

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode *Fuzzy Logic*

Logika Fuzzy adalah peningkatan dari logika boolean yang mengenalkan konsep *kebenaran sebagian*. Dimana logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah binery (0 atau 1, hitam atau putih, iya atau tidak), logika fuzzy menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran.

Logika Fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan", dan "sangat". Dia berhubungan dengan set fuzzy dan teori kemungkinan. Fuzzy diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadah dari Universitas California, Berkeley pada 1965.

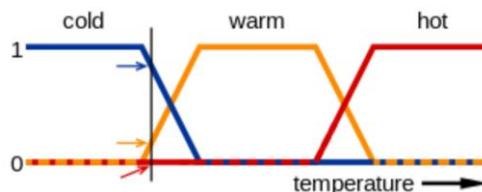
Alasan penggunaan algoritma Fuzzy

1. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti, konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika fuzzy sangat fleksibel
3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat
4. Logika fuzzy dapat memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks
5. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan
6. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional .

2.1.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses menetapkan input numerik suatu sistem ke set fuzzy dengan beberapa tingkat keanggotaan. Tingkat keanggotaan ini dapat berada di mana saja dalam interval $[0,1]$. Jika nilai 0 maka bukan milik set fuzzy yang diberikan, dan jika itu nilai 1 maka sepenuhnya milik set fuzzy. Nilai apa pun antara 0 dan 1 menunjukkan tingkat ketidakpastian bahwa nilai tersebut termasuk dalam

set atau tidak. Set fuzzy ini biasanya dideskripsikan dengan kata-kata, dan dengan menetapkan input sistem ke set fuzzy, kita dapat mempertimbangkannya dengan cara yang secara linguistik alami.



Gambar 2.1 Fuzzy Logic Temperature

Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Load_cell, diakses 2 Februari 2020

Gambar 2.1 merupakan salah satu contoh dari fuzzifikasi dimana pada gambar, arti dari ekspresi dingin, hangat, dan panas diwakili oleh fungsi pemetaan skala suhu. Suatu titik pada skala itu memiliki tiga "nilai kebenaran", satu untuk masing-masing dari tiga fungsi. Garis vertikal pada gambar menunjukkan suhu tertentu yang diukur oleh ketiga panah (nilai kebenaran). Karena panah merah mengarah ke nol, suhu ini dapat diartikan sebagai "hot"; yaitu suhu ini tidak memiliki keanggotaan dalam set fuzzy "panas". Panah oranye (menunjuk 0,2) dapat menggambarannya sebagai "slightly warm" dan panah biru (menunjuk 0,8) "fairly cold". Oleh karena itu, suhu ini memiliki 0,2 keanggotaan dalam set fuzzy "hot" dan 0,8 keanggotaan dalam set fuzzy "cold".

Set fuzzy sering didefinisikan sebagai segitiga atau kurva berbentuk trapesium, karena setiap nilai akan memiliki kemiringan di mana nilainya meningkat, puncak di mana nilainya sama dengan 1 (yang dapat memiliki panjang 0 atau lebih besar) dan kemiringan di mana nilainya menurun.

2.1.2 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses menghasilkan hasil yang dapat diukur dalam logika Crisp, himpunan fuzzy dan derajat keanggotaan yang sesuai. Akan lebih mudah jika nilai-nilai kebenaran output adalah persis yang diperoleh dari fuzzifikasi angka yang diberikan. Namun, karena semua nilai kebenaran output dihitung secara independen, dalam kebanyakan kasus mereka tidak mewakili set angka tersebut. Oleh karena itu, diperlukannya defuzzifikasi untuk dapat

mengartikan derajat keanggotaan set fuzzy ke dalam keputusan spesifik atau nilai nyata.

2.2 Sistem

Sistem berasal dari bahasa Latin (*systēma*) dan bahasa Yunani (*sustēma*) adalah suatu kesatuan yang terdiri atas komponen atau elemen yang dihubungkan bersama untuk memudahkan aliran informasi, materi, atau energi untuk mencapai suatu tujuan.

2.2.1 Sistem Kendali Manual

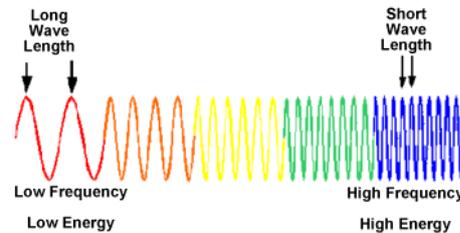
Pengendalian secara manual adalah pengendalian yang dilakukan oleh manusia yang bertindak sebagai operator. Contoh pengendalian secara manual banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari seperti pada pengaturan suara radio, televisi, pengaturan cahaya layar televisi, pengaturan aliran air melalui kran dan lain-lain

2.2.2 Sistem Kendali Otomatis

Pengendalian secara otomatis adalah pengendalian yang dilakukan oleh mesin-mesin/peralatan yang bekerja secara otomatis dan operasinya dibawah pengawasan manusia. Contoh pengendalian otomatis banyak ditemui dalam proses industri, pengendalian pesawat terbang, pembangkitan tenaga listrik dan lain-lain.

2.3 Sensor Warna TCS3200

Sensor warna TCS230 adalah sensor yang mempunyai fungsi mengkonversi warna yang akan dideteksi menjadi Frekuensi yang akan diolah oleh mikrokontroler. Yang dimana bahan pembuatannya berasal dari penggabungan antara **Silicon** Photodiode dan IC CMOS single monolithic yang berfungsi sebagai pengkonversi arus menjadi frekuensi. Keluaran dari sensor warna ini yaitu berupa gelombang persegi dengan modulasi 50% yang dimana berbanding lurus dengan intensitas cahaya yang terbaca oleh sensor. Gambar 2.2 merupakan rangkaian Sensor warna TCS3200 dengan Arduino.



Gambar 2.2 Gelombang Sinusoidal Frekuensi warna cahaya

Sumber: <https://karenjanicekineta.wordpress.com>, diakses 06 Juni 2020

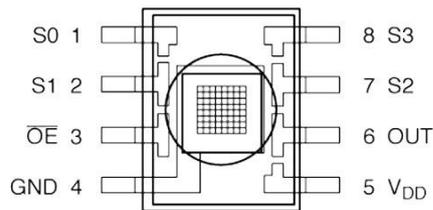
Warna dasar penyusunnya adalah warna Merah, Hijau dan Biru, atau lebih dikenal dengan istilah RGB (Red-Green-Blue). Identitas suatu warna ditentukan panjang gelombang cahaya tersebut. Sebagai contoh warna biru memiliki panjang gelombang 460 nanometer. Setiap warna mempunyai panjang gelombang dan frekuensi yang berbeda. Bentuknya dapat ditunjukkan dalam suatu bentuk gelombang sinusoidal seperti pada **Gambar 2.2**.

