BAB II

DASAR TEORI

Bab ini berisi tentang teori mengenai permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini secara garis besar dimulai dari definisi Robot , Arduino Mega 2560, Mikrokontroller ATMega 2560, *Sensor Ultra Sonic, Infrared, Fotodioda*, Motor DC, *Driver* Motor L293D, *comparator LM339*, Keypad, dan *Liquid Crystal Display* (LCD).

2.1 Robot

Robot adalah mesin yang terlihat seperti manusia dan melakukan berbagai tindakan yang kompleks dari manusia seperti berjalan atau berbicara, atau suatu peralatan yang bekerja secara otomatis. Robot biasanya diprogram untuk melakukan pekerjaan berulang kali dan memiliki mekanisme yang dipandu oleh kontrol otomatis. Pada robot terdapat 4 karakteristik yang dimiliki yaitu:

a. memiliki sensor

   Sensor merupakan peralatan yang berguna untuk mengukur ataupun merasakan sesuatu pada lingkungan di luar robot, layaknya indera pada makhluk hidup, dan memberi laporan hasilnya kepada robot.

b. memiliki sistem kecerdasan (kontrol)

   Sistem kecerdasan bekerja dengan memproses data masukan berupa keadaan ataupun kejadian yang sedang terjadi dari luar lingkungan. Selanjutnya sistem menghasilkan keluaran berupa instruksi ataupun keputusan pada robot untuk

melakukan suatu tindakan tertentu. Sistem ini secara umum memiliki prinsip kerja seperti otak pada makhluk hidup.

c. memiliki peralatan mekanik (aktuator)

Peralatan mekanik berfungsi untuk membuat robot dapat melakukan suatu tindakan tertentu dan berinteraksi dengan lingkungannya.

d. memiliki sumber daya (power)

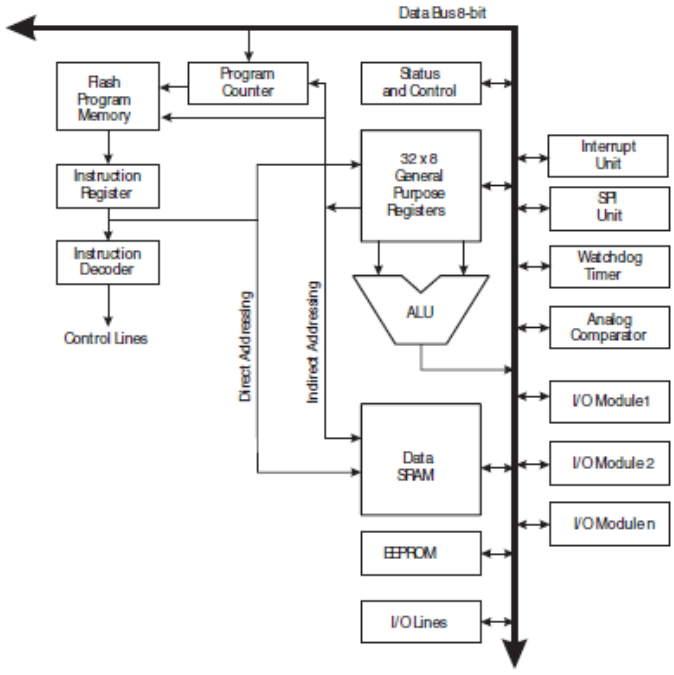
Sebagaimana pada organisme kehidupan yang membutuhkan makanan untuk hidup, robot juga memerlukan sumber tenaga untuk menggerakkan komponen elektrik dan mekanika yang terpasang. Sumber energi pada robot 0 mencakup penyedia tenaga listrik seperti baterai, dan sistem pengatur transmisi yang bertugas mengonversi tenaga listrik sesuai kebutuhan setiap komponen [3].

2.2. Mikrokontroller

Mikokontroler adalah suatu chip dimana prosesor, memori dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan kontrol sehingga mikrokontroler dapat dikatakan sebagai komputer mini yang dapat bekerja secara inovatif sesuai kebutuhan sistem. Dalam aplikasinya mikrokontrolerlah yang langsung berhubungan dan bertugas untuk mengendalikan suatu robot dan alat yang terkontrol. Penggunaan mikrokontroler biasanya dipasangkan dengan sebuah komputer yang dapat saling berkomunikasi dalam mengirimkan data baik untuk memprogram ulang tugas yang dijalankan oleh mikrokontroler maupun memberikan nilai pada parameter-parameter untuk pengendalian.

Salah satu mikrokontroler yang ada di pasaran adalah mikrokontroler AVR yang dibuat oleh perusahaan Atmel. Mikrokontroler AVR menggunakan arsitektur *Harvard* dengan memisahkan memori dan jalur *bus* untuk program dan data agar

meningkatkan kemampuan karena dapat mengakses program memori dan data memori secara bersamaan. Mikrokontroler AVR memiliki *fast access register file* dengan 32 *register* x 8-bit. Dengan 32 *register* AVR dapat mengeksekusi beberapa instruksi sekali jalan (*single cycle*). 6 dari 32 *register* yang ada dapat digunakan sebagai *indirect address register pointer* 16-bit untuk pengalamatan data *space*, yang memungkinkan penghitungan alamat yang efisien.

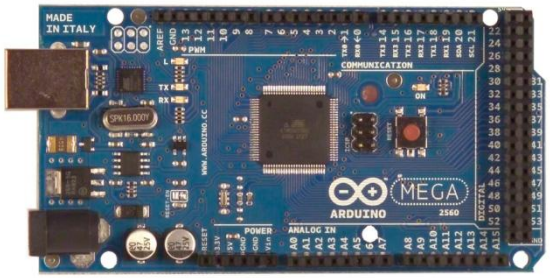


Gambar 2.1. Arsitektur ATMega2560 [14]

2.2.1 Arduino Mega 2560

Arduino mega 2560 adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega2560 (datasheet). Mikrokontroler Atmega 2560 ini memiliki 54 digital pin *input/ output* (yang 15 dapat digunakan sebagai *output* PWM), 16 *input* analog, 4 UART (*hardware port serial*), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol *reset*. Arduino ini berisi semua yang

diperlukan untuk mendukung mikrokontroler dengan hanya menghubungkannya ke komputer menggunakan kabel USB atau adaptor AC-DC dan baterai untuk memulai. ATMega 2560 kompatibel dengan sebagian perisai dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Diecimila.



