di atas gelombang suara dari 40 KHz hingga 400 KHz [4].



Gambar 2. 1 Sensor Ultrasonik [4]

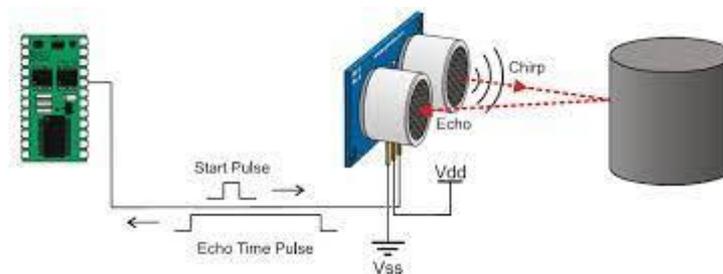
Gambar 2.1 adalah sensor Ping Parallax. Sensor ini sering digunakan pada beberapa penelitian khususnya pada bidang robotika. Sensor ini mampu mengukur jarak dari 3 cm hingga 4 meter sehingga sensor ini digunakan pada penelitian ini. Sensor ultrasonic terdiri dari dari dua unit, yaitu unit pemancar dan unit penerima. Struktur unit pemancar dan penerima sangatlah sederhana, sebuah kristal *piezoelectric* dihubungkan dengan mekanik jangkar dan hanya dihubungkan dengan diafragma penggetar. Tegangan bolak - balik yang memiliki frekuensi kerja 40 KHz – 400 KHz diberikan pada plat logam.

Sensor ping mendeteksi jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (40 KHz) selama $t = 200$ us kemudian mendeteksi pantulannya. Sensor ping memancarkan gelombang ultrasonik sesuai

dengan kontrol dari mikrokontroller pengendali (pulsa trigger dengan tout min 2 μ s). Spesifikasi sensor ini :

- Kisaran pengukuran 3 cm – 4 m.
- Input Trigger – Positive TTL Pulse*, 2 μ s min, 5 μ s tipikal.
- Echo Hold off* 750 μ s dari *Fall Of Trigger Pulse*.
- Delay* sebelum pengukuran selanjutnya 200 μ s.
- Burst Indicator* LED menampilkan aktifitas sensor.

Pada dasarnya, Sensor ultrasonik terdiri dari sebuah *chip* pembangkit sinyal 40 KHz, sebuah speaker ultrasonik dan sebuah mikropon ultrasonik. Speaker ultrasonik mengubah sinyal 40 KHz menjadi suara sementara mikropon ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi pantulan suaranya. Sensor ping mendeteksi jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (40 kHz) selama (200 μ s) kemudian mendeteksi pantulannya. Sensor ping memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan kontrol dari mikrokontroler pengendali (*Trigger Pulse* dengan TOUT min 2 μ s). Prinsip kerja sensor ping dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik [4]

Prinsip kerja sensor ini adalah transmitter mengirimkan sebuah gelombang ultrasonik lalu diukur dengan waktu yang dibutuhkan hingga datangnya pantulan dari objek lamanya waktu ini sebanding dengan dua kali jarak sensor dengan objek, dimana kecepatan gelombang suara pada udara adalah 340 m/s sama dengan 0.034 cm/us, sehingga jarak sensor dengan objek dapat ditentukan persamaan sebagai berikut :

$$S = \frac{0.034 \times t}{2} \quad (2.1)$$

Keterangan :

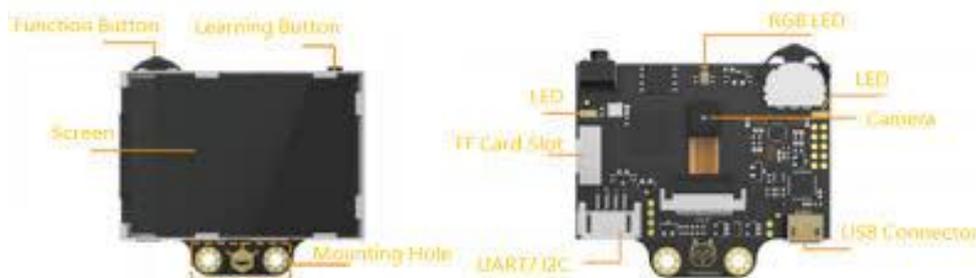
s = jarak (cm)

t = waktu tempuh (us)

Gelombang ultrasonik ini melalui udara dengan kecepatan 344 meter per detik, mengenai objek dan memantul kembali ke sensor. PING mengeluarkan pulsa output high pada pin SIG setelah memancarkan gelombang ultrasonik dan setelah gelombang pantulan terdeteksi PING akan membuat *Output Low* pada pin SIG. Lebar pulsa *High* (tIN) akan sesuai dengan lama waktu tempuh gelombang ultrasonik untuk 2 x jarak ukur dengan objek.

2.2.2 Huskylens AI-Vision Sensor

HuskyLens adalah *Vision Sensor* menggunakan AI yang dikembangkan oleh DFRobot. Ini dirancang untuk menawarkan solusi yang ramah pengguna dan serbaguna untuk berbagai aplikasi, termasuk robotika, otomasi, dan proyek AI. HuskyLens menggabungkan perangkat keras kamera dengan algoritma AI untuk memungkinkan pengenalan objek, pelacakan garis, dan kemampuan deteksi wajah secara *real-time*.



Gambar 2. 3 Huskylens AI- Vision Sensor

Salah satu keunggulan utama HuskyLens adalah kemudahan integrasinya dengan berbagai platform. Itu dapat dihubungkan ke perangkat populer seperti *Arduino*, *Raspberry Pi*, atau mikrokontroler lainnya,

membuatnya dapat diakses oleh pengembang dengan berbagai tingkat keahlian.