Pada sensor terdapat sebuah photodiode dengan array 8 x 8 yang mengkonversi warna menjadi frekuensi, yang terdiri dari :

- 16 dioda untuk filter merah
- 16 dioda untuk filter hijau
- 16 dioda untuk filter biru
- 16 dioda untuk clear (tanpa filter)

Dari kesemua dioda diatas terhubung ke dalam rangkaian paralel yang menggunakan metode switching pin (S0,S1,S2,S3) seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.

Gambar 2.4 merupakan diagram blok dari sensor warna TCS3200 dimana Pada tiap ke-16 fotodioda tersebut terhubung secara paralel, melihat gambar 2.4 dengan menggunakan 2 pin kontrol S2 dan S3 dapat memilih mana yang akan dibaca. Sehingga jika mendeteksi warna merah, dapat menggunakan 16 red difference photodiodes dengan mengatur dua pin ke tingkat logika rendah.

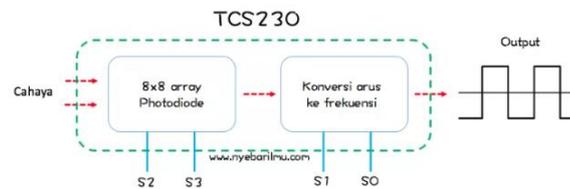


Gambar 2.3 Pin Out Sensor Warna TCS3200

Sumber: <https://components101.com/tcs3200-color-sensor-module>, diakses 20

Juni 2020

Sensor memiliki 2 pin kontrol, S0 dan S1 yang berfungsi untuk mengukur frekuensi keluaran. Frekuensi ini dapat di *adjust* dengan 3 nilai preset yang berbeda yaitu 100%, 20% atau 2%. Penskalaan frekuensi bertujuan untuk berbagai penghitung frekuensi dalam optimalisasi keluaran sensor.

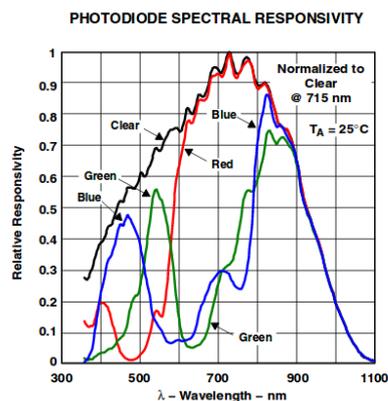


Gambar 2.4 Diagram Blok Sensor warna TCS3200

Sumber: www.nyebarilmu.com, diakses pada 2 Februari 2020

2.3.1 Karakteristik Sensor Warna TCS3200

Gambar 2.5 memperlihatkan grafik dari karakteristik sensitivitas dan Linearita Sensor warna TCS3200. Sensor TCS 3200 terdiri dari 4 kelompok photodiode, masing-masing kelompok memiliki sensitivitas yang berbeda satu dengan yang lainnya pada respon photodiode terhadap panjang gelombang cahaya yang dibaca. Photodiode yang mendeteksi warna merah dan clear memiliki nilai sensitivitas yang tinggi ketika mendeteksi intensitas cahaya dengan panjang gelombang 715 nm, sedangkan pada 18 panjang gelombang 1100 nm photodiode tersebut memiliki nilai sensitivitas yang paling rendah, hal ini menunjukkan bahwa sensor TCS 3200 tidak bersifat linearitas dan memiliki sensitivitas berubah terhadap panjang gelombang cahaya yang diukur.



Gambar 2.5 Karakteristik Sensitivitas dan Linearitas Sensor warna TCS3200
 Sumber: <https://makemyday.io/post/TCS3200-Color-Sensor/>, diakses pada 06

Juni 2020

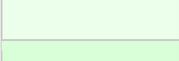
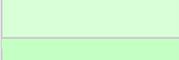
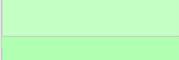
2.3.2 RGB

RGB adalah suatu model warna yang terdiri atas 3 buah warna: merah (Red), hijau (Green), dan biru (Blue), yang ditambahkan dengan berbagai cara untuk menghasilkan bermacam-macam warna. Kegunaan utama model warna RGB adalah untuk menampilkan citra / gambar dalam perangkat elektronik, seperti televisi dan komputer, walaupun juga telah digunakan dalam fotografi biasa. Sebelum era elektronik, model warna RGB telah memiliki landasan yang kuat berdasarkan pemahaman manusia terhadap teori trikromatik. RGB merupakan model warna yang bergantung kepada peranti: peranti yang berbeda akan mengenali atau menghasilkan nilai RGB yang berbeda, karena elemen warna (seperti fosfor atau pewarna) bervariasi dari satu pabrik ke pabrik, bahkan pada satu peranti setelah waktu yang lama. Model warna ini merupakan model warna yang paling sering dipakai. Contoh alat yang memakai mode warna ini yaitu TV, kamera, pemindai, komputer, dan kamera digital. Kelebihan model warna ini adalah gambar mudah disalin / dipindah ke alat lain tanpa harus di-convert ke mode warna lain, karena cukup banyak peralatan yang memakai mode warna ini. Kelemahannya adalah tidak bisa dicetak sempurna dengan printer, karena printer menggunakan mode warna CMYK, sehingga harus diubah terlebih dahulu. RGB merupakan model warna aditif, yaitu ketiga berkas cahaya yang ditambahkan bersama-sama, dengan menambahkan panjang gelombang, untuk membuat spektrum warna akhir.