Gambar 2.2. Arduini Mega 2560 [4]

Spesifikasi Arduino Mega 2560:

Mikrokontroler	: ATmega2560
tegangan operasi	: 5V
tegangan masukan (disarankan)	: 7-12V
tegangan masukan (batas)	: 6-20V
digital I / O Pins	: 54 (yang 15 memberikan output PWM)
pins Masukan Analog	: 16
DC Current per I / O Pin	: 40 mA
DC saat ini untuk 3.3V Pin	: 50 mA
flash Memory	: 256 KB yang 8 KB digunakan bootloader
SRAM	: 8 KB
EEPROM	: 4 KB
kecepatan Jam	: 16 MHz

2.2.2. Mikrokontroller Atmega 2560

Mikrokontroler ATMega 2560 merupakan mikrokontroler 8 bit berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruktion Set Computing*) dimana set instruksinya dikurangi baik dari segi ukurannya maupun kompleksitas pengalamatannya. Satu instruksi biasanya berukuran 16 bit dan sebagian besar di eksekusi dalam 1 siklu. Atmega 2560 memiliki 86 buah I/O yang masing-masing memiliki fungsi khusus yang bisa di program selain sebagai pin I/O biasa. Fungsi khusus tersebut diantaranya adalah sebagai berikut:

a. ADC (*Analog Digital Converter*)

Atmega 2560 memiliki 16 pin ADC yang dapat digunakan untuk mengkonversi nilai tegangan yang berupa analog menjadi data berupa bit-bit biner atau data digital. Nilai tegangan yang dapat dikonversi berkisar antara 0 volt hingga tegangan pada PIN AREF atau AVCC, dengan persamaan sebagai berikut:

$$Nilai\ digital = \frac{nilai\ \ analog\ \ tegangan}{tegangan\ \ \ AVCC/AREF} x1023 \qquad (2.1)$$

Dimana 1023 adalah resolusi ADC pada Atmega 2560 yaitu 10 bit.

b. Timer

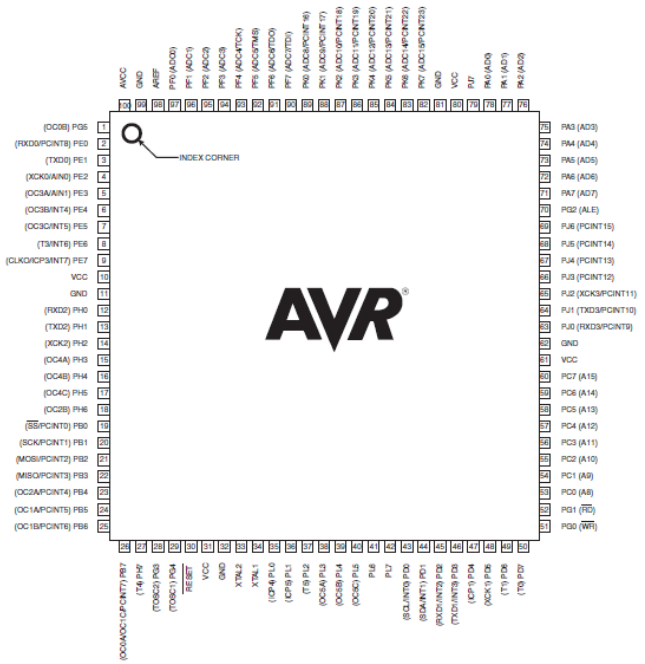
Atmega 2560 didukung oleh 6 timer dengan detail 2 timer 8 bit dan 4 timer 16 bit. Setiap timer tersebut memiliki pewaktuan masing-masing yang merupakan hasil prescaler dari clock utama mikrokontroler. Timer-timer ini bisa diset menjadi mode *compare* yaitu mode dimana timer bisa menghasilkan sinyal PWM dengan perioda dan lebar positif pulsa tertentu.

c. USART

USART (*Universal Serial Asyncronous Receiver Transmitter*) merupakan fungsi khusus yang tidak kalah penting yang di miliki atmega2560. Dengan fungsi ini mikrokontroler dapat berkomunikasi dengan perangkat lain seperti komputer,ponsel,bahkan dengan mikrokontroler lain melalui jalur serial.

d. Interrupt

Digunakan jika terdapat masukan yang perubahan bitnya perlu di respon sesaat itu juga.dengan memilih salah satu mode misalnya *falling edge* pada PIN kasus ini,maka interrup akan terjadi ketika pin tersebut mengalami perubahan nilai bit dari1 ke 0. Ada mode lain yang dapat membuat interrupt terjadi, yaitu mode *rising edge* yang merupakan kebalika dari mode *falling edge* dan mode toggle yang merupan gabungan antara *falling edge* dan *rising edge*. Sesaat setelah interrupt terjadi maka interrupt *service routine* yang merupakan respon pun akan segera dieksekusi [13].