Sensor Vision menggunakan kombinasi teknik *vision* komputer, pembelajaran mesin, dan kecerdasan buatan untuk memproses informasi visual dan membuat keputusan cerdas. Meskipun detail pasti dari algoritme dan metode dasar yang digunakan di HuskyLens bersifat eksklusif dan tidak diungkapkan secara terbuka, kemungkinan DFRobot telah merancang algoritma khusus yang disesuaikan dengan kemampuan dan sumber daya perangkat keras perangkat.[5] Prinsip kerja sensor ini dijelaskan sebagai berikut:

a. Pengambilan Gambar

HuskyLens mengambil gambar menggunakan kamera terintegrasi yang dimilikinya.

b. Pra-pemrosesan

Gambar yang telah diambil akan mengalami pra-pemrosesan untuk meningkatkan kualitas dan mengurangi *noise*. Langkah ini bisa mencakup penyesuaian ukuran gambar, konversi ke citra grayscale, atau penerapan filter untuk meningkatkan visibilitas objek.

c. Pengekstrakan Fitur

Teknik penglihatan komputer digunakan untuk mengekstrak fitur-fitur relevan dari gambar yang telah diproses sebelumnya. Fitur-fitur ini dapat mencakup tepi, sudut, warna, tekstur, atau karakteristik visual lainnya yang dapat membantu membedakan objek.

d. Pengenalan Objek

Fitur-fitur yang diekstrak akan dibandingkan dengan pola atau model yang telah dilatih sebelumnya. Pola-pola ini mewakili objek-objek yang dikenali oleh sistem selama tahap pelatihan. Perbandingan tersebut digunakan untuk mengidentifikasi objek dalam gambar.

e. Deteksi Garis

Dalam mode pelacakan garis, HuskyLens mencari garis atau jalur dalam gambar. Ini dapat mencakup deteksi tepi atau algoritma deteksi garis lainnya untuk menemukan dan melacak posisi dan orientasi garis.

f. Deteksi Wajah

Jika deteksi wajah diaktifkan, HuskyLens akan mencari wajah dalam gambar. Algoritma deteksi wajah, seperti Haar cascades, dapat digunakan untuk mendeteksi fitur-fitur wajah.

g. Pembuatan Keputusan

Berdasarkan hasil pengenalan objek, pelacakan garis, dan deteksi wajah, HuskyLens membuat keputusan yang cerdas. Keputusan ini dapat memicu tindakan atau respons tertentu berdasarkan objek atau pola yang terdeteksi.

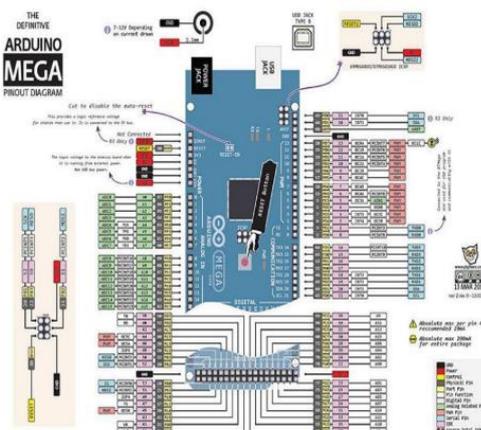
h. Umpan Balik dan Interaksi

HuskyLens memberikan umpan balik kepada pengguna atau sistem dengan mengirimkan informasi yang relevan, seperti ID objek, koordinat, atau wajah yang terdeteksi. Informasi ini dapat digunakan untuk mengendalikan robot, sistem otomasi, atau proyek lain yang menggunakan HuskyLens.

i. Operasi Berkelanjutan

Setelah menyelesaikan satu siklus pengambilan gambar, pemrosesan, dan pembuatan keputusan, HuskyLens terus beroperasi dalam lingkaran berulang. Ia terus-menerus mengambil dan memproses gambar, merespons perubahan di lingkungan atau objek dalam bidang pandangnya.

2.3 Arduino Mega 2560



Gambar 2. 4 *Overview Arduino Mega 2560* [5]

Pada **Gambar 2.4** merupakan *Overview* dari *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, 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. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, tinggal menghubungkan power dari USB ke PC atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC [6]

2.3.1 Spesifikasi *Arduino Mega 2560*

Spesifikasi *Arduino Mega 2560* untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 2. 1**.

Tabel 2. 1 Spesifikasi *Arduino Mega 2560*

<i>Arduino Mega 2560</i>	Parameter
Tegangan Operasi	5V
Tegangan Input	7 – 12V
Jumlah Pin I/O Digital	54
Jumlah Pin I/O Analog	16
Arus DC pada Pin I/O	40mA
Arus DC pada Pin 3,3V	50mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB
Sram	8 KB
EEPROM	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 Mhz
<i>USB Connector</i>	Tipe B

2.3.2 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 [3]. 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 6-20volt. 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 :

- a. 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.
- b. 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.
- c. 3V3. Sebuah pasokan 3,3 volt yang dihasilkan oleh *Regulator On-Board*. menarik arus maksimum adalah 50 mA.
- d. GND. *Ground Pins*.

2.3.3 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) [6].

2.3.4 Input dan Output

Masing-masing dari 54 pin digital pada Mega dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan *Pinmode ()*, *Digitalwrite ()*, dan *Digitalread ()* fungsi. Mereka beroperasi di 5 volt [3]. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki *Resistor Pull-Up Internal* yang (terputus secara default) dari 20- 50 KOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- a. Serial : 0 (RX) dan 1 (TX), Serial 1: 19 (RX) dan 18 (TX), Serial 2: 17 (RX) dan 16 (TX), Serial 3: 15 (RX) dan 14 (TX). Digunakan untuk menerima

(RX) dan mengirimkan data serial (TX) TTL. Pin 0 dan 1 juga terhubung ke pin dari ATmega8U2 USB-to-TTL *Chip Serial*.