Setiap warna dasar, misalnya merah, dapat diberi rentang-nilai. Untuk monitor komputer, nilai rentangnya paling kecil = 0 dan paling besar = 255. Pilihan skala 256 ini didasarkan pada cara mengungkap 8 digit bilangan biner yang digunakan oleh mesin komputer. Dengan cara ini, akan diperoleh warna campuran sebanyak $256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$ jenis warna. Sebuah jenis warna, dapat dibayangkan sebagai sebuah vektor di ruang 3 dimensi yang biasanya dipakai dalam matematika, koordinatnya dinyatakan dalam bentuk tiga bilangan, yaitu komponen-x, komponen-y dan komponen-z. Misalkan sebuah vektor dituliskan sebagai $r = (x,y,z)$. Untuk warna, komponen-komponen tersebut digantikan oleh komponen Red, Green, Blue. Jadi, sebuah jenis warna dapat dituliskan sebagai berikut: warna = RGB(30, 75, 255). Putih = RGB (255,255,255), sedangkan untuk hitam= RGB(0,0,0). Pada **Tabel 2.1** merupakan kode RGB untuk setiap jenis warna merah dan hijau.

Tabel 2.1 Kode RGB Warna Merah dan Hijau

Color	Color Name	Hex Code #RRGGBB	Decimal Code R,G,B
	VERY PALE RED	#FFE0E0	(255, 235, 235)
	VERY PALE RED	#FFD8D8	(255, 216, 216)
	VERY PALE RED	#FFC4C4	(255,196,196)
	PALE RED	#FFB1B1	(255, 177, 177)
	PALE RED	#FF9D9D	(255, 157, 157)
	VERY LIGHT RED	#FF8989	(255, 137, 137)
	VERY LIGHT RED	#FF7676	(255, 118, 118)
	LIGHT RED	#FF6262	(255, 98, 98)
	LIGHT RED	#FF4E4E	(255, 78, 78)
	LIGHT RED	#FF3B3B	(255, 59, 59)
	VIVID RED	#FF2727	(255, 39, 39)
	VIVID RED	#FF1414	(255, 20,20)
	PURE RED	#FF0000	(255, 0, 0)
	PURE RED	#EB0000	(235, 0, 0)

Color	Color Name	Hex Code #RRGGBB	Decimal Code R,G,B
	STRONG RED	#D80000	(216, 0, 0)
	STRONG RED	#C40000	(196, 0, 0)
	DARK RED	#B10000	(177, 0, 0)
	DARK RED	#9D0000	(157, 0, 0)
	DARK RED	#890000	(137, 0, 0)
	DARK RED	#760000	(118, 0, 0)
	VERY DARK RED	#620000	(98, 0, 0)
	VERY DARK RED	#4E0000	(78, 0, 0)
	VERY DARK RED	#3B0000	(59, 0, 0)
	VERY DARK RED	#270000	(39, 0, 0)
	VERY DARK RED	#140000	(20, 0, 0)
	VERY PALE LIME GREEN	#FFFFFF	(255, 255, 255)
	VERY PALE LIME GREEN	#EBFFEB	(235, 255, 235)
	VERY PALE LIME GREEN	#D8FFD8	(216, 255, 216)
	PALE LIME GREEN	#C4FFC4	(196, 255, 196)
	PALE LIME GREEN	#B1FFB1	(177, 255, 177)
	VERY LIGHT LIME GREEN	#9DFF9D	(157, 255, 157)
	VERY LIGHT LIME GREEN	#89FF89	(137, 255, 137)
	LIGHT LIME GREEN	#76FF76	(118, 255, 118)
	LIGHT LIME GREEN	#62FF62	(98, 255, 98)
	LIGHT LIME GREEN	#4EFF4E	(76, 255, 76)
	VIVID LIME GREEN	#3BFF3B	(59, 255, 59)
	VIVID LIME GREEN	#27FF27	(39, 255, 39)
	PURE LIME GREEN	#14FF14	(20, 255, 20)
	PURE LIME GREEN	#00FF00	(0, 255, 0)
	STRONG LIME GREEN	#00EB00	(0, 235, 0)
	STRONG LIME GREEN	#00D800	(0, 216, 0)
	DARK LIME GREEN	#00C400	(0, 196, 0)

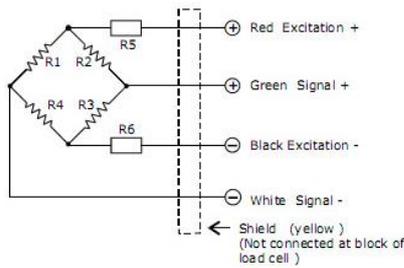
Color	Color Name	Hex Code #RRGGBB	Decimal Code R,G,B
	DARK LIME GREEN	#00B100	(0, 177, 0)
	DARK LIME GREEN	#009D00	(0, 157, 0)
	DARK LIME GREEN	#008900	(0, 137, 0)
	VERY DARK LIME GREEN	#007600	(0, 118, 0)
	VERY DARK LIME GREEN	#006200	(0, 98, 0)
	VERY DARK LIME GREEN	#004E00	(0, 78, 0)
	VERY DARK LIME GREEN	#003B00	(0, 59, 0)
	VERY DARK LIME GREEN	#002700	(0, 39, 0)
	VERY DARK LIME GREEN	#001400	(0, 20, 0)

2.4 Sensor *Load Cell*

Sensor *Load Cell* adalah jenis transduser, khususnya transduser gaya. Sensor ini mengubah gaya seperti ketegangan, kompresi, tekanan, atau torsi menjadi sinyal listrik yang dapat diukur dan distandarisasi. Prinsip Kerja Sensor *Load Cell* berdasarkan Jembatan *Wheatstone*. Ketika gaya yang diterapkan pada sel beban meningkat, sinyal listrik berubah secara proporsional. Jenis sel beban yang paling umum digunakan adalah hidrolik, pneumatik, dan *strain gauge*.

Strain gauge dibuat dari kawat yang sangat halus, atau foil, dipasang dalam pola kisi dan melekat pada penyangga yang fleksibel. Ketika bentuk *strain gauge* diubah, perubahan hambatan listriknya terjadi.

Kawat atau foil dalam pengukur regangan diatur sedemikian rupa sehingga ketika gaya diterapkan dalam satu arah, perubahan linear dalam hasil resistansi. Karena perubahan resistansi yang diukur oleh strain gauge tunggal sangat kecil aka. sulit untuk mengukur perubahan secara akurat. Ditingkatkannya jumlah strain gauge yang diterapkan secara kolektif akan memperbesar perubahan kecil ini menjadi sesuatu yang lebih terukur. Satu set 4 *strain gauge* diatur dalam rangkaian tertentu yang kemudian disebut jembatan *Wheatstone* seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Sensor *Load Cell* Wiring Connection

Sumber: <https://www.instructables.com/id/How-to-Interface-HX711-Balance-Module-With-Load-Ce/>, diakses pada 20 Juni 2020

Empat kabel yang keluar dari jembatan wheatstone pada load cell biasanya:

Eksitasi + (E +) atau VCC berwarna merah

Eksitasi- (E-) atau ground berwarna hitam

Output + (O +), Sinyal + (S +) atau Amplifier + (A +) berwarna putih

Output- (O-), Signal- (S -) atau Amplifier- (A-) berwarna hijau.