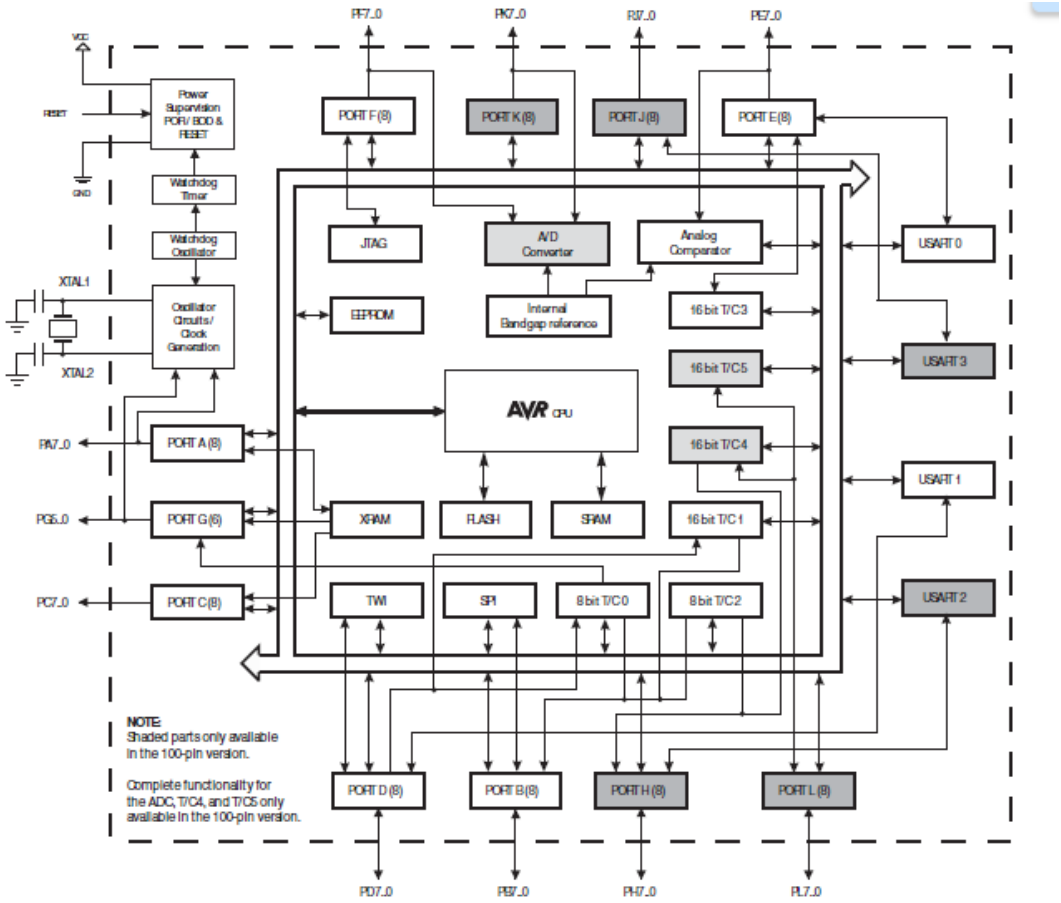


Gambar 2.3 Konfigurasi Mikrokontroler ATMega2560 [14]

Penjelasan konfigurasi pin mikrokontroller ATmega 2560 secara umum adalah sebagai berikut:

1. VCC merupakan pin yang digunakan sebagai masukan sumber tegangan.
2. GND merupakan pin untuk *Ground*.
3. XTAL1/ XTAL2, XTAL digunakan sebagai pin external clock.
4. *port* A, B, C ,D ,E , H, dan L merupakan 8 bit port I/O dengan internal pull-up resistor. Port G merupakan 6 bit port I/O dengan internal pull-up resistor.
5. Port F (PF0:PF7) dan Port K (PK0:PK7) merupakan pin I/O dan merupakan pin masukan ADC.
6. AVCC adalah pin masukan untuk tegangan ADC.
7. AREF adalah pin masukan untuk tegangan referensi eksternal ADC [15].

ATmega2560 adalah mikrokontroler yang sangat kompleks di mana tersedia 85 jumlah I/O yang disediakan. Mikrokontroller Atmega 2560 memiliki fitur yang 14 lengkap (ADC internal, EEPROM internal, Timer/Counter, Watchdog Timer, PWM, Port I/O, komunikasi serial, Komparator).



Gambar 2.4 Diagram Blok Fungsional Atmega2560 [14]

Dari Gambar 2.4 dapat dilihat bahwa Atmega 2560 memiliki bagian sebagai berikut:

a. Saluran I/O sebanyak 85 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, Port D, Port E, port F, Port G, Port H, Port J, Port K, dan Port L,.
b. ADC 10 bit sebanyak 16 saluran.
c. Tiga buah Timer/Counter dengan kemampuan pembanding
d. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
e. Watchdog Timer dengan osilator internal.
f. SRAM sebesar 8 Kbyte.

g. EPROOM sebesar 4 Kbyte.

h. Memori Flash sebesar 256 Kbyte dengan kemampuan Read While Write.

i. Unit interupsi internal dan eksternal.

j. Port antarmuka SPI.

k. PWM 11 saluran.

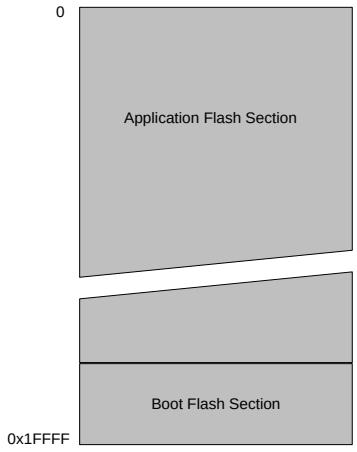
l. Tegangan kerja 1,8 sampai 5,5 V.

m. Range suhu -400C sampai 850C.

n. Terdapat 100 pin PDIP.

2.2.3. Memori Mikrokontroller ATMega2560

Pada mikrokontroler AVR terdapat dua ruang memori utama, yaitu memori data *Static Random Access Memory* (SRAM) dan memori program *In-System Reprogrammable Flash Program Memory* (ISP). Selain dua memori utama tersebut, pada ATMega 2560 terdapat memori *Electrically Eraserable Programmable Read-Only Memory* (EEPROM).