- b. Interupsi Eksternal : 2 (menggangu 0), 3 (menggangu 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), dan 21 (interrupt 2). Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interupsi pada nilai yang rendah, tepi naik atau jatuh, atau perubahan nilai. Lihat *Attach Interrupt ()* fungsi untuk rincian.
- c. PWM : 0 13. Memberikan *Output* PWM 8-bit dengan fungsi *analog Write()*.
- d. SPI : 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI. Pin SPI juga pecah pada *Header ICSP*, yang secara fisik kompatibel dengan Uno, Duemilanove dan Diecimila.
- e. LED : 13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin tinggi nilai, LED menyala, ketika pin rendah, itu off.
- f. I2C : 20 (SDA) dan 21 (SCL). Dukungan I2C (TWI) komunikasi menggunakan perpustakaan kawat (dokumentasi di website *Wiring*). Perhatikan bahwa pin ini tidak di lokasi yang sama dengan pin I2C pada Duemilanove atau Diecimila.

Arduino Mega 2560 memiliki 16 input analog, yang masing-masing menyediakan 10 bit resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default mereka mengukur dari tanah ke 5 volt, untuk mengubah batas atas dari kisaran mereka menggunakan pin AREF dan fungsi *analog Reference*. AREF.

Tegangan referensi untuk input analog. Digunakan dengan *analog Reference*. Reset. Bawa garis LOW ini untuk mereset mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset untuk perisai yang menghalangi satu di papan tulis.

2.3.5 Komunikasi

Arduino Mega 2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, *Arduino* lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega2560 menyediakan empat UART *Hardware* untuk TTL (5V) komunikasi serial [3]. 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 *Software Serial* memungkinkan untuk komunikasi serial pada setiap pin digital Mega2560 ini. ATmega 2560 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak *Arduino* termasuk perpustakaan untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C; lihat dokumentasi di website *Wiring* untuk rincian. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan SPI.

2.4 Metode *Object Tracking Yolo V5*

YOLO (*You Only Look Once*) V5 adalah model deteksi objek yang dibangun berdasarkan keluarga algoritma YOLO. Model ini dikembangkan oleh tim Glenn Jocher dan Ultralytics sebagai proyek sumber terbuka independen. YOLO v5 bertujuan untuk menjadi lebih sederhana, lebih cepat, dan lebih akurat dibandingkan versi YOLO sebelumnya, sambil menyediakan implementasi yang mudah digunakan. Berikut adalah ringkasan YOLO V5 dan Fitur utama nya:

a. **Deteksi Objek Satu Tahap**

Seperti pendahulunya, YOLO V5 adalah model deteksi objek satu tahap. Ini berarti bahwa model ini melakukan lokalisasi (mengidentifikasi kotak pembatas objek) dan klasifikasi (menetapkan label kelas ke objek-objek tersebut) dalam satu kali iterasi melalui jaringan saraf.

b. **Arsitektur**

YOLO V5 memperkenalkan arsitektur khusus yang didasarkan pada CSPDarknet53, variasi dari jaringan saraf Darknet. Arsitektur ini dirancang

untuk ringan dan efisien, sehingga model ini lebih cepat dan lebih mudah dilatih dibandingkan dengan versi YOLO sebelumnya.

c. Backbone

CSPDarknet53 adalah "backbone" dari YOLO V5 yang membantu mengekstraksi fitur dari gambar input.

d. Sederhana dan Fleksibel

YOLO V5 bertujuan untuk menjadi sederhana dan mudah digunakan. Ini menyediakan kode basis yang bersih, sehingga lebih mudah diakses oleh peneliti dan pengembang. Model ini juga memungkinkan untuk disesuaikan dan diadaptasi dengan berbagai tugas deteksi objek.

e. Akurasi yang Lebih Baik

YOLO V5 mengklaim mencapai akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan versi YOLO sebelumnya, sambil tetap mempertahankan kecepatan inferensi waktu nyata atau mendekati waktu nyata, tergantung pada perangkat keras yang digunakan.

f. Pelatihan yang Efisien

Model ini dirancang untuk pelatihan yang efisien di berbagai konfigurasi perangkat keras, termasuk GPU dan TPU. Ia mendukung pelatihan presisi campuran, yang dapat secara signifikan mempercepat waktu pelatihan.

g. Proyek Berbasis Komunitas

YOLO V5 adalah proyek sumber terbuka, dan pengembangannya didorong oleh komunitas. Kode sumber tersedia di GitHub, di mana pengguna dapat berkontribusi, melaporkan masalah, dan berpartisipasi dalam pengembangan berkelanjutan.

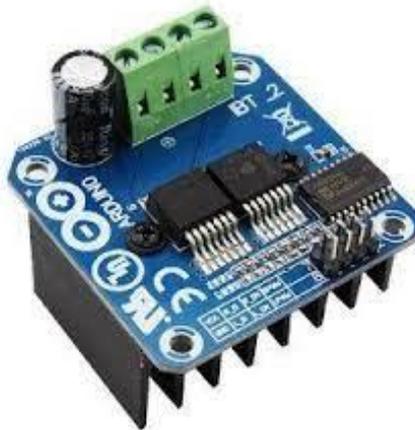
h. Deteksi pada Skala Berbeda

YOLO V5 menggunakan skala piramida fitur untuk melakukan deteksi objek pada skala yang berbeda dalam gambar, meningkatkan kemampuannya untuk mendeteksi objek-objek dengan ukuran beragam.

i. Augmentasi Data

YOLO V5 mencakup berbagai teknik augmentasi data selama pelatihan, seperti perubahan ukuran acak, *flipping*, dan *jittering* warna, yang membantu meningkatkan generalisasi dan ketangguhan model.