2.4.1 Jembatan *Wheatstone*

Jika rangkaian jembatan Wheatstone diberi beban, maka nilai R pada rangkaian akan berubah, nilai $R_1 = R_4$ dan $R_2 = R_3$. Sehingga membuat sensor Load Cell tidak dalam kondisi yang seimbang dan membuat beda potensial. Beda potensial inilah yang menjadi outputnya. Untuk menghitung V_{out} atau A seperti pada gambar, maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

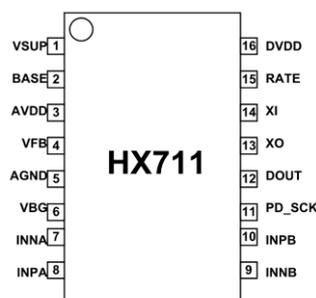
$$V_o = \left(V_{In} \times \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \right) - \left(V_{In} \times \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

Secara teori, prinsip kerja Load Cell berdasarkan pada jembatan Wheatstone dimana saat Load Cell diberi beban terjadi perubahan pada nilai resistansi, nilai resistansi R_1 dan R_3 akan turun sedangkan nilai resistansi R_2 dan R_4 akan naik ketika posisi setimbang, V_{out} Load Cell = 0 volt, namun ketika nilai resistansi R_1 dan R_3 naik maka akan terjadi perubahan V_{out} pada Load Cell. Pada Load Cell output data (+) dipengaruhi oleh perubahan resistansi pada R_1 , sedangkan output (-

) dipengaruhi oleh perubahan resistansi R3. Karena keluaran tegangannya yang bernilai Volt, susah untuk dideteksi oleh Arduino, oleh karena itu butuh ditambahkan penguatan berupa Programmable Gain Amplifier (PGA) yang berada pada ADC (Analog Digital Converter).

2.5 Penguat HX711

IC HX711 adalah modul timbangan, yang memiliki prinsip kerja mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Modul melakukan komunikasi dengan computer/mikrokontroller melalui TTL232. module HX711 ini berfungsi sebagai amplifier / penguat hasil pembacaan sensor load cell.



Gambar 2.7 Pin Out Penguat HX711

Sumber: <https://microcontrollerslab.com/hx711-adc-weigh-scales/>, diakses pada 20 Juni 2020

Diagram *pin out* pada **Gambar 2.7** menunjukkan penugasan pin masing-masing pin. ADC ini memiliki 16 pin. Seperti yang dapat Anda gambarkan dari *pin out* bahwa ia memiliki dua saluran ADC dan setiap saluran mengubah sinyal analog menjadi nilai digital panjang 28-bit dengan keterangan setiap pin out penguat HX711 dibawah ini:

- Pin#01: VSUP : Pin catu daya yang jangkauannya berada di antara 2,7 V hingga 5,5 V.
- Pin#02: BASE : Output kontrol regulator.
- Pin#03: AVDD : Catu daya analog diterapkan pada pin ini dan nilainya harus berada di antara 2,6 V dan 5,5V.
- Pin#04: VFB : Input kontrol analog dari regulator yang terhubung ke ground analog saat tidak digunakan.

Pin#05: AGND	: Analog Ground
Pin#06: VBG	: Output bypass referensi analog
Pin#07: INA-	: Input analog negatif Saluran A
Pin#08: INA+	: Input analog positif dari Saluran A
Pin#09: INB-	: Input analog negatif Saluran B
Pin#10: INB+	: Input analog positif dari saluran B
Pin#11: PD_SCK	: Input jam digital serial
Pin#12: DOUT	: Output Digital Serial
Pin#13: XO	: Digital Crystal I / O
Pin#14: XI	: I / O Kristal Digital atau input jam eksternal
Pin#15: RATE	: Pin input digital. Ini mengontrol kecepatan data pada output. Ketika pin ini rendah, kecepatan data adalah 10Hz. Ketika tinggi, kecepatan data adalah 80Hz.
Pin#16: DVDD	: Catu daya digital yang nilainya terletak antara 2.6V hingga 5.5V

sedangkan spesifikasi HX711 dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Spesifikasinya HX711

Differential input voltage	$\pm 40\text{mV}$ (Full-scale differential input voltage $\pm 40\text{mV}$)
Data accuracy	24 bit (24 bit A / D converter chip.)
Refresh frequency	80 Hz
Operating Voltage	5V DC
Operating current	< 10 mA
Size	32mm*21mm*10mm

2.5.1 ADC (*Analog Digital Converter*)

ADC (*Analog To Digital Conversion*) adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog (sinyal kontinyu) menjadi data digital. Perangkat ADC dapat berbentuk suatu modul atau rangkaian elektronika maupun suatu chip IC. ADC (*Analog To Digital Converter*) berfungsi untuk menjembatani pemrosesan sinyal analog oleh sistem digital.

ADC adalah pengubah input analog menjadi kode – kode digital. ADC banyak digunakan sebagai pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/ pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistim komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/ berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistim digital (komputer). ADC memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi ADC 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi.

1. Kecepatan Sampling ADC Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan “seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu”. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam sample per second (SPS).

2. Resolusi ADC Resolusi ADC menentukan “ketelitian nilai hasil konversi ADC”. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki output 8 bit data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 ($2^n - 1$) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. ADC 24 bit akan memiliki output 24 bit data digiyal yang berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 16777215 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 24 27 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 12 bit dan 8 bit.

2.5.2 Prinsip Kerja ADC

Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. Sebagai contoh, bila tegangan referensi 5 volt, tegangan input 3 volt, rasio input terhadap referensi adalah 60%.