Gambar 2.5 Program memori ATMega 2560 [14]

a. *Flash Memory*

Mikrokontroller ATMega 2560 memiliki 256 *kbyte On-Chip In-System Reprogrammabe Flash Memory* yang digunakan untuk menyimpan program dan menyimpan vektor interupsi. Karena semua instruksi pada AVR mempunyai lebar instruksi 16 atau 32 bit, maka ATMega 2560 memiliki organisasi memori 128 x 16 bit dengan alamat dari 0 sampai 0x1FFFF. Untuk keamanan *software,* ruang *flash program memory* dibagi menjadi dua bagian, yaitu *Boot Program* dan *Application Program.* ATMega 2560 memiliki *Program Counter* (PC) dengan lebar 17 bit untuk mengalamati *program memory* sebesar 16 *kbyte.*

b. *Static Random Access Memory* (SRAM)

Static Random Access Memory (SRAM) atau biasa disebut juga data memori yang berfungsi untuk menyimpan data sementara. SRAM merupakan memori yang termasuk golongan *volatile* yang berarti data akan hilang ketika tidak mendapat sumber listrik dan SRAM tidak membutuhkan *refresh* secara periodik dikarenakan SRAM menggunakan teknologi transistor.

c. *Electrically Eraserable Programmable Read-Only Memory* (EEPROM)

EEPROM secara umum digunakan untuk menyimpan data yang tetap. EEPROM termasuk golongan memori *non-volatile* yang berarti data tidak akan hilang walaupun EEPROM tersebut kehilangan sumber listrik. Pada ATMega 2560 sebesar 4 *kbyte* yang dapat diakses *read/write* sesuai kebutuhan [14].

2.3. Sensor

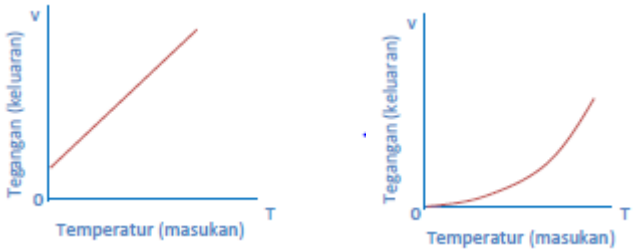
Di bawah ini menjelaskan definisi sensor dan beberapa jenis sensor seperti sensor ultrasonic, *infrared,* sensor cahaya, photodioda.

2.3.1. Definisi Sensor

Sensor merupakan peralatan yang berguna untuk mengukur ataupun merasakan sesuatu pada lingkungan di luar robot, layaknya indera pada makhluk hidup [3]. Sensor adalah Jenis transduser yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor atau transduser dapat digukanan sebagai bagian dari sistem instrumentasi (Pengukuran) dan dapat pula digunakan untuk kepentingan pengendalian (kontrol). Maka dalam memilih peralatan sensor dan transduser yang tepat dan sesuai dengan sistem yang akan disensor maka perlu diperhatikan persyaratan umum sensor berikut ini.

1. Linearitas

Linier dalam hal ini dimaksudkan hubungan antara besaran input yang dideteksi menghasilkan besaran output dengan hubungan berbanding lurus dan dapat digambarkan secara gravik membentuk garis lurus. Pada gambar 2.5 (a) memperlihatkan tanggapan linear sensor suhu dan pada gambar 2.5 (b) memperlihatkan tanggapan yang tidak linear.



(a) (b)

Gambar 2.6 Tanggapan pada sensor [6]

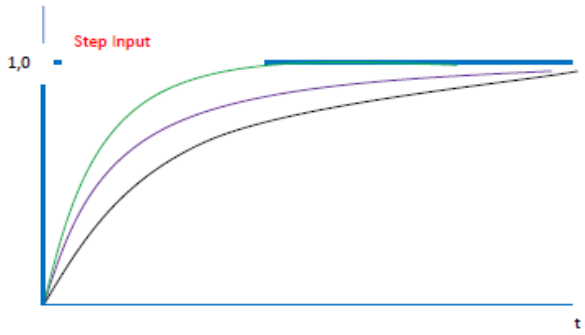
2. Sensitivitas

Perbandingan antara sinyal keluaran atau respon transduser terhadap perubahan masukan atau variable yang diukur. Sensitivitas akan menunjukan seberapa jauh

kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Apabila tanggapannya linier, maka sensitivitasnya juga akan sama untuk jangkauan pengukuran keseluruhan. Untuk sensor dengan tanggapan seperti pada gambar 2.6 (b) akan lebih peka pada temperatur yang tinggi dari pada temperatur yang rendah.

3. Tanggapan waktu

Tanggapan waktu pada sensor menunjukan seberapa cepat tanggapannya terhadap perubahan masukan. Pada gambar 2.7 grafik instrument dengan masukkan *step input*.



Gambar 2.7 Grafik Tanggapan Waktu [6]

Pada gambar 2.6 garis hijau menunjukan respon yang paling cepat dibanding garis ungu dan hitam, sedangkan garis hitam menunjukan respon yang paling lambat dibandingkan dengan garis hijau dan ungu.

4. Jangkauan dan ukuran fisik

Salah satu kriteria untuk memilih sensor adalah kesanggupan mengindera dan ukuran fisik dari sensor sesuai dengan yang diperlukan [6].

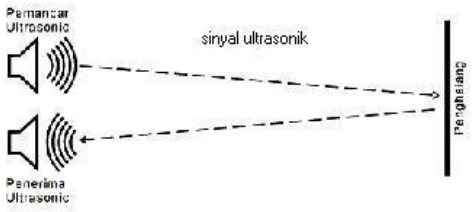
2.3.2. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sensor pengukur jarak berbasis gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang akustik yang memiliki frekuensi 40 KHz dengan kecepatan suara 344 m/s



Gambar 2.8 Bentuk Fisik Sensor Ultrasonik [15]

Sistem kerja sensor ini menembakkan gelombang ke obyek dan menunggu pantulannya maka waktu tempuhnya dua kali, sehingga untuk mengetahui jarak sebenarnya harus dibagi dua, setengah adalah waktu gelombang ditembakkan dan mengenai obyek, setengahnya adalah pantulan gelombang dari obyek yang kembali ke *receiver.*