2.5 Driver Motor BTS 7960



Gambar 2. 5 *Driver Motor* BTS 7960

Gambar 2.5 merupakan BTS7960 *Driver* 43A *H-Bridge Drive*. Pada *Driver Motor* DC ini dapat mengeluarkan arus hingga 43A, dengan memiliki fungsi PWM [7]. Tegangan sumber DC yang dapat diberikan antara 5.5V- 27VDC, sedangkan tegangan input level antara 3.3V-5VDC, *Driver Motor* ini menggunakan rangkaian *Full H-Bridge* dengan IC BTS7960 dengan perlindungan saat terjadi panas dan arus berlebihan. IBT-2 adalah jembatan H arus tinggi yang terintegrasi penuh untuk aplikasi penggerak motor dengan menggunakan jembatan tengah arus infineon BTS7960 saat ini.

BTS7960 adalah bagian dari keluarga Novalithic™ yang berisi satu MOSFET sisi atas p-channel dan satu MOSFET sisi-channel rendah dengan IC driver terintegrasi dalam satu paket. Karena saklar sisi-saluran yang tinggi, kebutuhan akan pompa muatan dihilangkan sehingga meminimalkan EMI. Antarmuka ke pengontrol mikro dibuat mudah oleh IC penggerak terpadu yang menampilkan input tingkat logika, diagnosis dengan pengertian saat ini, penyesuaian laju perubahan tegangan, pembangkitan waktu mati dan perlindungan terhadap suhu di atas, di atas voltase, di bawah tegangan, arus lebih dan arus pendek.

IBT-2 menyediakan solusi optimal untuk drive motor PWM arus tinggi yang dilindungi dengan konsumsi ruang board yang sangat rendah.. Pin konfigurasi dari penggunaan *Driver 43A H-Bridge Drive PWM* ini dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.

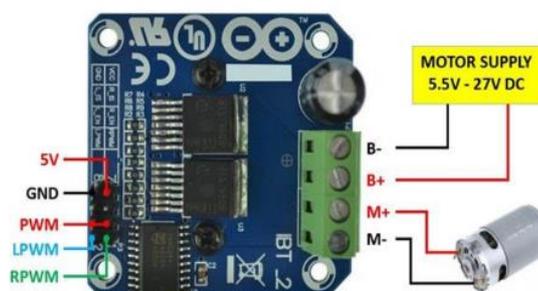
1	2	1, RPWM	: Forward level or PWM signal input, active high
2	3	2, LPWM	: Inversion level or PWM signal input, active high
3	4	3, R_EN	: Forward drive enable input , high enable , low close
4	5	4, L_EN	: Reverse drive enable input , high enable , low close
5	6	5, R_IS	: Forward drive -side current alarm output
6	7	6, L_IS	: Reverse drive -side current alarm output
7	8	7, VCC	: +5 V power input, connected to the microcontroller 5V power supply
		8, GND	: Signal common ground terminal

Gambar 2. 6 Pin Konfigurasi BTS7960 *Driver 43A H-Bridge Drive PWM* [7]

Tabel 2. 2 Logika Pemrograman *Driver Motor BTS7960*

No	PWM Driver Motor	LPWM	RPWM	Keterangan
1	1-255	LOW	HIGH	Searah Jarum Jam (CW)
2	1-255	HIGH	LOW	Berlawanan Jarum Jam (CCW)
3	1-255	LOW	LOW	Stop
4	1-255	HIGH	HIGH	Burn

Pada **Tabel 2.2** merupakan tabel logika pemrograman *Driver BTS7960*. *Driver motor* ini apabila pada pin LPWM dan RPWM di beri logika HIGH akan mengakibatkan IC pada driver panas yang lama kelamaan IC nya akan kebakar. Untuk menguji pemrograman diatas dapat memperhatikan konfigurasi pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2. 7 Konfigurasi *Wiring dan Pin Driver Motor BTS7960* [7]

2.6 Motor DC

Motor DC seperti pada **Gambar 2.8** adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanis atau gerak (*motion*). Motor DC juga dapat disebut motor arus searah. Seperti arus searah, DC motor memiliki dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah atau DC (*Direct Current*) untuk dapat menggerakkannya.[8]



Gambar 2. 8 Motor DC PG45

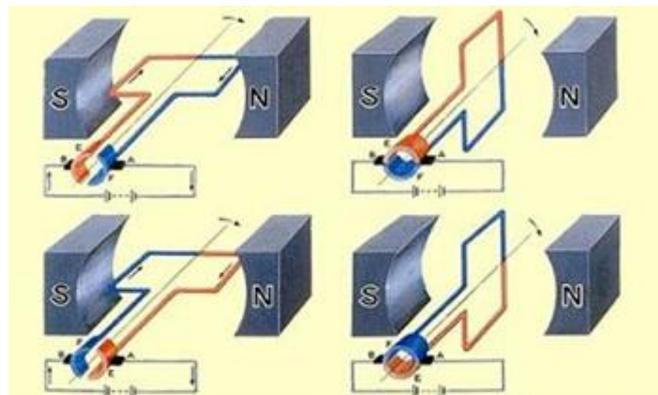
Motor DC menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya dikenal dengan istilah RPM (*Revolutions Per Minute*) dan dapat dibuat berputar searah jarum jam atau pun berlawanan arah jarum jam apabila polaritas listrik yang diberikan pada motor DC tersebut dibalik. Motor DC tersedia dalam berbagai ukuran rpm dan bentuk kebanyakan motor listrik DC memberikan kecepatan rotasi sekitar 3000 rpm – 8000 rpm dengan menggunakan tegangan operasional dari 1.5V hingga 24V.

Tegangan yang diberikan ke motor DC lebih rendah dari tegangan operasionalnya maka akan dapat memperlambat rotasi motor DC tersebut sedangkan tegangan yang lebih tinggi dari tegangan operasional akan membuat rotasi motor DC lebih cepat. Namun ketika tegangan yang diberikan ke motor DC tersebut turun menjadi dibawah 50% dari tegangan operasional yang ditentukan maka motor DC tersebut tidak dapat berputar atau terhenti. Sebaliknya, jika tegangan yang diberikan ke motor DC lebih tinggi sekitar 30% dari tegangan yang ditentukan, maka motor DC tersebut akan menjadi sangat panas dan akhirnya rusak.