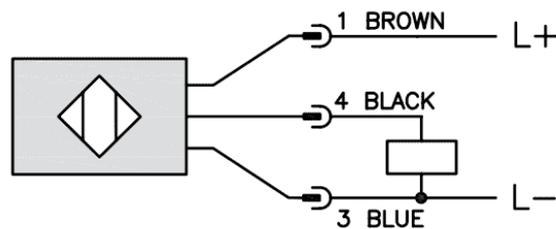
Jadi, jika menggunakan ADC 24 bit dengan skala maksimum 16777215, akan didapatkan sinyal digital sebesar $60\% \times 16777215 = 10066329$ (bentuk decimal) atau 999999 dalam bentuk hexadecimal.

$$\begin{aligned} \text{signal} &= (\text{sample}/\text{max_value}) * \text{reference_voltage} \\ &= (10066329/16777215) * 5 \\ &= 3 \text{ volt} \end{aligned}$$

2.6 Sensor Proximity

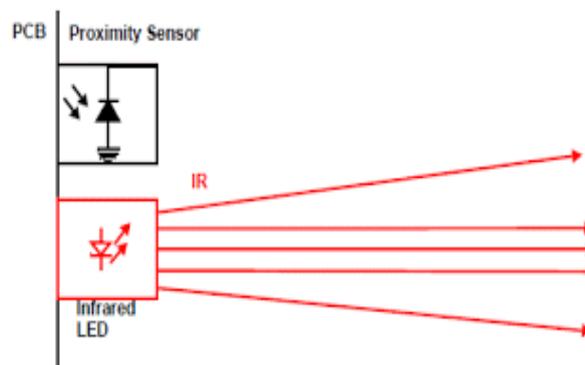
Sensor Proximity adalah sensor elektronik yang mampu mendeteksi keberadaan objek di sekitarnya tanpa adanya sentuhan fisik. Dapat juga dikatakan bahwa Sensor Proximity adalah perangkat yang dapat mengubah informasi tentang gerakan atau keberadaan objek menjadi sinyal listrik.

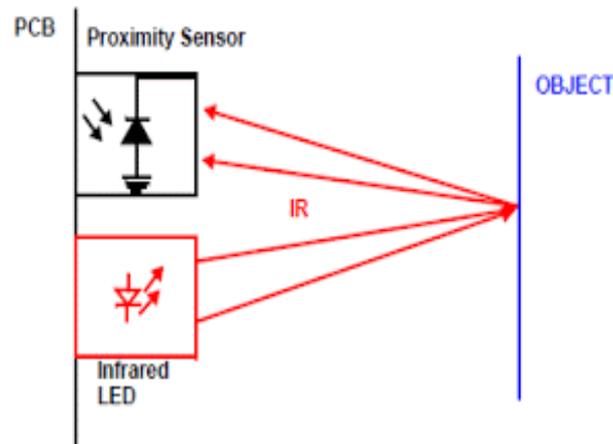
Proximity Sensor tidak menggunakan bagian-bagian yang bergerak atau bagian mekanik untuk mendeteksi keberadaan objek disekitarnya, melainkan menggunakan medan elektromagnetik ataupun sinar radiasi elektromagnetik untuk mengetahui apakah ada objek tertentu disekitarnya. Jarak maksimum yang dapat dideteksi oleh sensor ini disebut dengan “nominal range” atau “kisaran nominal”. *Pin out* sensor proximity dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 *Pin out* Sensor Proximity

Sumber: <https://surttech.com/2018/01/27/how-to-use-the-fc-51-infrared-proximity-obstacle-avoidance-sensor-with-arduino/http://arga-makmur.art-40.autoprestige-utilitaire.fr/proximity-switch-wiring-diagram-for-a.html>, diakses pada 20 Juni 2020





Gambar 2.9 Prinsip Kerja Sensor Proximity

Sumber: <http://libraryilmu.blogspot.com/2011/05/sensor-proximity-sensor-garis.html> , diakses pada 06 Juni 2020

Bila cahaya LED memantul pada garis dan diterima oleh basis fototransistor maka fototransistor menjadi (on) sehingga tegangan output (V_{out}) menjadi sama dengan V_{cc} saturasi atau mendekati 0 volt. Sebaliknya jika tidak terdapat pantulan, maka basis fototransistor tidak mendapat arus bias sehingga fototransistor menjadi cut-off (C-E open), dengan demikian nilai V_{out} sama dengan V_{cc} . pada **Gambar 2.9** sinyal led atau infrared akan menyebar jika tak ada halangan. Saat ada halangan maka pacaran sinar cahaya dari LED atau Infrared akan memantul. berkas cahaya yang memantul tersebut akan tertangkap oleh proximity sensor. Banyaknya intensitas cahaya yang tertangkap akan menjadi acuan nilai untuk mengetahui warna line atau bidang pantulnya.

2.7 Arduino

2.7.1 Pengenalan Arduino

Arduino didefinisikan sebagai sebuah platform elektronik yang open source, berbasis pada software dan hardware yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk seniman, desainer, hobbies dan setiap orang yang tertarik dalam membuat objek atau lingkungan yang interaktif. Arduino sebagai sebuah platform komputasi fisik (Physical Computing) yang open source pada board input output sederhana, yang dimaksud dengan platform komputasi fisik disini adalah

sebuah sistem fisik yang interaktif dengan penggunaan software dan hardware yang dapat mendeteksi dan merespon situasi dan kondisi.

Kelebihan arduino dari platform hardware mikrokontroler lain adalah:

1. IDE Arduino merupakan multiplatform, yang dapat dijalankan di berbagai sistem operasi, seperti Windows, Macintosh dan Linux.
2. IDE Arduino dibuat berdasarkan pada IDE Processing, yang sederhana sehingga mudah digunakan.
3. Pemrograman arduino menggunakan kabel yang terhubung dengan port USB, bukan port serial. Fitur ini berguna karena banyak komputer yang sekarang ini tidak memiliki port serial.

Arduino adalah hardware dan software open source pembaca bisa mendownload software dan gambar rangkaian arduino tanpa harus membayar ke pembuat arduino. Biaya hardware cukup murah, sehingga tidak terlalu menakutkan membuat kesalahan. Proyek arduino ini dikembangkan dalam lingkungan pendidikan sehingga bagi pemula akan cepat dan mudah mempelajarinya. Memiliki begitu banyak pengguna dan komunitas di internet dapat membantu setiap kesulitan yang dihadapi.

2.7.2 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah board (papan) mikrokontroler berbasis ATmega 2560 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler tersebut.

