

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Inframerah Dan Photodioda

Photodioda adalah dioda yang bekerja berdasarkan intensitas cahaya, jika photodioda terkena cahaya maka photodioda bekerja seperti dioda pada umumnya, tetapi jika tidak mendapat cahaya maka photodioda akan berperan seperti resistor dengan nilai tahanan yang besar sehingga arus listrik tidak dapat mengalir.



Gambar 2.1 Bentuk fisik photodioda

Gambar 2.1 Simbol dan bentuk photodioda hampir sama dengan LED, tetapi pada simbol photodioda arah dua panahnya menghadap ke dalam. Photodioda banyak digunakan sebagai sensor cahaya dalam dunia elektronika, karena sifatnya yang peka terhadap cahaya.

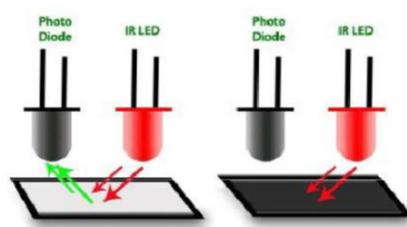


Gambar 2.2 Bentuk fisik inframerah

Gambar 2.2 menunjukkan bentuk fisik Inframerah, yaitu komponen yang memberikan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang lebih panjang dari cahaya tampak, tetapi lebih pendek dari radiasi gelombang radio. Nama infrmerah berarti "bawah merah" (dari bahasa Latin infra, "bawah"), merah merupakan warna dari cahaya tampak dengan gelombang terpanjang. Radiasi inframerah memiliki jangkauan tiga "order" dan memiliki panjang gelombang antara 700 nm dan 1 mm. Inframerah ditemukan secara tidak sengaja oleh *Sir* William Herschell, astronom kerajaan Inggris ketika ia sedang mengadakan

penelitian mencari bahan penyaring optik yang akan digunakan untuk mengurangi kecerahan gambar matahari dalam tata surya teleskop. Sedangkan pembangkit sinar inframerah ini adalah sebuah dioda LED. Secara kasat mata, cahaya inframerah tidak dapat dilihat.

Cara kerja sensor inframerah dan photodiode pada robot posisi robot diletakkan pada jalur, usahakan posisi jalur hitam berada ditengah - tengah IR sensor kiri, IR sensor kanan dan IR sensor depan untuk medeksi tembok .



Gambar 2.3 Cara kerja sensor

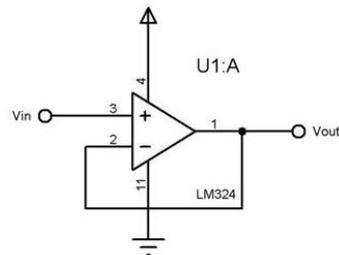
Gambar 2.3 photodiode menerima cahaya jika cahaya dari inframerah memantul pada permukaan yang berwarna putih , dan photodiode tidak menerima cahaya. Jika cahaya dari inframerah memantul pada permukaan yang berwarna hitam, dikarenakan permukaan yang berwarna hitam meresap cahaya yang dipantulkan oleh inframerah.

(Pandriangan Johannes, *Perancangan Dan Penggunaan Photodiode Sebagai Sensor Penghindar Dinding Pada Robot Forklift*, 2007)

2.2 Buffer

Rangkaian *buffer* adalah rangkaian yang menghasilkan tegangan output sama dengan tegangan inputnya. Dalam hal ini seperti rangkaian *common kolektor* yaitu berpenguatan = 1. Fungsi dari rangkaian buffer pada peralatan elektronika adalah sebagai penyangga, dimana prinsip dasarnya adalah penguat arus tanpa terjadi penguatan tegangan. Rangkaian buffer yang dibangun dari sebuah *operasional amplifier* (Op-Amp), dapat dibuat dengan sangat sederhana.

Rangkaian *buffer* dari Op-Amp menjadi sangat sederhana karena tidak diperlukan komponen tambahan pada konfigurasi *buffer non-inverting*. Berikut rangkaian *buffer* dari *operasional amplifier* (Op-Amp) yang di jelaskan Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 Rangkaian buffer

Dengan menghubungkan jalur input inverting ke jalur *output operasional amplifier* (op-amp) maka rangkaian *buffer* pada Gambar 2.4 diatas akan memberikan kemampuan mengalirkan arus secara maksimal sesuai kemampuan maksimal *operasional amplifier* (op-amp) mengalirkan arus output. Berikut perhitungan matematis metode hubung singkat antara jalur input inverting dan jalur output *operasional amplifier* (op-amp):

$$V_{out} \approx V_{in}$$

Sehingga untuk mencari nilai penguatan tegangan (A_v) dapat menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1$$

Aplikasi rangkaian *buffer* baik yang dibuat dari penguat transistor maupun penguat operasional (Op-Amp) pada umumnya digunakan sebagai *stabilizer* sinyal. Salah satu aplikasi riil dari rangkaian buffer adalah pada sistem transmisi sinyal dengan kabel.

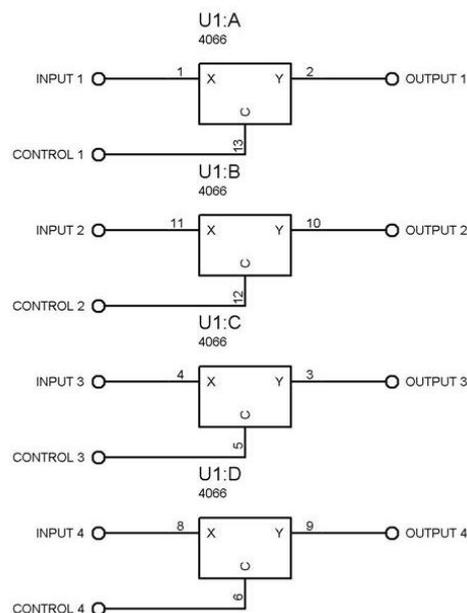
(Purnama Agus, 2012. *Operasional Amplifier (Op-Amp) Sebagai Buffer*. (<http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/operasional-amplifier-op-amp-sebagai-buffer/>). Diakses tanggal 2 Agustus 2015.)