2.6.1 Prinsip Kerja Motor DC

Terdapat dua bagian utama pada sebuah Motor DC yaitu Stator dan Rotor. Stator adalah bagian motor yang tidak berputar. Bagian yang statis ini terdiri dari rangka dan kumparan medan. Sedangkan Rotor adalah bagian yang berputar. Bagian rotor ini terdiri dari kumparan jangkar. Dua bagian utama ini dapat dibagi lagi menjadi beberapa komponen yang penting yaitu diantaranya adalah *Yoke* (kerangka magnet), *Poles* (kutub motor), *Field Winding* (kumparan medan magnet), *Armature Winding* (kumparan jangkar) *Cummutator* (kumutator), dan *Brushes* (kuas/sikat arang).

Pada prinsipnya motor DC seperti pada **Gambar 2.9** menggunakan fenomena elektromagnet untuk bergerak, ketika arus listrik diberikan ke kumparan, permukaan kumparan yang bersifat utara akan bergerak menghadap ke magnet yang berkutub Selatan dan kumparan yang bersifat selatan akan bergerak menghadap ke utara magnet. Saat ini, karena kutub utara kumparan bertemu dengan kutub selatan magnet ataupun kutub selatan kumparan bertemu dengan kutub utara magnet maka akan terjadi saling tarik menarik yang menyebabkan pergerakan kumparan berhenti.



Gambar 2. 9 Prinsip Kerja Motor DC

Untuk menggerakannya lagi, tepat pada saat kutub kumparan berhadapan dengan kutub magnet, arah pada arus kumparan dibalik. Dengan demikian, kutub utara kumparan akan berubah menjadi kutub selatan dan kutub selatan akan berubah menjadi kutub utara. Pada saat perubahan kutub terjadi. Kutub selatan kumparan akan berubah menjadi kutub selatan magnet dan kutub utara kumparan akan berhadapan dengan kutub utara

magnet. Karena kutubnya sama, maka akan terjadi tolak menolak sehingga kumparan bergerak memutar hingga utara kumparan berhadapan dengan selatan magnet dan selatan kumpara berhadapan dengan utara magnet. Pada saat ini, arus yang mengalir ke kumparan dibalik lagi dan kumparan akan berputar lagi karena adanya perubahan kutub. Siklus ini akan berulang-ulang hingga arus listrik pada kumparan diputuskan.

2.6.2 Kendali Listrik dari Sebuah Motor DC

Cara termudah dari kendali motor adalah dengan sistem *Open Loop Control*, diaman hanya diperlukan satu pengaturan saja pada nilai *Drive* tegangan, dan karakteristik motor serta beban menentukan operasi kecepatan dan torsi [9]. Tapi permasalahan yang paling menarik yaitu jika membutuhkan sistem kendali otomatis, dimana nilai tegangan bervariasi untuk menghasilkan beragam gerakan. Hal ini disebut *Closed-Loop* atau *Feedback Control*, dan ini membutuhkan sebuah *Output Sensor* kecepatan ataupun torsi guna terus menerus membandingkan nilai aktual dari *Output* dengan nilai yang diinginkan, nilai ini dinamakan *Set Point*.

Kontroler kemudian secara langsung mengubah nilai *Output* motor mendekati nilai *Set Point*. Sistem kendali kecepatan elektronik ada dua tipe: *Linear Amplifiers* dan *Pulse Width Modulators*. Kendali *Pulse Width Modulation* (PWM) mempunyai kelebihan seperti menjalankan transistor daya bipolar secara cepat antara *Cut Off* dan saturasi atau mengatur FET aktif atau tidak. Dalam kasus lain, disipasi daya yang dihasilkan kecil. *Servo Amplifier* menggunakan *Linier Power Amplification* yang mana cukup memuaskan tetapi menghasilkan panas berlebih, dikarenakan fungsinya hanya untuk transistor linear, tapi karena daya kecil yang dibutuhkan, perancangan yang mudah, ukuran yang lebih kecil, dan biaya yang sedikit, maka perlu fokus untuk menggantikan amplifier design, yang mana sering disebut dengan *Pulse Width Modulation* (PWM) amplifier.

Prinsip kerja dari sebuah amplifier PWM dapat dilihat pada Gambar 2.9, Sebuah *Power Supply* DC langsung digantikan dengan nilai frekuensi f antara dua nilai (*On* dan *Off*). Nilai tinggi terus dipertahankan selama sebuah lebar pulsa aktif berada antara nilai periode T yang tetap, dimana :

$$T = \frac{1}{f} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

T : Periode

f : Frekuensi

Frekuensi ini biasanya lebih dari 1 KHz. Hasil sinyal gelombang kotak memiliki nilai *Duty Cycle* yang diartikan sebagai nilai ratio antara waktu aktif pada satu perioda gelombang, biasanya dikalikan dengan persen:

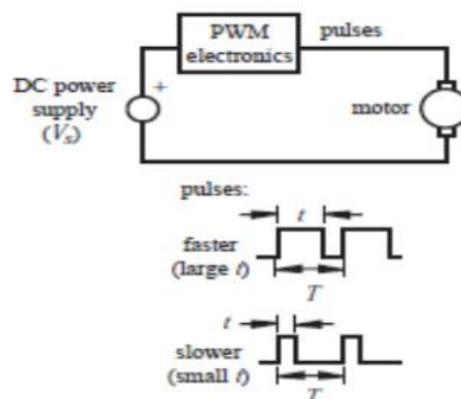
$$Duty\ Cycle = \frac{t}{T} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