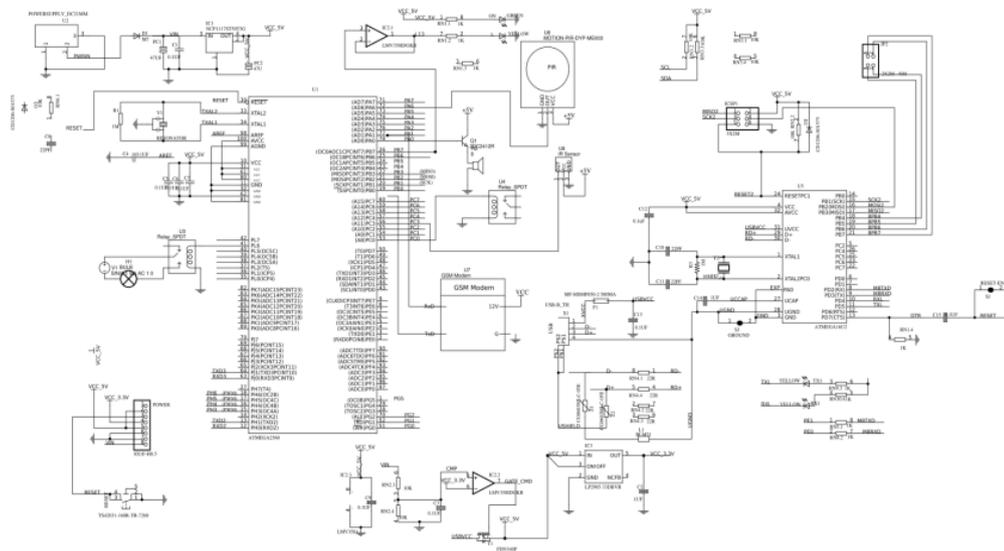
Arduino mega 2560 memiliki pengalamatan suatu input dan output diantaranya adalah `pinMode(pin, mode)` berfungsi untuk menetapkan mode input atau output dari suatu pin. `DigitalRead(pin)` berfungsi untuk menetapkan pin sebagai input dengan menggunakan kode HIGH (5 volt) atau LOW (0 volt).

DigitalWrite(pin, value) berfungsi untuk menetapkan pin sebagai output dengan menggunakan kode HIGH (5 volt) atau LOW (0 volt).

2.7.3 Mikrokontroler ATmega 2560

Mikrokontroler adalah sebuah alat pengendali (kontroler) berukuran mikro atau sangat kecil yang dikemas dalam bentuk chip. Sebuah mikrokontroler pada dasarnya bekerja seperti sebuah mikroprosesor pada computer. Keduanya memiliki sebuah Central Processing Unit (CPU) yang menjalankan instruksi program, melakukan logika dasar, dan pemindahan data. Namun agar dapat digunakan, sebuah mikroprosesor memerlukan tambahan komponen, seperti memori untuk menyimpan program dan data, juga interface input-output untuk berhubungan dengan dunia luar.

Mikrokontroler yang digunakan pada Arduino Mega 2560 ini adalah Mikrokontroler ATmega 2560. Mikrokontroler ini menjadi komponen utama dari sistem minimum Arduino Mega 2560. Setiap pin mikrokontroler ATmega 2560 dipetakan sesuai dengan kebutuhan standar Arduino pada umumnya. Skematik Arduino Mega 2560 dengan menggunakan IC Atmega2560 dapat dilihat pada **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10 Skematik Arduino Mega 2560

Sumber: <https://easyeda.com/search?wd=arduino+mega+2560+schematic&indexxpe=modules>, diakses pada 15 Juni 2020

ATmega2560 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit berdaya rendah yang didasarkan pada arsitektur RISC yang ditingkatkan AVR. Dengan menjalankan instruksi yang kuat dalam satu siklus clock tunggal, ATmega2560 mencapai throughput mendekati 1 MIPS per MHz yang memungkinkan perancang sistem untuk mengoptimalkan konsumsi daya dibandingkan kecepatan pemrosesan.

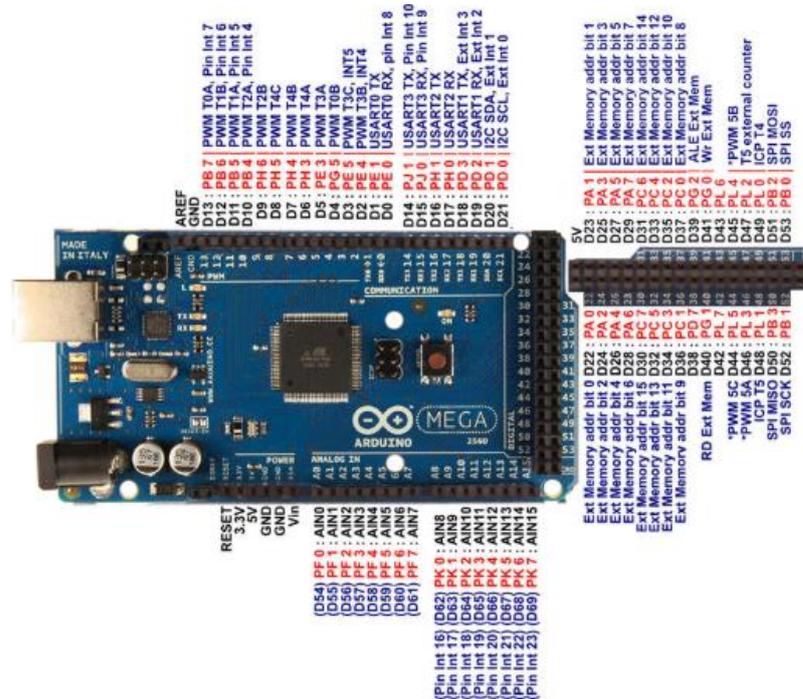
2.7.4 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Adapun spesifikasi singkat mengenai Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	: Atmega 2560
Tegangan Operasi	: 5V
Input Voltage (disarankan)	: 7-12V
Input Voltage (limit)	: 6-20V
Pin Digital I/O	: 54 (yang 15 pin digunakan sebagai output PWM)
Pins Input Analog	: 16
Arus DC per pin I/O	: 40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	: 50 mA
Flash Memory	: 256 KB (8 KB digunakan untuk bootloader)
SRAM	: 8 KB
EEPROM	: 4 KB