Gambar 2.9 Seistem Kerja Sensor Ultrasinic HC-SR04 [5]

Secara matematis besarnya jarak dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini [5].

$$s = \frac{V.t}{2} \qquad (2.2)$$

Dimana:

s : jarak dalam satuan meter (m)

v : kecepatan suara

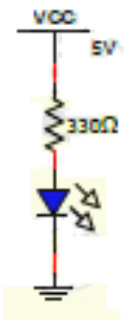
t : waktu tempuh

Spesifikasi dari sensor ultrasonic HC-S04 adalah sebagai berikut [15]:

- jangkauan deteksi: 2cm sampai kisaran 400 -500cm
- sudut deteksi terbaik adalah 15 derajat
- tegangan kerja 5V DC
- resolusi 1cm
- frekuensi Ultrasonik 40 kHz
- dapat dihubungkan langsung ke kaki mikrokontroler

2.3.3. *Infrared*

Infrared adalah dioda *solid state* yang terbuat dari bahan galium arsenida (GaAs) yang mampu memancarkan fluks cahaya ketika dioda ini dibias maju. Bila diberi bias naju elektron dari daerah-n akan menutup lubang elektron yang ada didaerah-p. Selama proses rekombinasi, energi dipancarkan keluar dari permukaan p dan n dalam bentuk foton-foton yang dihasilkan ini ada yang diserap lagi dan ada yang meninggalkan permukaan dalam bentuk energi. Sinar inframerah meliputi daerah frekuensi antara 10^{11} Hz sampai 10^{14} Hz dan mempunyai daerah panjang gelombang 10^{-14} sampai 10^{-1} cm. Hubungan antara energi foton yang dipancarkan dengan Eg LED ditunjukkan pada persamaan (2.3) dan (2.4) [8]:



Gambar 2.10. Rangkaian Dasar Inframerah dan LED [8]

$$Eg = \frac{h.c}{\lambda} \quad (2.3)$$

atau

$$Eg = h.f \quad (2.4)$$

Dimana:

Eg : energi foton

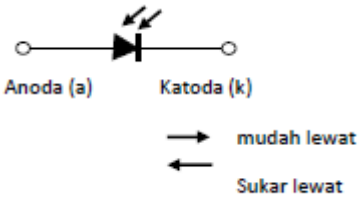
h : potensial ionisasi ($4{,}136.10^{-15}$ eV)

c : kecepatan cahaya (3.10^{8} m/s)

λ : panjang gelombang cahaya (m)

2.3.4. Photodioda

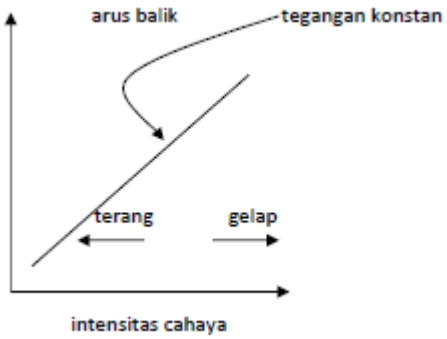
Photodioda adalah jenis dioda yang berfungsi untuk mendeteksi cahaya. Photodioda merupakan sensor cahaya semikonduktor yang dapat merubah energi cahaya menjadi besaran listrik. Disebut photodioda karena ada dua kaki (dioda) dan arus mengalir padanya dengan mudah dalam satu arah dan sulit dalam arah yang lain. Kedua aliran arus pada arah yang sulit dapat berubah dengan adanya perubahan intensitas cahaya. Pada gambar 2.11 memperlihatkan aliran arus yang mudah (bias maju) dan arah aliran sukar (bias mundur) [6].



Gambar 2.11 Sifat Photodioda [6]

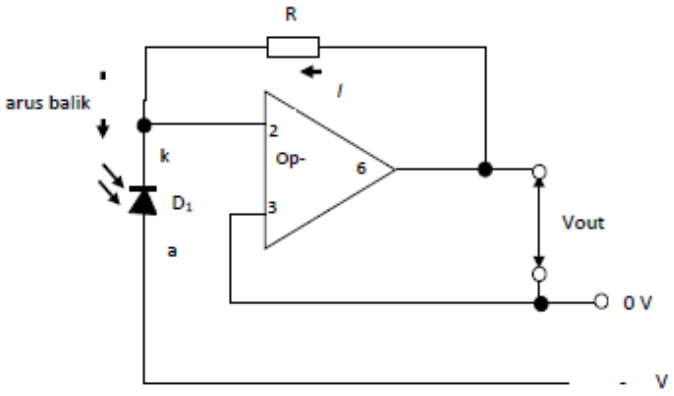
Hal yang penting untuk diperhatikan ketika photodioda dibias terbalik arus berbanding lurus dengan intensitas cahaya apabila beda potensial ditahan konstan,

karakteristik seperti ini sangat penting untuk diperhatikan. Karakteristiknya dapat ditunjukkan seperti pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Karakteristik Photodioda [6]

Arus bias terbalik sangatlah kecil dan berubah sesuai dengan tingkat pencahayaan, dari sekitar 1 nano ampere di tempat gelap (nA atau 10^{-9}A) sampai sekitar 1 miliamp (mA atau 10^{-3}A) di tempat terang. Untuk penguat khusus photodioda dapat di lihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.13 Penguat Photodioda [6]

$$Vout = I.R \qquad (2.5)$$

Dimana:

I : arus bias mundur fotodioda

R : resistor umpan balik

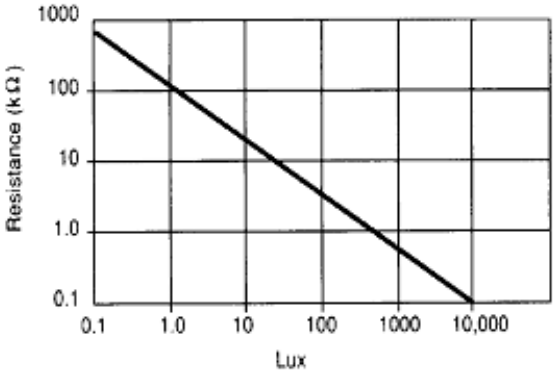
5. *Light Dependent Resistor* (LDR)

Light dependent resistor (LDR) adalah alat yang digunakan untuk mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. *Light dependent resistor* (LDR) merupakan suatu *element* yang konduktivitasnya berubah-ubah tergantung dari intensitas cahaya yang diterima permukaan *element* tersebut, akan tetapi keluaran yang ada pada sensor tidak sama dengan apa yang diketahui dari sebuah teori dan hasil simulasi.