2.3 Rangkaian *Multiplexer*

Multiplexer adalah suatu rangkaian yang mempunyai banyak input dan hanya mempunyai satu output. Dengan menggunakan selector, dapat dipilih salah satu inputnya untuk dijadikan output. Sehingga dapat dikatakan bahwa *multiplexer* ini mempunyai n-input, m-selector, dan 1 output. Biasanya jumlah inputnya adalah 2^m selectornya. Adapun macam dari *multiplexer* ini adalah sebagai berikut:

- Multiplexer 4x1 atau 4 to 1 multiplexer
- Multiplexer 8x1 atau 8 to 1 multiplexer
- Multiplexer 16x1 atau 16 to 1 multiplexer dsb

Rangkaian *multiplexer* berfungsi untuk memilih data yang akan diambil dari sensor infrared & photodiode yang di letakan pada sisi kanan, kiri dan depan robot *micromouse* dengan kata lain diperlukan *multiplexer* 3x1 atau 3 to 1 *multiplexer*. Perancangan *multiplexer* pada robot *micromouse* yaitu *multiplexer* 3x1 yang dibangun dari IC 4066 yang memiliki 4 buah saklar elektronis. Berikut ini adalah keterangan dari IC 4066, Gambar 2.5 berikut akan menjelaskan isi dari IC 4066.



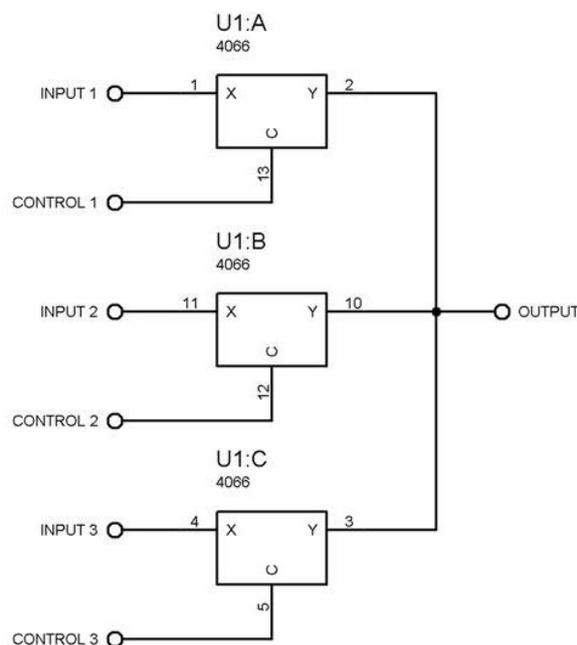
Gambar 2.5 Blok diagram IC 4066

Tabel 2.1 menjelaskan fungsi dari saklar elektronis IC 4066. Saklar ini akan On saat control input high (logika '1').

Tabel 2.1 Fungsi saklar elektronis IC 4066

Control	Saklar
L (Logika '0')	Off
H (Logika '1')	On

Dari 4 buah saklar elektronis difungsikan 3 buah saklar elektronis untuk membangun rangkaian multiplexer 3x1. Berikut Gambar 2.6 adalah rangkaian multiplexer 3x1 yang dibangun dari IC 4066:

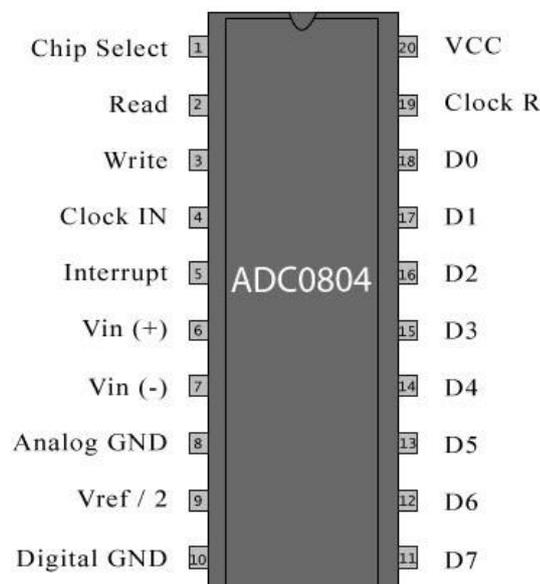


Gambar 2.6 Rangkaian multiplexer 3x1

(Azis abdul, 2013. *Demultiplexer Dan Multiplexer Oleh*. (http://www.academia.edu/10321452/Demultiplexer_dan_Multiplexer_Oleh). Diakses tanggal 2 Agustus 2015)

2.4 ADC (*Analog to Digital Conversion*)

Analog to Digital Converter adalah sebuah peralatan yang paling sering digunakan untuk melakukan pencuplikan data (*data acquisition*). Komputer Digital selalu menggunakan nilai-nilai biner (*discrete*), tapi dalam dunia nyata semua adalah analog (*continuous*). Suhu, tekanan (gas atau cair), kelembaban, dan kebisingan adalah beberapa contoh dari nilai-nilai fisika yang akrab dengan kita. Nilai fisika tersebut harus dikonversi menjadi nilai listrik dengan alat yang digolongkan sebagai transduser. Transduser kadang-kadang juga disebut sebagai sensor. Masing-masing sensor misalnya Suhu, Tekanan, Cahaya, dan yang lainnya, memiliki output besaran listrik. Dan kita butuh sebuah konverter analog-ke-digital untuk mengartikan besaran besaran listrik tersebut menjadi besaran-besaran angka digital yang dimengerti komputer. Di dunia mikrokontroler chip yang sudah terkenal adalah ADC0804. Berikut Gambar 2.7 menunjukkan yang susunan pin pada ADC0804.