T : Periode

t : Waktu

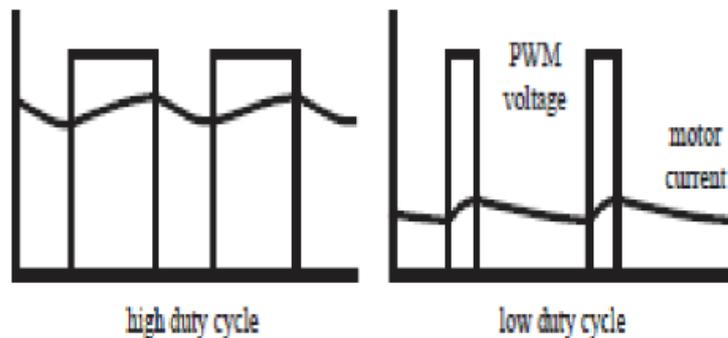
Ketika nilai *Duty Cycle* berubah (oleh kontroller), nilai arus yang melalui motor akan berubah, menyebabkan perubahan kecepatan dan torsi pada *Output*. Inilah dasar dari *Duty Cycle*, dan tidak serupa dengan nilai tegangan *Power Supply* yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor.



Gambar 2. 10 Pulse Width Modulation pada Sebuah Motor DC [9]

Gambar 2.10 merupakan blok diagram sistem kendali *Feedback* PWM untuk sebuah motor DC. Nilai tegangan pada *Tachometer* menghasilkan *Output* linier yang berhubungan dengan kecepatan motor. Error dan arus motor dapat dilihat melalui sebuah *Pulse-Width-Modulation Regulator* yang menghasilkan sinyal kotak termodulasi sebagai *Output*. Sinyal ini teramplifikasi dengan level yang sesuai untuk menggerakkan motor.

Pada **Gambar 2.11** dapat dilihat, ketika nilai *Duty Cycle* besar, maka akan menghasilkan arus motor yang besar pula, dan sebaliknya apabila nilai *Duty Cycle* kecil maka arus motor yang dihasilkan juga akan kecil.



Gambar 2. 11 Nilai Tegangan PWM dan Arus Motor [8]

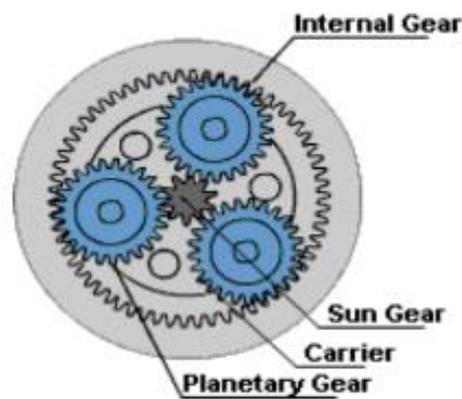
2.6.3 Motor DC Planetary Gear

Motor DC *Planetary Gear* adalah motor DC yang memiliki *Torque* yang besar karena memiliki sistem *Gear* yang terdiri dari tiga elemen, yaitu: *Sun Gear*, *Carrier Gear* dan *Ring Gear* atau *Internal Gear* [7]. Sehingga dengan kombinasi ketiga *Gear* tadi menghasilkan torsi yang lebih besar.

Motor roda gigi adalah kombinasi lengkap antara motor dan kotak roda gigi. Penambahan gearbox ke motor mengurangi kecepatan sekaligus meningkatkan keluaran torsi. Parameter terpenting dalam motor roda gigi adalah kecepatan (rpm), torsi (lb-in) dan efisiensi (%). Untuk memilih rakitan yang paling sesuai untuk aplikasi Anda, Anda harus terlebih dahulu menghitung kebutuhan beban, kecepatan, dan torsi untuk aplikasi Anda.

Produk ISL menawarkan berbagai motor roda gigi kecil atau mini termasuk Spur Gear Motors , Planetary Gear Motors , dan Worm Gear Motors untuk memenuhi semua persyaratan aplikasi. Sebagian besar motor DC kami dapat dilengkapi dengan salah satu gearbox unik kami, sehingga memberikan Anda solusi inline yang sangat efisien. Memasang rasio reduksi motor dan gearbox yang tepat sangat penting saat merancang motor gir.

Gambar 2.12 merupakan sistem kerja dari *Planetary Gear* yaitu sebagai berikut :



Gambar 2. 12 Planetary Gear



Gambar 2. 13 Motor DC dengan *Planetary Gear*

Gambar 2.13 merupakan bentuk fisik dari motor DC *Planetary Gear*, berikut gambarnya. Pada dasarnya prinsip kerja motor DC *Planetary Gear* sama seperti pada motor DC umumnya, hanya saja terdapat sistem *Gear* yang membantu motor sehingga memiliki torsi yang besar. Transmisi

roda gigi planet ditentukan oleh output rasio reduksi oleh rangkaian roda gigi. Kereta peredam planet terdiri dari roda gigi matahari dan planet untuk membentuk rangkaian roda gigi reduksi independen. Jika hanya ada satu rangkaian roda gigi di peredam, kita bisa menyebutnya "satu rangkaian". Untuk mendapatkan rasio pengurangan yang lebih besar, diperlukan transmisi multi-kereta.

Karena satu set roda gigi planet tidak dapat memenuhi rasio transmisi yang lebih besar, terkadang diperlukan dua atau tiga set untuk memenuhi kebutuhan pelanggan akan rasio transmisi yang lebih besar. Karena bertambahnya jumlah roda gigi planet, panjang rangkaian reduksi sekunder atau tersier akan bertambah, dan efisiensinya akan berkurang. Jumlah tahapan peredam planet berbeda, dan efisiensi transmisi juga berbeda. Biasanya tidak melebihi tiga kereta. Semakin kecil jumlah kereta, semakin tinggi efisiensi transmisi.