2.7.5 Konfigurasi Pin Out Arduino Mega 2560



Gambar 2.11 Konfigurasi Pin Arduino Mega 2560

Sumber: www.github.com, diakses pada 2 Februari 2020

Beberapa penjelasan tentang konfigurasi pin Arduino Mega 2560 berdasarkan **Gambar 2.11** adalah sebagai berikut:

- VIN adalah input tegangan untuk board (papan) Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai tegangan 5 Volt dari koneksi USB atau sumber daya ter-regulator lainnya). Pengguna dapat memberikan tegangan melalui pin ini melalui jack power sehingga dapat mengakses dan menggunakan tegangan lainnya melalui pin ini.
- 5V adalah sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 Volt, dari pin ini tegangan sudah diatur (ter-regulator) dari regulator yang tersedia (buitn) pada papan. Arduino dapat diaktifkan dengan sumber daya baik berasal dari jack power DC (7-12 Volt), konektor USB (5 Volt), atau pin VIN pada board (7-12 Volt). Memberikan tegangan melalui pin 5V atau 3.3V secara langsung tanpa melewati regulator dapat merusak papan Arduino.

- c. 3V3 adalah sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (on-board). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
- d. GND adalah Pin Ground atau Massa.
- e. IOREF adalah pin ini pada papan Arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler. Sebuah perisai (shield) dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan (voltage translator) pada output untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt.
- f. 16 pin sebagai input atau output analog yaitu pin A0 sampai dengan A15.
- g. 54 pin sebagai input atau output digital yaitu pin D0 sampai dengan D53 tetapi ada 15 pin untuk output PWM
- h. Serial terdiri dari Serial : 0 (RX) dan 1 (TX), Serial 1 : 19 (RX) dan 18 (TX), Serial 2 : 17 (RX) dan 16 (TX), dan Serial 3 : 15 (RX) dan 14 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL. Pins 0 dan 1 juga terhubung ke pin chip ATmega16U2 Serial USB-to-TTL.
- i. Eksternal Interupsi berada pada pin 2 (interrupt 0), pin 3 (interrupt 1), pin 18 (interrupt 5), pin 19 (interrupt 4), pin 20 (interrupt 3), dan pin 21 (interrupt 2). Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubah nilai.
- j. SPI berada pada pin 50 (MISO), pin 51 (MOSI), pin 52 (SCK), pin 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI. Pin SPI juga terhubung dengan header ICSP, yang secara fisik kompatibel dengan Arduino Uno, Arduino Duemilanove dan Arduino Diecimila.
- k. LED dapat digunakan pada Pin 13. Tersedia secara built-in pada papan Arduino ATmega 2560. LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin diset bernilai HIGH, maka LED menyala (ON), dan ketika pin diset bernilai LOW, maka LED padam (OFF).
- l. TWI berada pada pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL). Yang mendukung komunikasi TWI menggunakan perpustakaan Wire. Perhatikan bahwa pin

ini tidak di lokasi yang sama dengan pin TWI pada Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila.

- m. AREF adalah referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan fungsi `analogReference()`.
- n. RESET adalah jalur LOW ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada shield yang menghalangi board utama Arduino.

Dalam bahasa pemrograman arduino ada tiga bagian utama yaitu struktur, variabel dan fungsi (Artanto, 2012:27):

Struktur Program Arduino :

a. Kerangka Program

Kerangka program arduino sangat sederhana, yaitu terdiri atas dua blok. Blok pertama adalah `void setup()` dan blok kedua adalah `void loop()`.

b. Blok Void `setup ()`

Berisi kode program yang hanya dijalankan sekali sesaat setelah arduino dihidupkan atau di-reset. Merupakan bagian persiapan atau instalasi program.

c. Blok `void loop()`

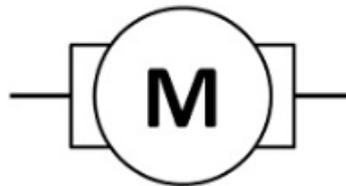
Berisi kode program yang akan dijalankan terus menerus. Merupakan tempat untuk program utama.

Berikut ini merupakan gambaran siklus yang terjadi dalam melakukan pemrograman Arduino:

1. Koneksikan papan Arduino dengan komputer melalui USB port.
2. Tuliskan sketsa rancangan suatu program yang akan dimasukkan ke dalam papan Arduino.
3. Upload sketsa program ke dalam papan Arduino melalui kabel USB dan kemudian tunggu beberapa saat untuk melakukan restart pada papan Arduino.
4. Papan Arduino akan mengeksekusi rancangan sketsa program yang telah dibuat dan di-upload ke papan Arduino.

2.8 Motor DC

Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/directunidirectional. Motor DC adalah piranti elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak rotasi. Pada motor DC terdapat jangkar dengan satu atau lebih kumparan terpisah. Tiap kumparan berujung pada cincin belah (komutator). Dengan adanya insulator antara komutator, cincin belah dapat berperan sebagai saklar kutub ganda (double pole, double throw switch). Motor DC bekerja berdasarkan prinsip gaya Lorentz, yang menyatakan ketika sebuah konduktor beraliran arus diletakkan dalam medan magnet, maka sebuah gaya (yang dikenal dengan gaya Lorentz) akan tercipta secara ortogonal diantara arah medan magnet dan arah aliran arus. Pada **Gambar 2.12** merupakan simbol Motor DC.



Gambar 2.12 Simbol Motor DC

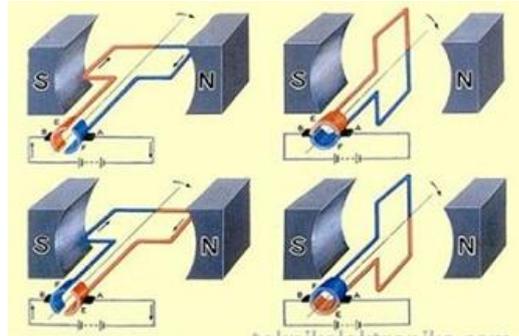
Sumber: www.teknikelektronika.com, diakses pada 2 Februari 2020

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

2.8.1 Prinsip Kerja Motor DC

Pada **Gambar 2.13** merupakan prinsip kerja Motor DC dimana terdapat dua bagian utama pada sebuah Motor Listrik 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), *brushes* (kuas/sikat arang).