Gambar 2.7 IC ADC0804

ADC0804 biasanya diaplikasikan pada prosesor seperti mikrokontroler. Gambar 2.8 merupakan rangkaian untuk mengaplikasi ADC0804 pada sebuah prosesor.

3. *WR (Write)*

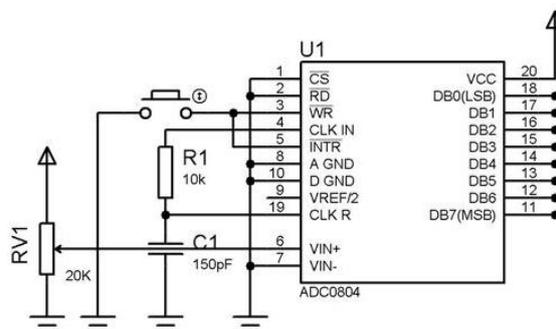
Ini adalah input aktif rendah yang digunakan untuk menginformasikan ADC0804 untuk segera memulai konversi. Jika CS = 0 dan ada pulsa tinggi-ke-rendah pada WR, maka ADC akan memulai proses konversi nilai analog dari pin Vin menjadi nilai digital 8-bit. Lama waktu konversi tergantung besaran kompoenen yang kita pasanag pada CLK IN dan CLK R seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Begitu konversi selesai maka pin INTR akan langsung oleh ADC dibuat rendah.

4. *CLK IN dan LCK R*

CLK IN adalah pin input yang dihubungkan pada sumber clock eksternal, jika kita menggunakan sumber clock eksternal untuk pewaktuan/timming. Namun, ADC0804 juga memiliki pembangkit clock sendiri di dalamnya. Untuk menggunakan pembangkit clock tersebut kita hanya membutuhkan sebuah capasitor dan sebuah resistor yang dihubugkan pada pin CLK IN dan CLK R tersebut. Cara menghubungkan ke 2 komponen dan ke 2 pin tersebut digambarkan pada gambar 2.8. Dalam kasus ini frekuensi clock ditentukan dari perhitungan sbb:

$$f = \frac{1}{(1.1 RC)}$$

Dimana R biasanya adalah resistor 10 k Ohms, dan C biasanya 150 PF. Sehingga akan didapat $f = 606$ kHz. Dan dalam kasus ini kita akan mendapatkan conversion time = 110uS.



Gambar 2.9 Menguji ADC0804 pada mode *Free Running*

5. *INTR (Interrupt, lebih cocok disebut : "konversi selesai")*

Ini adalah output pin dengan aktif rendah. Normalnya pin ini adalah tinggi, dan dia akan segera rendah hanya saat setelah selesainya proses konversi. Pin ini biasanya digunakan untuk memberitahukan CPU bahwa konversi telah selesai dan CPU bisa mengambil datanya pada pin-pin data.

6. *Vin(+) dan Vin(-)*

Ini adalah 2 buah input diferensial di mana sejatinya $V_{in} = V_{in(+)} - V_{in(-)}$. Jika $V_{in(-)}$ dihubungkan pada bumi (ground) maka berarti nilai pada $V_{in(+)}$ adalah sama dengan V_{in} , yakni nilai yang akan dikonversi.

7. *Vcc* Ini adalah pin untuk catu daya 5 volts. Selain itu, jika pin 9 atau pin $V_{ref}/2$ dibiarkan tidak terhubung maka tinggi tegangan V_{cc} inilah yang akan dijadikan V_{ref} -nya. Hal ini akan dijelaskan kemudian.

8. *Vref/2*

Pin 9 ini adalah input tegangan yang digunakan sebagai tegangan referensi. Jika pin dibiarkan tidak terhubung, maka jangkauan tegangan input analog adalah mulai dari 0 – 5 Volts. Pin ini sangat penting jika kita ingin mengubah ADC dipekerjakan dalam jangkauan selain 0-5V tersebut. Misalnya agar ADC0804 dapat bekerja dalam jangkauan 0 – 4 Volts, maka kita harus menggunakan pin 9 ini dan menghubungkannya pada tegangan 2 Volts. Tabel 2.2 menunjukkan jangkauan V_{in} dengan $V_{ref}/2$ berbeda.

Table 2.2 Hubungan $V_{ref}/2$ dan jangkauan V_{in}

$V_{ref}/2$ (V)	V_{in} (V)	Ukuran Step (mV)
tdk terhubung)*	0 – 5	$5/256 = 19.53$
2.0	0 – 4	$4/256 = 15.62$
1.5	0 – 3	$3/256 = 11.71$
1.28	0 – 2.56	$2.56/256 = 10$
1.0	0 – 2	$2/256 = 1.81$
0.5	0 – 1	$1/256 = 3.90$

Catatan Vcc= 5 Volts

* Saat tidak terhubung (terbuka), $V_{ref}/2$ terukur 2.56 secara internal, diukur terhadap $V_{cc}=5$ Volts. Ukuran Step (resolusi) adalah perubahan terkecil yang dapat dibaca oleh ADC.

9. D0 – D7

Ke 8-pin ini adalah output data digital pin ini akan merepresentasikan nilai hasil konversi terakhir yang dilakukan ADC, hanya saat pin RD = 0.

10. Dout = Vin/Step Size

Dimana Dout adalah data output digital dalam desimal, dan Vin = adalah input analog dalam tegangan, dan Step Size (resolusi) adalah nilai perubahan terkecil, dimana $(2 \times V_{ref}/2)/256$ untuk ADC 8-bit.