Gambar 2.14 Bentuk Sensor LDR [17]

Prinsip kerja sensor LDR yaitu jika cahaya yang mengenai permukaan LDR maka nilai resitansinya akan mengecil, sebaliknya jika permukaan LDR sedikit mengenai cahaya maka resistansinya akan semakin besar. Berikut adalah grafik hubungan antara resistansi LDR dengan intensitas cahaya.



Gambar 2.15 Grafik hubungan Resistansi LDR dengan Intensitas Cahaya [17]

6. *Limtch Switch*

Limit switch adalah sensor peraba yang bersifat mekanis dan mendeteksi sesuatu setelah terjadi kontak fisik. Penggunaan sensor ini biasanya digunakan untuk membatasi gerakan maksimum sebuah mekanik. Sensor ini juga seringkali digunakan untuk sensor cadangan bilamana sensor yang lain tidak berfungsi.



Gambar 2.16 *Limit Switch* [2]

2.4. Motor DC

Motor DC adalah sebuah aktuator yang mengubah besaran listrik menjadi sistem gerak mekanis. Motor DC beroprasi dengan prinsip-prinsip kemagnetan dasar, polaritas arus yang mengalir melalui kawat lilitan akan mementukan arah putaran motor dan nilai arus yang mengalir melalui kawat lilitan akan memnentukan nilai torsi dan kecepatan putaran motor. Kawat lilitan medan pada motor dc disebut *stator* (bagian yang tidak berputar) dan kawat lilitan jangkar disebut *rotor* (bagian yang berputar). Motor DC memiliki 3 bagian atau komponen utama untuk dapat berputar sebagai berikut:

a. kutub medan

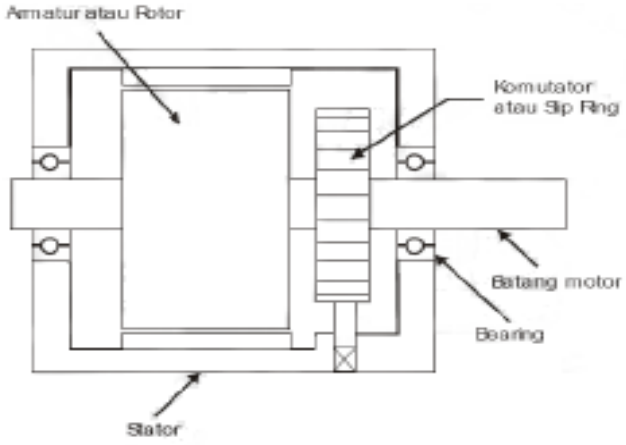
Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan, kutub utara dan kutub selatan, interaksi dua kutub medan tersebut akan menyebabkan putaran pada motor DC. Pada motor DC terdapat kutub medan yang statis dan dinamis, jika terjadi interaksi dua kutub medan tersebut maka akan menggerakan *bearing* pada ruang diantara kutub medan.

b. *rotor*

Rotor yang berbentuk silinder dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakan beban. Bila arus masuk menuju rotor (bagian motor yang bergerak) maka arus akan menjadi elektromagnet. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi.

c. *Commutator*

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam rotor dan membatu transmisi arus antara dinamo dan sumber daya [7].



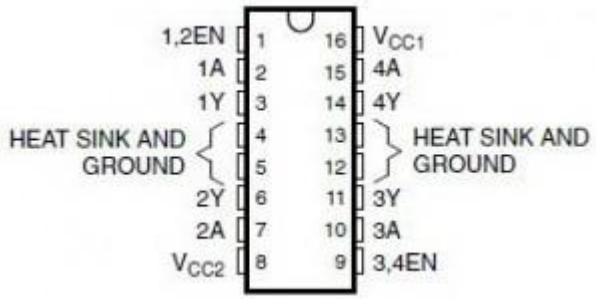
Gambar 2.17. Konstruksi Motor DC [7]



Gambar 2.18. Bentuk Fisik Motor DC [7]

2.5. *Driver* Motor L293D

L293D adalah IC yang didesain khusus sebagai *driver* motor DC dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL maupun mikrokontroler. Dalam 1 *unit chip* IC L293D terdiri dari 2 buah drivermotor DC yang berdiri sendiri sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1 Ampere tiap *driver*nya. Sehingga dapat digunakan untuk membuat *driver H-bridge* untuk 2 buah motor DC. Konstruksi pin driver motor DC IC l293D adalah sebagai berikut.



Gambar 2.19. Konstruksi IC L293D [9]

Fungsi Pin Driver Motor DC IC L293D sebagai berikut:

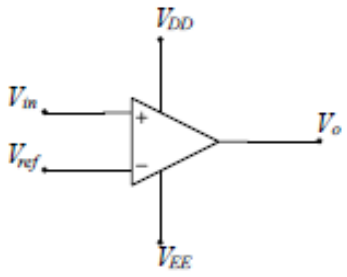
- Pin EN (*Enable*, EN1.2, EN3.4) berfungsi untuk mengijinkan driver menerima perintah untuk menggerakan motor DC.
- Pin *In* (*Input*, 1A, 2A, 3A, 4A) adalah pin *input* sinyal kendali motor DC
- Pin *Out* (*Output*, 1Y, 2Y, 3Y, 4Y) adalah jalur *output* masing-masing *driver* yang dihubungkan ke motor DC
- Pin VCC (VCC1, VCC2) adalah jalur *input* tegangan sumber *driver* motor DC, dimana VCC1 adalah jalur *input* sumber tegangan rangkaian kontrol dirver dan VCC2 adalah jalur *input* sumber tegangan untuk motor DC yang dikendalikan.