Gambar 2.13 Prinsip Kerja Motor DC

Sumber: www.teknikelektronika.com, diakses pada 2 Februari 2020

Pada prinsipnya motor listrik DC 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.

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 kumparan 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.

2.9 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo.



Gambar 2.14 Pin Out Motor Servo MG 996

Sumber: <https://alphatroniclk.com/mg996r-tower-pro-micro-servo-metal-sri-lanka>, diakses pada 20 Juni 2020

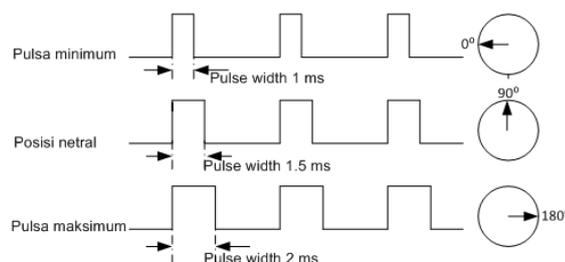
Gambar 2.14 merupakan pin out dari motor servo MG996. Penggunaan sistem kontrol loop tertutup pada motor servo berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo. Poros output akan di sensor untuk mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang di inginkan atau belum, dan jika belum, maka kontrol input akan mengirim sinyal kendali untuk membuat posisi poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan.

2.9.1 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°. Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi 0° 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° atau ke kanan (searah jarum jam). Lebih jelasnya perhatikan **Gambar 2.15** dibawah ini.

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.



Gambar 2.15 Pulse Motor Servo

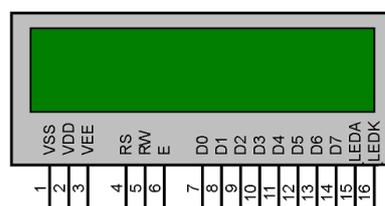
Sumber: www.insinyeor.com, diakses pada 2 Februari 2020

2.10 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 (controller) untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. LCD karakter adalah LCD yang bisa menampilkan karakter ASCII dengan format dot matriks. 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 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-instruksi, sehingga modul LCD ini dapat dengan mudah dihubungkan dengan unit mikrokontroler. **Gambar 2.16** merupakan pinout LCD.



Gambar 2.16 Pin Out LCD.

Sumber: <https://blog.nikunjchauhan.com/how-to-use-i2c-lcd-with-arduino-uno-or-mega/>, diakses pada 15 Juni 2020

Keterangan Pin Out LCD dapat dilihat pada **Tabel 2.4**.

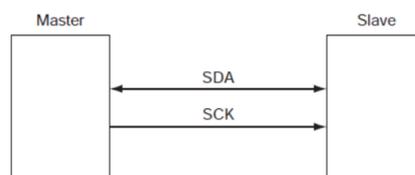
Tabel 2.4 Keterangan *Pin Out* LCD

Pin No.	Pin Name	Pin Type	Pin Description	Pin Connection
Pin 1	Ground	Source Pin	This is a ground pin of LCD	Connected to the ground of the MCU/ Power source
Pin 2	VCC	Source Pin	This is the supply voltage pin of LCD	Connected to the supply pin of Power source
Pin 3	V0/VEE	Control Pin	Adjusts the contrast of the LCD.	Connected to a variable POT that can source 0-5V
Pin 4	Register Select	Control Pin	Toggles between Command/Data Register	Connected to a MCU pin and gets either 0 or 1. 0 -> Command Mode 1-> Data Mode
Pin 5	Read/Write	Control Pin	Toggles the LCD between Read/Write Operation	Connected to a MCU pin and gets either 0 or 1. 0 -> Write Operation 1-> Read Operation
Pin 6	Enable	Control Pin	Must be held high to perform Read/Write Operation	Connected to MCU and always held high.
Pin 7-14	Data Bits (0-7)	Data/Command Pin	Pins used to send Command or data to the LCD.	In 4-Wire Mode_Only 4 pins (0-3) is connected to MCU In 8-Wire Mode All

				8 pins(0-7) are connected to MCU
Pin 15	LED Positive	LED Pin	Normal LED like operation to illuminate the LCD	Connected to +5V
Pin 16	LED Negative	LED Pin	Normal LED like operation to illuminate the LCD connected with GND.	Connected to ground

2.11 I2C (*Inter-Integrated Circuit*)

I2C (*Inter-Integrated Circuit*) merupakan koneksi yang dibuat untuk menyediakan komunikasi antara perangkat-perangkat terintegrasi, seperti sensor, RTC, dan juga EEPROM. Komunikasi I2C menggunakan protocol dan hanya menggunakan dua kabel untuk komunikasi, yaitu *Synchronous Clock* (SCL) dan *Synchronous Data* (SDA). Secara berurutan data dikirim dari *master* ke *slave* kemudian dari *slave* ke *master*. Perangkat I2C menggunakan 2 buah pin *open-drain* dua arah dengan memberikan *pull-up* resistor untuk setiap garis bus sehingga berlaku seperti AND menggunakan kabel. AVR dapat menggunakan 120 jenis perangkat untuk berbagi pada bus I2C yang masing-masing disebut sebagai node. Setiap node beroperasi sebagai *master* atau *slave*. *Master* merupakan perangkat yang menghasilkan clock untuk sistem, menginisiasi, dan juga memutuskan sebuah transmisi. *Slave* merupakan node yang menerima *clock* dan dialamatkan oleh *master*. Baik *master* dan *slave* dapat menerima dan mentransmisikan data, dapat dilihat pada **Gambar 2.17**.



Gambar 2.17 Aliran Data I2C

Sumber:http://web.fisika.ui.ac.id/images/Laboratorium/Lab_Sistem_Tertanam/Mo_dul_Pendamping9_SistemTertanam.pdf, diakses pada 15 Juni 2020

I2C merupakan protocol komunikasi serial dimana setiap bit data ditransfer pada jalur SDA yang disinkronisasikan dengan pulsa clock pada jalur SCL. Jalur data tidak dapat berubah ketika jalur clock berada dalam kondisi high. Dalam I2C, setiap alamat atau data yang ditransmisikan harus dibentuk dalam sebuah paket dengan panjang 9 bit dimana 8 bit pertama disimpan dalam jalur SDA oleh *transmitter*, dan bit ke-9 merupakan *acknowledge* (atau *not acknowledge*) oleh *receiver*.