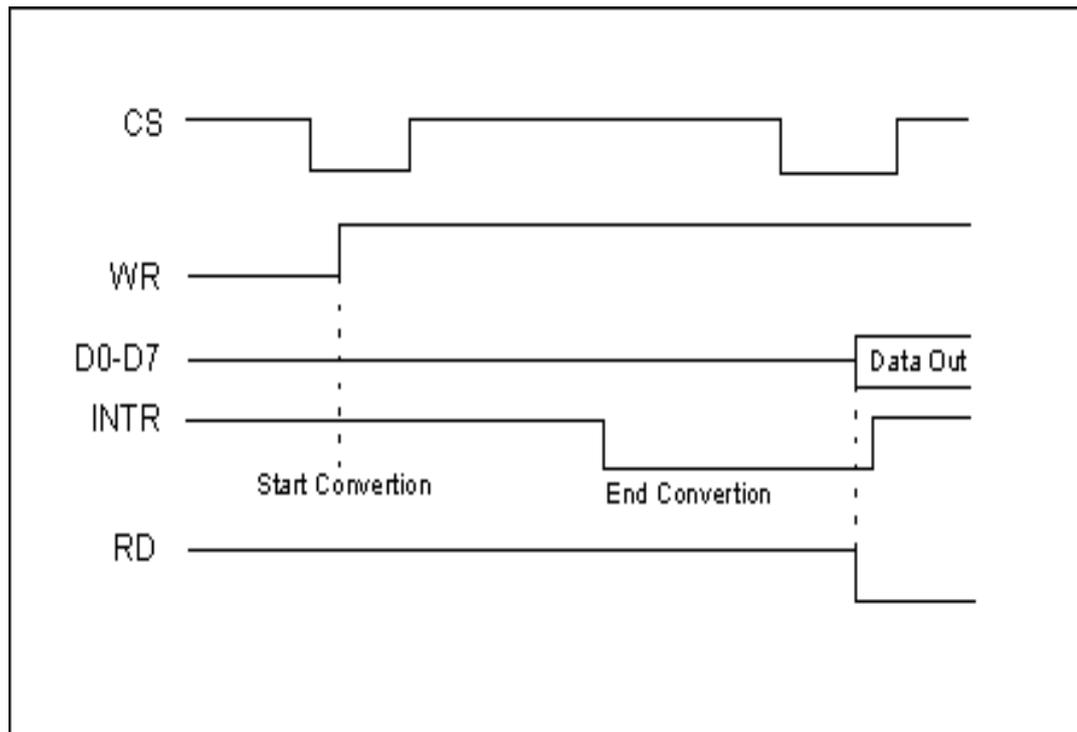
11. Analog Ground dan Digital Ground

Ini adalah 2 pin input yang menghubungkan ground dari 2 bagian dalam chip ADC0804, yakni bagian analog dan bagian digital. Digital Ground adalah pasangan dari pin Vcc. Alasan kenapa terdapat 2 buah ground adalah agar masing-masing rangkaian dapat benar-benar sedapat mungkin terpisah satu sama lain. Sehingga pensaklaran digital yang terjadi terutama pada pin D0-D7 tidak mempengaruhi Vin, dan ditakutkan hasil yang diperoleh menjadi tidak sesuai dengan yang diharapkan. Semakin terpisah maka kualitas konversi akan menjadi semakin baik. Dalam prakteknya dapat dihubungkan ke 2 pin Gnd pada ground yang sama, walaupun harus sedikit mengorbankan kualitas konversi.

Berikut langkah-langkah yang harus dilakukan untuk melakukan konversi nilai analog ke nilai digital pada chip ADC0804.

1. Buatlah CS = 0 dan kirim pulsa rendah-ke-tinggi pada pin WR untuk segera melakukan konversi.
2. Selalu memonitor pin INTR. Jika INTR rendah, maka konversi selesai, dan kita dapat segera ke langkah berikutnya. Namun jika INTR masih tinggi, maka kita harus menunggu sampai dia rendah.

3. Setelah INTR rendah, maka pastikan CS=0 dan kirim pulsa tinggi-ke-rendah pada pin RD. Sehingga kita dapat segera membaca hasil konversi pada D0-D7. Sedang Timming Diagram adalah seperti pada Gambar 2.10 berikut:

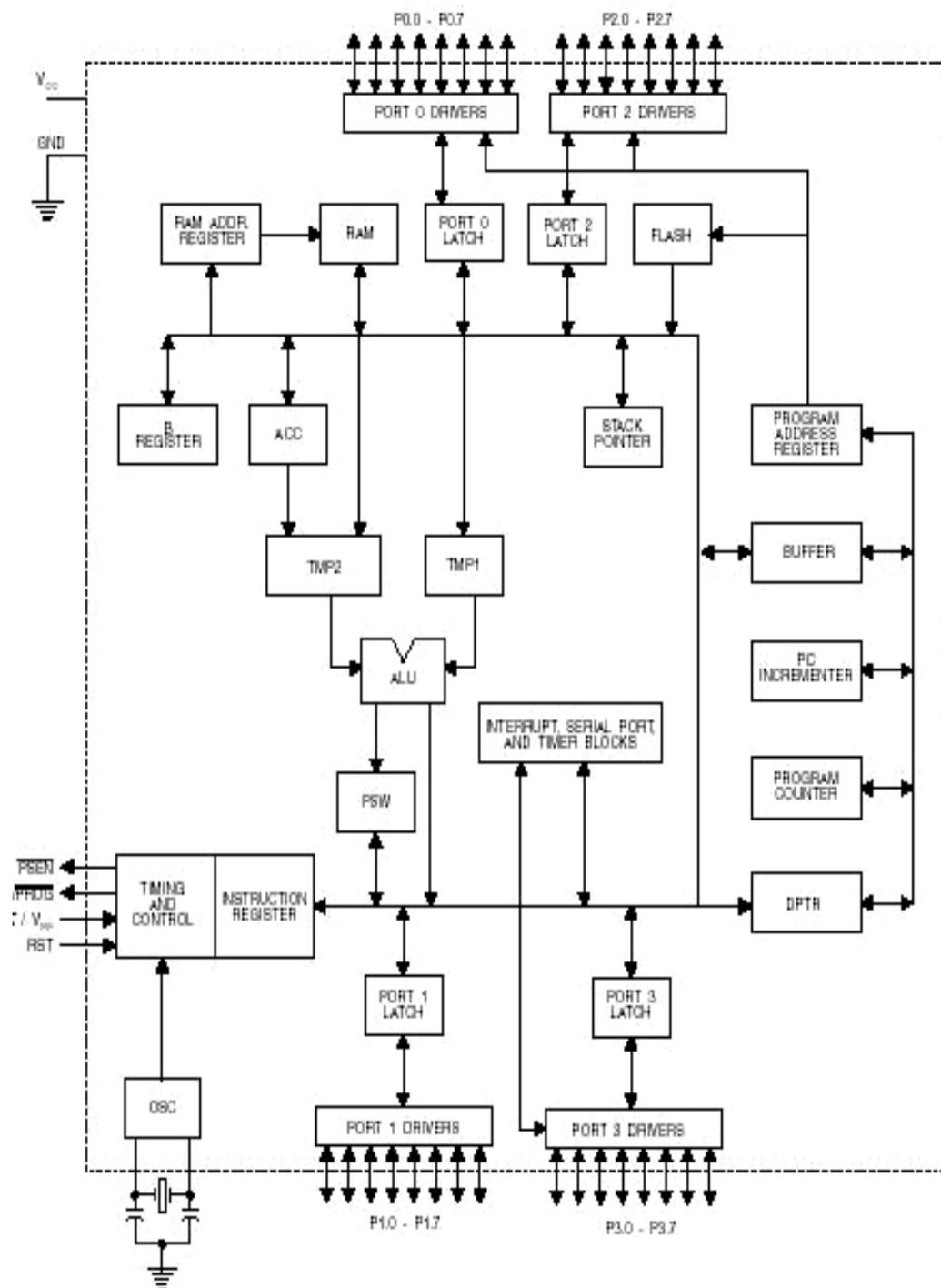


Gambar 2.10 Pewaktuan *Read* dan *Write* pada ADC0804

(FebruariZal Beni . *Modul Teori Dan Pratikum Adc New.*(
<http://www.scribd.com/doc/157249285/Modul-Teori-Dan-Pratikum-Adc-New#scribd>). Diakses tanggal 2 Agustus 2015)

2.5 Mikrokontroler AT89S52

Mikrokontroler AT89S52 adalah satu anggota dari keluarga MCS-51seri 8052 merupakan pengembangan dari seri 8051, dirancang oleh atmel yang paling banyak digunakan karena memori internal 8 Kbyte Flash PEROM (*Programmable and Erasable Read Only Memory*), yang memungkinkan memori program untuk dapat diprogram berkali-kali (1000 siklus baca/tulis). Gambar 2.11 berikut merupakan blok diagram fungsional AT89S52.

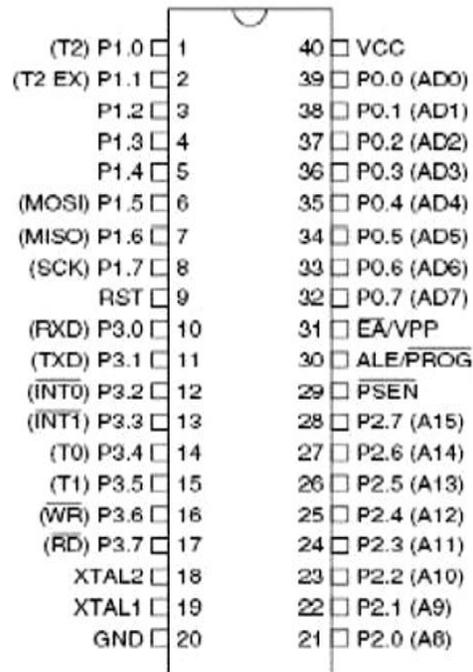


Gambar 2.11 Blok diagram fungsional AT89S52

Mikrokontroler AT89S52 memiliki spesifikasi fungsi dan fasilitas, sebagai berikut:

1. *Read Only Memory* (ROM) sejumlah 8 Kbyte
ROM atau *Read Only memory* merupakan memori penyimpanan data yang isinya tidak dapat diubah atau dihapus (hanya dapat dibaca). ROM biasanya diisi dengan program untuk menjalankan mikrokontroler setelah power dinyalakan dan berisi data-data konstanta/ kode yang diperlukan oleh program. Kapasitas memori yang disediakan oleh AT89S52 ini sejumlah 8 Kbyte.
2. *Random Access Memory* (RAM) sejumlah 256 byte
RAM atau *Random Access Memory* merupakan memori penyimpanan data yang isinya dapat diubah dan dihapus. RAM biasanya berisi data-data variabel dan register. Data yang tersimpan pada RAM bersifat *volatile* (hilang jika catu daya yang terhubung dimatikan/diputuskan).
3. Empat buah port I/O, yang masing-masing terdiri dari 8 bit
I/O (Input/Output) port merupakan sarana yang dipergunakan oleh mikrokontroler untuk mengakses peralatan-peralatan lain, berupa pin-pin yang dapat berfungsi untuk mengeluarkan data-data digital atau berfungsi untuk mengimput data. Selain itu, dapat digunakan sebagai terminal komunikasi paralel, serta komunikasi serial (pin 10 dan pin 11)
4. Tiga buah 16 bit timer/couter/time
16 bit (2 byte) timer/couter merupakan salah satu register khusus yang berfungsi sebagai pencacah/ penghitung eksekusi program mikrokontroler.
5. Komunikasi Serial (*Interface*)
komunikasi serial (*Interface*) merupakan suatu fungsi *port* yang terdapat dalam mikrokontroler dalam melakukan antarmuka (*interface*) serial yaitu pada P3.0 dan P3.1
6. Memiliki kemampuan *Arithmetic and Logic Unit* (ALU)
Arithmetic and Logic Unit (ALU) memiliki kemampuan mengerjakan proses-proses aritmatika (penjumlahan, pengurangan, pengalihan, pembagian) dan operasi logika (AND, OR, XOR, NOT) terhadap bilangan bulat 8 atau 16 bit.