- Pin GND (*Ground*) adalah jalu yang harus dihubungkan ke ground, pin GND ini ada 4 buah yang berdekatan dan dapat dihubungkan ke sebuah pendingin kecil [9].

2.6. Komparator

Komparator adalah op-amp yang diatur dalam kondisi *open loop* seperti pada gambar 2.16 Berfungsi untuk membandingkan Vin dengan Vref dengan Vo yang bernilai sama dengan VDD dan VEE [11].

$$Vo = A(V_+ - V_-) \qquad (2.10)$$



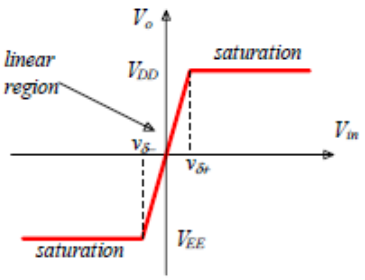
Gambar 2.20. Dasar Komparator [11]

2.6.1. Karakteristik Komparator

Komparator memiliki 2 karakteristik yaitu:

1. komparator *non-inverting* .

Untuk rangkaian pada gambar 2.16. , dimana $V_+ = V_{in}$ dan $V_- = V_{ref}$. Untuk $V_{ref} = 0$, karakteristik perpindahan tegangan V_o melawan V_{in} seperti yang di tunjukan pada gambar 2.17.



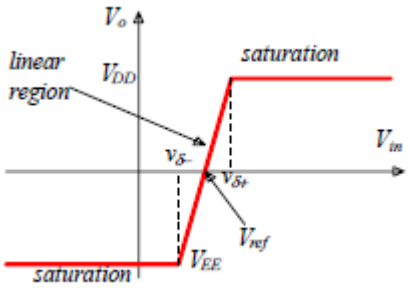
Gambar 2.21. Karakteristik perpindahan tegangan komparator *non-inverting* [11]

Ketika $V_{in} > V_{\delta+}$, $V_0 = V_{DD}$dan untuk $V_{in} < V_{\delta-} = V_{EE}$ Nilai $V_{\delta+}$ dan $V_{\delta-}$ berbanding terbalik dengan gain A *open loop.*

$$V_{\delta+} = \frac{V_{DD}}{A} \quad (2.11)$$

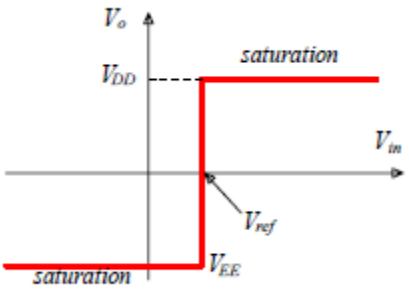
$$V_{\delta-} = \frac{V_{EE}}{A} \quad (2.12)$$

Operasi di daerah linier dibatasi untuk $V_{\delta-} < V_{in} < V_{\delta+}$. Di luar dari range op-amp adalah saturasi. Untuk $V_{ref} > 0$, karakteristik tegangan V_o melawan V_{in} seperti yang ditunjukan pada gambar2.18.



Gambar 2.22. Karakteristik transfer tegangan komparator *non-inverting* dengan referensi tidak nol [11]

Disini karakteristik digeser ke kanan oleh V_{ref}. Range dari V_{in}untuk daerah operasi linier tetap sama dan tegangan saturasi tetap sama dengan V_{DD} dan V_{EE}. Sehubung besar nilai A, range tegangan [$V_{\delta-}, V_{\delta-}$] sangat kecil dan dengan demikian untuk memperbaikinya di asumsikan komparator dengan *open loop* tidak terbatas yang sesuai dengan nilai nol pada daerah linier. Oleh karena itu, plot perpindahan tengangan pada gambar 2.18 akan menjadi seperti yang di tunjukan pada gambar 2.19. Disini dapat dilihat transisi dari satu daerah saturasi yang lain tegangan V_{in} dilintasi V_{ref} [11].



Gambar2.23. Komparator Iideal [11]

Dimana:

VDD : tegangan positif

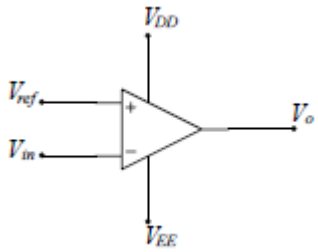
VEE : tegangan negatif (ground)

$V_{\delta+}$: titik puncak positif

$V_{\delta-}$: titik puncak negatif

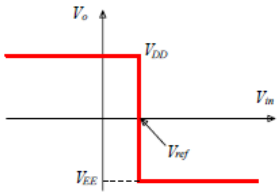
2. Karakteristik komparator *inverting*

Untuk rangkaian dapat dilihat pada gambar 2.20, dimana $V_+ = V_{ref}$ dan $V_- = V_{in}$.



Gambar 2.24. Komparator Inverting [11]

Karena $V_o = A(V_{ref} - V_{in})$ maka karateristik transfer tegangan yang sesuai di tunjukan pada gambar 2.21.