Komponen Gearbox Motor

- **Poros Input.** Komponen ini merupakan bagian yang menerima momen output dari unit kopling. Poros input juga berfungsi sebagai penerus putaran dari clutch kopling menuju poros utama. Selain itu, poros input juga sebagai poros dudukan bearing.
- **Poros Utama.** Berfungsi sebagai tempat dudukan gear synchromesh, bearing, dan berbagai komponen lainnya. Poros utama ini berfungsi sebagai penerus putaran dari poros input, yang kemudian diteruskan ke spindle. Selain itu, berfungsi sebagai saluran oli.
- **Planetary Gear Suction.** Pengubah RPM di suatu range tertentu, di mana RPM dapat diubah sesuai kebutuhan proses pengerjaan. Selain itu, dapat pula untuk mengubah arah putaran spindle.
- **Pompa Oli.** Oil pump ini berfungsi untuk memompa dan memindahkan oli dari rumah transmisi menuju sistem untuk melumasi komponen secara menyeluruh.

- **Clutch Housing**, merupakan rumah dari clutch kopling, berfungsi sebagai pelindung dan tempat duduk pompa oli serta poros input.
- **Bearing**, berfungsi sebagai penjaga kerenggangan pada poros, sehingga setiap unit yang bekerja tidak terjadi kejutan dan transmisi dapat bekerja secara halus.
- **O-Ring**, fungsinya sebagai penyekat agar tidak terjadi kebocoran pelumas. Selain itu, sebagai pengencang poros input agar tidak merenggang ketika unit beroperasi.
- **Sun Gear**, berfungsi sebagai penerus putaran ke planetary gear section. Sun gear ini terintegrasi secara langsung dengan gear yang ada pada unit planetary agar meneruskan putaran dan momen transmisi.
- **Filter Oli**. Komponen ini berfungsi untuk menyaring oli dari kotoran. Oli harus disaring agar komponen transmisi tidak mengalami aus karena gesekan yang terjadi antar komponen.
- **Pipa Oli**. Pipa oli tipe batang yang berfungsi sebagai saluran oli untuk pelumasan unit planetary.
- **L.O Cooler**. Komponen ini memiliki fungsi sebagai pendingin ketika pelumas mengalami kenaikan suhu karena gesekan.
- **Worm Shaft**, sebagai penerus dari worm wheel menuju poros output.

2.7 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah panel penampil yang dibuat dari bahan kristal cair. Kristal dengan sifat-sifat khusus yang menampilkan warna lengkap yang berasal dari efek pantulan/transmisi cahaya dengan panjang gelombang pada sudut lihat tertentu, merupakan salah satu rekayasa penting yang menunjang kebutuhan akan peralatan elektronik serba tipis dan ringan LCD atau *Liquid Crystal Display* sekarang semakin banyak digunakan, dari yang berukuran kecil, seperti LCD pada sebuah MP3 *Player*, sampai yang berukuran besar seperti monitor PC atau televisi. Warna yang dapat ditampilkan bisa bermacam-macam, dari yang 1 warna (monokrom) sampai yang 65.000 warna.

Pola (*Pattern*) LCD juga bisa bervariasi, dari pola yang membentuk display 7 segmen (misalnya LCD yang dipakai untuk jam tangan) sampai LCD yang bisa menampilkan karakter/teks dan LCD yang bisa menampilkan gambar. LCD sangat berbeda dengan display 7 segmen atau display dot matriks. Untuk menyalakan LCD diperlukan sinyal khusus (gelombang AC). Oleh karena itu, diperlukan sebuah IC driver yang khusus juga. Pada LCD yang bisa menampilkan karakter (LCD karakter) dan LCD yang bisa menampilkan gambar (LCD grafik), diperlukan memori untuk membangkitkan gambar CGROM atau *Character Generator ROM*) dan juga RAM untuk menyimpan data (teks atau gambar) yang sedang ditampilkan (DDRAM atau *Display Data RAM*). Diperlukan pula pengendali (kontroller) untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. LCD karakter adalah LCD yang bisa menampilkan karakter ASCII dengan format dot matriks.[9]

LCD jenis ini bisa dibuat dengan berbagai ukuran, 1 sampai 4 baris, 16 sampai 40 karakter per baris dan dengan ukuran font 5x7 atau 5x10. LCD ini biasanya dirakit dengan sebuah PCB yang berisi pembangkit karakter dan IC pengendali serta *Driver*-nya. Walaupun ukuran LCD berbeda-beda, tetapi IC pengendali yang digunakan biasanya sama sehingga protokol komunikasi dengan IC juga sama.

Antarmuka yang digunakan sesuai dengan level digital TTL (*Transistor - Transistor Logic*) dengan lebar bus data yang bisa dipilih 4 bit atau 8 bit. Pada bus data 4 bit komunikasi akan 2 kali lebih lama karena data atau 29 perintah akan dikirimkan 2 kali, tetapi karena mikrokontroler sangat cepat, hal ini tidak akan

menjadi masalah. Penggunaan bus data 4 bit akan menghemat pemakaian port mikrokontroler. Semua fungsi display diatur oleh instruksi, sehingga modul LCD ini dapat dengan mudah dihubungkan dengan unit mikrokontroler.

Spesifikasi LCD 20X4 dibahas di bawah ini.

- Tegangan pengoperasian layar ini berkisar antara 4,7V hingga 5,3V
- Bezel layarnya berukuran 72 x 25 mm
- Arus operasi adalah 1mA tanpa lampu latar
- Ukuran PCB modul adalah 80L x 36W x 10H mm
- pengontrol HD47780
- Warna LED untuk lampu latar adalah hijau atau biru
- Jumlah kolom – 16
- Jumlah baris – 2
- Jumlah pin LCD – 16
- Karakter – 32
- Ia bekerja dalam mode 4-bit dan 8-bit
- Kotak piksel setiap karakter berukuran 5x8 piksel
- Ukuran font karakter adalah 0,125 Lebar x 0,200 tinggi.

Register LCD

Register yang digunakan dalam LCD ada dua jenis seperti register data & register perintah. Register dapat diubah dengan menggunakan pinout RS. Jika kita menyetel '0' maka itu adalah register perintah dan jika '1' maka itu adalah register data.