Arsitektur *hardware* mikrokontroler AT89S52 dari perspektif luar atau biasa disebut pin *out* digambarkan pada Gambar 2.12 berikut ini:



Gambar 2.12 Konfigurasi Pin AT89S52

Berikut ini penjelasan mengenai fungsi dari tiap-tiap pin (kaki) yang ada pada mikrokontroler AT89S52:

a. Port 0 (Pin 39 – Pin 32)

Merupakan dual-purpose port (port yang memiliki dua kegunaan), pada desain yang minimum (sederhana), port 0 digunakan sebagai port Input/output (I/O). Sedangkan pada desain lebih lanjut pada perancangan dengan memori eksternal digunakan sebagai data dan alamat yang di-multiplex.

b. Port 1 (Pin 1 – Pin 8)

Port 1 berfungsi sebagai I/O biasa, pada kaki ke 6, ke 7 dan ke 8 terdapat Mos I, Mis 0 dan Sck sebagai masukan dari ISP *Programmer* yang terhubung ke komputer. Tanpa adanya port ini maka mikrokontroler tidak dapat diprogram oleh ISP *programer*.

c. Port 2 (Pin 21 – Pin 28)

Merupakan dual-purpose port. Pada desain minimum digunakan sebagai port I/O (Input/Output). Sedangkan pada desain lebih lanjut digunakan sebagai *highbyte* dari *address* (alamat)

d. Port 3 (Pin 10 – Pin 17)

Merupakan dual-porpuse port. Selain sebagai port I/O (Input/Ouput), port 3 juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus tersebut diperlihatkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Fungsi khusus port 3

No. Pin	Port pin	Nama Port	Fungsi
10	P3.0	RXD	Menerima data untuk port serial
11	P3.1	TXD	Mengirim data untuk port parallel
12	P3.2	INT 0	Interrupt 0 eksternal
13	P3.3	INT 1	Interrupt 1 eksternal
14	P3.4	T0	Timer 0 input eksternal
15	P3.5	T1	Timer 1 input eksertal
16	P3.6	WR	Memori data eksternal write strobe
17	P3.6	RD	Memori data eksternal read strobe

e. PSEN (Pin 29)

PSEN (*Program Store Enable*) adalah sinyal 18ontrol yang mengizinkan untuk mengakses program (code) memori eksternal. Pin ini dihubungkan ke pin OE (*output Enable*) dari EPROM. Sinyal PSEN akan “0” (low) pada tahap *fetch* (penjemputan) instrusi. PSEN akan selalu bernilai “1” (*high*) pada pembacaan program memori internal.

f. ALE (Pin 30)

ALE (*Addres Latch Enable*) digunakan untuk men-demultiplex *address* (alamat) data bus. Ketika menggunakan program memori eksternal, port 0 akan berfungsi sebagai *address* (alamat) dan data bus. Pada setengah paruh pertama memori

- cycle* ALE akan bernilai “1” (*high*) sehingga akan mengizinkan penulisan *address* (alamat) pada register eksternal. Pada setengah paruh berikutnya akan bernilai “1” (*high*) sehingga port 0 dapat digunakan sebagai data bus.
- g. EA (Pin 31)
- EA (*external Access*) pada kondisi *low*, pin ini akan berfungsi sebagai EA yaitu mikrokontroler akan menjalankan program yang ada pada memori eksternal setelah *19ontro* di-reset. Jika kondisi *high*, pin ini akan berfungsi untuk menjalankan program yang ada pada memori internal.
- h. RST (Pin 9)
- Jika pin ini diberi input “1” (*high*) selama minimal 2 *cycle*, maka *19ontro* akan di-reset (kembali keawal).
- i. On-Chip oscillator
- AT89S52 telah memiliki on-chip *19ontrol19or* yang dapat bekerja jika didrive menggunakan *19ontrol*. Tambahan kapasitor diperlukan untuk menstabilkan *19ontro*. Nilai *19ontrol* yang biasa digunakan pada AT89S52 ini adalah 12 MHz. On-chip oscillator pada AT89S52 terdiri dari XTAL1 (pin 19) input untuk clock internal dan XTAL2 (pin 18) output dari osilator.
- k. Koneksi Power
- AT89S52 beroperasi pada tegangan 5 volt. Pin Vcc terdapat pada pin 40, sedangkan ground terdapat pada pin 20.

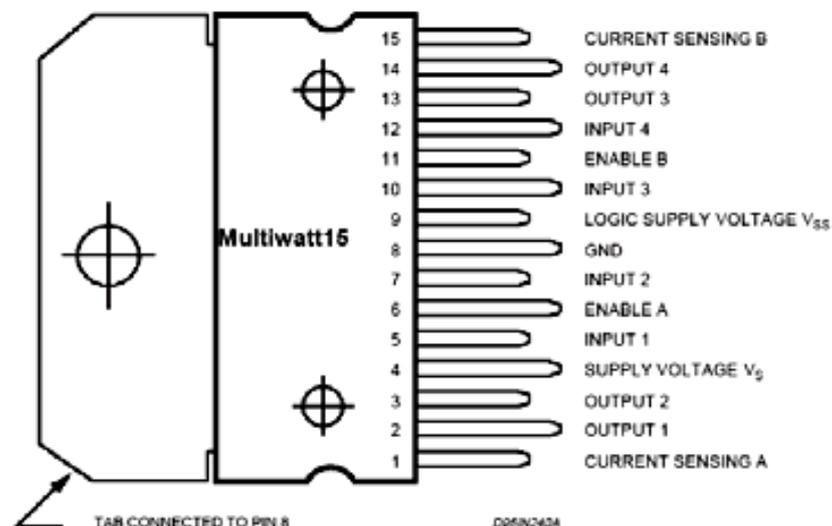
(Gunawan Fandi, 2009.*Belajar AT89S51/AT89S52 Programmer/ Downloader*. (<http://mikrokontroler.sekoteng.com/tulisan/2009/05/13/belajar-at89s51at89s52-programmerdownloader/>). Diakses tanggal 2 Agustus 2015)

2.6 Driver Motor DC

Driver motor merupakan suatu rangkaian khusus yang memiliki fungsi untuk mengatur arah ataupun kecepatan pada motor DC. Perlunya rangkaian driver motor ini dikarenakan pada umumnya suatu motor DC membutuhkan arus lebih dari 250mA untuk beberapa IC contohnya NE555, ATMEGA 16 dan IC seri

74 tidak bisa memberikan arus lebih dari nilai tersebut. Jika motor langsung dihubungkan ke IC, maka hal ini akan menyebabkan kerusakan pada IC tersebut. Driver motor yang digunakan pada perancangan robot micromouse yaitu IC tipe L298N.