Gambar 2.25 Karakteristik Transfer Tegangan komparator *Inverting* [11]

Pengaturan lain untuk komparator *non-inverting* dapat di lihat pada gambar 2.22. (a) dan untuk komparator *inverting* dapat dilihat pada gambar 2.23. (b). Untuk tegangan *output* dapat ditentukan dengan persamaan (2.13) berikut ini [12].

$$Vo = A(V_+ - V_-) \tag{2.13}$$

Tegangan V_+ pada komparator *non-invering* dapat ditemukan menggunakan persamaan (2.14)

$$V_+ = V_{in}\frac{R_2}{R_1+R_2} + V_{ref}\frac{R_1}{R_1+R_2} \tag{2.14}$$

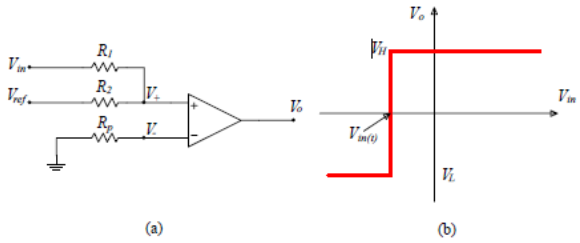
Dan untuk Tegangan V_- , jika $V_- = 0$ komparator akan transisi ketika V_+ melintasi nol. Hal ini terjadi ketika

$$0 = V_{in\ (t)}R_2 + V_{ref}R_1 \tag{2.15}$$

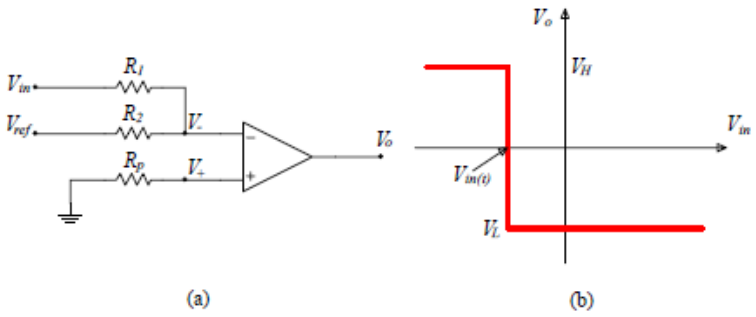
Dan dengan demikian transisi tegangan

$$V_{in\ (t)} = -\frac{R_1}{R_2}V_{ref} \tag{2.16}$$

Persamaan di atas perlu di sesuaikan dahulu untuk komparator *inverting* dengan melihat gambar 2.22. (a) dan gambar 2.23. (a). $V_+ > 0$ sesuai dengan $V_{in} > V_{in\ (t)}$ dan *output* positif (V_H). Demikian pula $V_+ < 0$ sesuai dengan $V_{in} < V_{in\ (t)}$ dan *output* menjadi negatif (V_L). Untuk kurva transfer tegangan *non-inverting* ditunjukan pada gambar 2.22. (b) dan untuk kurva transfer tegangan *inverting* ditunjukan pada gambar 2.23. (b) [11].



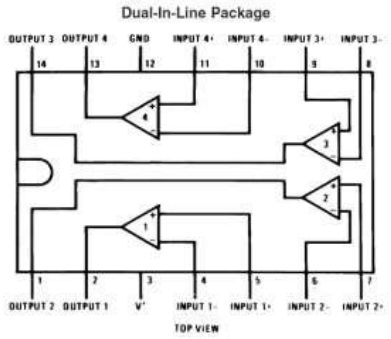
Gambar 2.26 Rangkaian komparator *non-inverting* [12]



Gambar 2.27 Rangkaian komparator *inverting* [11]

2.6.2. IC LM339

IC LM339 adalah IC komparator yang berfungsi untuk meng-*compare* (membandingkan). Pada satu buah IC LM 339 terdapat 4 buah 0p-amp komparator dimana satu buah komparator terdapat dua buah *input* yaitu, Vin dan Vref. Pada dasarnya jika Vin > Vref maka Vo berlogika 1 atau tegangannya sama dengan Vcc dan jika Vin < Vref maka Vo berlogika 0 atau 0V [10].



Gamba 2.28 IC *Comparator* LM339 [10]

2.7. *Liquid Crystal Display* (LCD)

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. Dipasaran tampilan LCD sudah tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD

beserta rangkaian pendukungnya termasuk ROM dll. LCD mempunyai pin data, kontrol catu daya, dan pengatur kontras tampilan.



Gambar 2.29 LCD 16x2 [2]

LCD memiliki data sheet sebagai berikut:

PIN 1 : Vss - GND

PIN 2 : VDD - +5V VCC

PIN 3 : Vo - Contrast Adjustment

PIN 4 : RS - Reset PIN 5: R/W - Read/Write ("0" = Write to LCD module "1" = Read from LCD module)

PIN 6 : E - Enable Signal

PIN 7 : DB0 Data 0

PIN 8 : DB1 Data 1

PIN 9 : DB2 Data 2

PIN 10 : DB3 Data 3

PIN 11 : DB4 Data 4

PIN 12 : DB5 Data 5

PIN 13 : DB6 Data 6

PIN 14 : DB7 Data 7

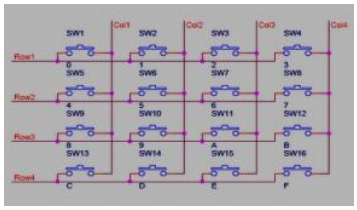
PIN 15 : Backlight +5V VCC

PIN 16 : Backlight GND [2].

2.8. Keypad 4x4

Keypad 4x4 adalah keypad matriks yang terdiri dari 4 kolom dan 4 baris. Penggunaan keypad matriks memungkinkan jumlah *input* sampai 2 kali lipat dari sesungguhnya sehingga memiliki alokasi 8 *port input* mikrokontroler. Penggunaan keypad matriks dapat mengkombinasikan logika input hingga

mencapai 16 input hanya menggunakan 8 bit mikrokontroler. Caranya dengan membagi *port* tersebut menjadi 4 baris dan 4 kolom seperti pada gambar 2.30.



Gambar 2.30 keypad matriks 4x4 [12]

Untuk contoh penggunaanya *port* kolom dijadikan sebagai input tegangan kemudian *port* baris digunakan menscan tombol mana saja yang di tekan. Ketika tombil 13 di tekan maka arus mengalir dari kolom 1 ke baris 4 dengan bengitu mikrokontroler dapat mengetahui tombol tersebut aktif sedangkan tombol lain mati [12].