Daftar Komando

Fungsi utama register perintah adalah untuk menyimpan instruksi yang diilustrasikan pada LCD. Itu membantu dalam pembersihan data & mengubah lokasi kursor & mengontrol tampilan.

Perintah LCD 20×4 dibahas di bawah ini.

- HexCode 1: Perintah ini akan menghapus data yang ditampilkan di layar LCD.
- HexCode 2: Digunakan untuk pindah pulang ke rumah.
- HexCode 4: Digunakan untuk mengubah lokasi kursor ke sisi kiri.
- HexCode 6: Digunakan untuk mengubah letak kursor ke sebelah kanan.
- HexCode 5: Digunakan untuk menggeser tampilan ke kanan.
- HexCode 7: Digunakan untuk menggeser tampilan ke kiri.
- HexCode 8: Digunakan untuk mematikan tampilan kursor akan dimatikan.
- HexCode 0A: Digunakan untuk MENGAKTIFKAN kursor & mematikan tampilan
- HexCode 0C: Digunakan untuk mematikan kursor & mematikan tampilan
- HexCode 0E: Digunakan untuk MENGAKTIFKAN tampilan mengedipkan kursor.
- HexCode 0F: Digunakan untuk menghidupkan tampilan & mengedipkan kursor
- HexCode 10: Mengubah lokasi kursor ke kiri.
- HexCode 14: Mengubah lokasi kursor ke kanan.
- HexCode 18: Mengubah lokasi tampilan ke sisi kiri.
- HexCode 1C: Mengubah lokasi tampilan ke sisi kanan.
- HexCode 80: Digunakan untuk menggeser kursor ke baris utama.
- HexCode C0: Memindahkan kursor ke awal baris berikutnya
- HexCode 38: 2- baris & matriks 5×7.

Menghubungkan LCD 16×2 dengan Arduino

Antarmuka LCD 16X2 dengan Arduino dibahas untuk menampilkan “Hello World!” di layar. Perpustakaan seperti LiquidCrystal memungkinkan Anda mengelola tampilan yang cocok melalui driver seperti driver Hitachi HD44780. Di sini, contoh rangkaian berikut menampilkan “Hello World!” pada LCD & menampilkan waktu dalam detik setelah papan Arduino direset.

Layar 16×2 mencakup antarmuka paralel yang berarti mikrokontroler yang digunakan harus segera mengontrol pin antarmuka yang berbeda untuk mengontrol LCD. Antarmukanya terutama mencakup pin-pin seperti pin RS (Register Select), pin Baca/Tulis, Pin Aktif, pin Data dari D0 hingga D7, pin kontras tampilan, pin lampu latar LED, pin catu daya.

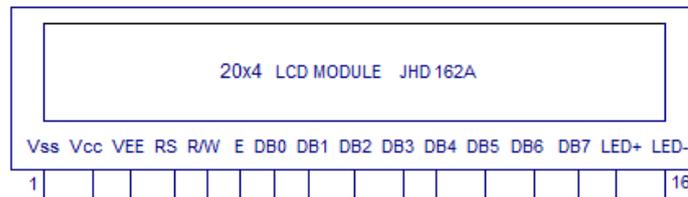
Proses pengontrolan tampilan terutama melibatkan penempatan data untuk membentuk gambaran tentang apa yang ingin Anda tampilkan ke dalam register data, setelah itu menempatkan instruksi di dalam register instruksi. Perpustakaan seperti LiquidCrystal akan menyederhanakan ini untuk Anda sehingga Anda tidak perlu mengidentifikasi instruksi di tingkat rendah.

Pengontrolan LCD yang kompatibel dengan Hitachi dapat dilakukan menggunakan dua mode seperti 4-bit/8-bit. Di sini mode 4-bit membutuhkan 7 pin I/O menggunakan papan Arduino, sedangkan mode 8-bit membutuhkan 11 pin. Untuk menampilkan teks pada LCD digunakan mode 4-bit. Contoh berikut akan menjelaskan cara mengontrol LCD menggunakan mode 4-bit.

Untuk menginterpretasikan input dan output program Arduino cara termudah adalah dengan menampilkan output dan input pada LCD. Ada berbagai macam tampilan yang tersedia di pasaran yang dapat digunakan untuk menampilkan parameter program Arduino. Layar kristal cair berdimensi 16×2 banyak digunakan karena lebih mudah dihubungkan dengan papan Arduino, lebih murah, dan mudah didapat. Ceramah ini menjelaskan secara singkat tentang modul layar kristal cair 16x2.

Layar kristal cair 16×2 dapat digunakan dalam sistem tertanam yang memerlukan tampilan data dalam jumlah terbatas. Tampilan ini dilengkapi dengan dua baris data dan setiap baris dibagi menjadi enam belas kolom. Setiap baris mempunyai blok yang terdiri dari 8 baris dan 5 kolom disebut juga dengan sel atau dengan kata lain dapat dikatakan setiap sel pada baris tersebut mempunyai 40 pixel.

Gambar 2.14 merupakan rangkaian LCD dengan menggunakan I2C sebagai komunikasinya.



Gambar 2. 14 *Pin Out* LCD 20x4

Tabel 2. 3 Keterangan *Pin Out* LCD 20x4

<i>Pin No.</i>	<i>Pin Name</i>	<i>Description</i>
Pin 1	VSS	Ground
Pin 2	VCC	5V Supply Voltage
Pin 3	V0/VEE	Operating Voltage for LCD
Pin 4	RS	H: Data L: Instruction Code
Pin 5	R/W	H: Read L: Write
Pin 6	E	Enable Signal
Pin 7	DB0	Data Bus
Pin 8	DB1	
Pin 9	DB2	
Pin 10	DB3	
Pin 11	DB4	
Pin 12	DB5	
Pin 13	DB6	
Pin 14	DB7	
Pin 15	LED Positive	LED Pin
Pin 16	LED Negative	LED Pin