IC L298N adalah IC yang didesain khusus sebagai driver motor DC dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL maupun mikrokontroler. Motor DC yang dikontrol dengan driver IC L298N dapat dihubungkan ke ground maupun ke sumber tegangan positif karena di dalam driver L298N terdapat driver yang digunakan adalah totem pool. Dalam 1 unit chip IC L298N terdiri dari 4 buah driver motor DC yang berdiri sendiri-sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1 Ampere tiap drivernya. Sehingga dapat digunakan untuk membuat driver H-bridge untuk 2 buah motor DC. Gambar 2.7 berikut menunjukkan Konstruksi pin driver motor L298N.



Gambar 2.13 IC L298N

Fungsi Pin Driver Motor L298N

- Pin EN (Enable, EN1.2, EN3.4) berfungsi untuk mengizinkan driver menerima perintah untuk menggerakkan motor DC.
- Pin Input (IN1, IN2, IN3, IN4) adalah pin input sinyal kendali motor DC

- Pin Output (OUT1, OUT2, OUT3, OUT4) 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 driver dan VCC2 adalah jalur input sumber tegangan untuk motor DC yang dikendalikan.

Pin GND adalah jalur yang harus dihubungkan ke ground, pin GND ini ada 4 buah yang berdekatan dan dapat dihubungkan ke sebuah pendingin kecil.

Pengaruh Logic IN1 Dan Logic IN2 Terhadap Kondisi Motor Dijelaskan Pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Arah putaran motor

IN1	IN2	Kondisi Motor
0	0	fast motor stop
0	1	putar searah jarum jam
1	0	putar berlawanan arah jarum jam
1	1	fast motor stop

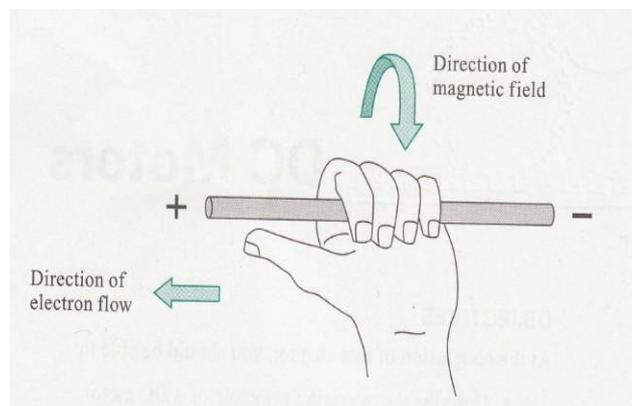
Jika diinginkan motor berputar searah jarum jam, maka pin mikrokontroler PD6 (IN1) diberi logika low dan PD7 (IN2) diberi logika high. Sedangkan EN1 dihubungkan dengan output PWM mikrokontroler (PD4).

(I putu Giovanni Elizer, 2014. *Merancang Driver Motor DC*. (<http://www.geyosoft.com/2014/merancang-driver-motor-dc>). Diakses tanggal 3 Agustus 2015.)

2.7 Motor DC

Motor DC atau Motor Arus Searah adalah mesin listrik yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanik. Terdapat 2 (dua) prinsip dasar yang melatarbelakangi kerja motor DC.

Pertama yaitu adanya aliran arus yang melewati sebuah konduktor atau penghantar. Dimana, akan timbul medan magnet mengelilingi penghantar tersebut. Arah garis gaya magnet (*fluks* magnet) ini sesuai kaidah tangan kiri yang ditunjukkan pada Gambar 2.14 Ibu jari menandakan arah arus elektron yang mengalir dan jari-jari menunjukkan arah dari garis gaya magnet (*fluks*) yang mengelilingi penghantar.



Gambar 2.14 Kaidah tangan kiri

Kedua adalah gaya pada penghantar bergerak dalam medan magnet. Besarnya gaya yang didesakkan untuk menggerakkan berubah sebanding dengan kekuatan medan magnet, besarnya arus yang mengalir pada penghantar, dan panjang penghantar.

Sesuai dengan rumus:

$$F = B \cdot I \cdot l \text{ (Newton)}$$

Dimana:

F = Gaya pada kumparan (Newton)

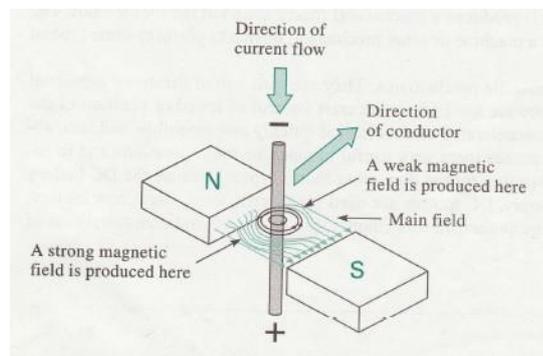
B = Kuat medan magnet (Tesla)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

l = Panjang kumparan (meter)

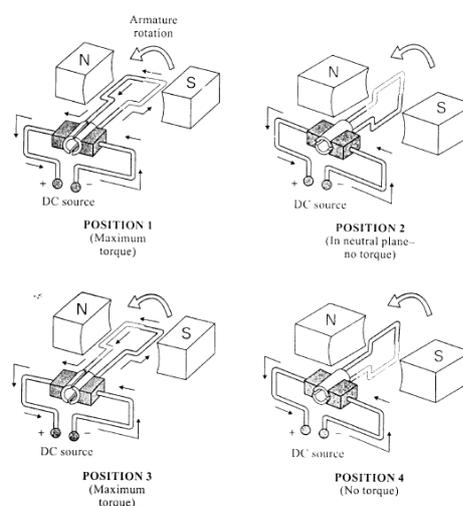
Arah dari garis gaya magnet tergantung dari arah arus yang mengalir pada kumparan dan arah dari garis-garis fluks magnet antara dua kutub. Sebagaimana

diilustrasikan pada gambar 2.15 Medan magnet mengembang diantara dua kutub dari magnet permanen atau induksi elektromagnet. Ketika penghantar berarus ditempatkan diantara dua kutub magnet, maka menghasilkan pembengkokan garis gaya. Sehingga, di satu sisi memusatkan kedua medan magnet menimbulkan medan magnet yang kuat dan disisi lain berlawanan menimbulkan medan magnet yang lemah. Garis gaya magnet yang kuat cenderung lurus keluar dan menekan kearah garis gaya magnet yang lemah. Dan menyebabkan penghantar tersebut berputar berlawanan arah jarum jam. Gambar 2.15 berikut menunjukkan hubungan penghantar yang dialiri arus diantara medan magnet.



Gambar 2.15 Interaksi penghantar berarus diantara medan magnet

2.7.1 Prinsip Kerja Motor DC



Gambar 2.16 Prinsip kerja motor DC

Arus mengalir melalui kumparan jangkar dari sumber tegangan DC, menyebabkan jangkar beraksi sebagai magnet. Gambar 2.16 Menjelaskan prinsip kerja motor DC magnet *permanent*.

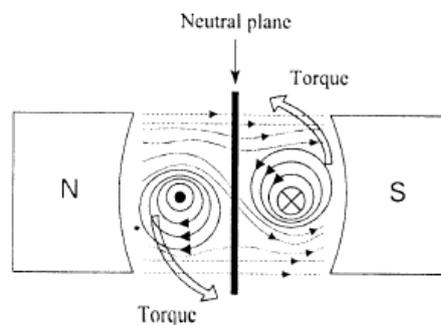
1. Pada posisi 1 arus electron mengalir dari sikat negative menuju ke sikat positif. Akan timbul torsi yang menyebabkan jangkar berputar berlawanan arah jarum jam.
2. Ketika jangkar pada posisi 2, sikat terhubung dengan kedua segmen komutator. Aliran arus pada jangkar terputus sehingga tidak ada torsi yang dihasilkan. Tetapi, kelembaman menyebabkan jangkar tetap berputar melewati titik netral.
3. Pada posisi 3, letak sisi jangkar berkebalikan dari letak sisi jangkar pada posisi 1. Segmen komutator membalik arah arus elektron yang mengalir pada kumparan jangkar. Oleh karena itu arah arus yang mengalir pada kumparan jangkar sama dengan posisi 1. Torsi akan timbul yang menyebabkan jangkar tetap berputar berlawanan arah jarum jam.
4. Jangkar berada pada titik netral. Karena adanya kelembaman pada poros jangkar, maka jangkar berputar terus-menerus.

2.7.2 Putaran Motor DC

Motor DC magnet permanent dapat berputar apabila ada arus yang mengalir pada kumparan jangkar sehingga menimbulkan fluks jangkar. Fluks jangkar tersebut berinteraksi dengan fluks magnet utama yang menghasilkan gaya untuk memutar jangkar (torsi). Arah dari putaran jangkar tersebut tergantung dari arah arus elektron yang mengalir pada kumparan jangkar.

Poros motor DC dapat berputar searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam. Untuk menentukan arah putaran motor diperlihatkan pada gambar 2.17 tanda (x) menunjukkan arah arus electron yang menjauhi kita dan tanda (•) menunjukkan arah arus electron yang mendekati kita. Tanda panah besar menunjukkan arah putaran jangkar yang berlawanan arah jarum jam. Ketika posisi jangkar berada tegak lurus dengan fluks magnet utama, tidak ada reaksi medan

magnet antara fluks jangkar dengan fluks magnet utama. Karena moment inersia, putaran jangkar terus berlanjut.



Gambar 2.17 Proses putar berlawanan arah jarum jam

Sedangkan untuk putaran motor DC searah jarum jam, arah arus elektron dibalik dengan cara mengubah polaritas sumber tegangan atau mengubah kutub pada ujung kumparan jangkar.

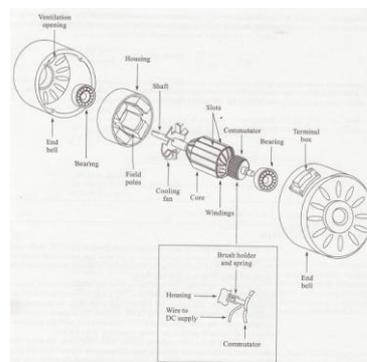
2.7.3 Konstruksi motor DC

Keterangan gambar 5 adalah sebagai berikut:

1. Lubang ventilasi Untuk sirkulasi udara dalam motor.
2. Bodi, terdiri dari 2 bagian, yaitu:
 - a. Rumah magnet utama. (*Housing*)
 - b. Bodi akhir (*End Bell*) , untuk melindungi bagian stator dan rotor pada motor.
3. Bantalan (*Bearing*) berfungsi agar jangkar berputar dengan baik.
4. Kutub magnet utama (*Field Poles*) Untuk menghasilkan fluks magnet utama pada motor. Apabila terdapat kumparan penguat medan, letaknya berada diantara kutub-kutub magnet utama.
5. Poros Merupakan bagian dari rotor yang berfungsi meletakkan jangkar agar dapat berputar.
6. Kipas Rotor (*Cooling fan*) Kipas ikut berputar ketika poros jangkar berputar. Sehingga, menjaga suhu kumparan jangkar agar tetap stabil ketika beroperasi.

7. Jangkar (*Armature*), terdiri dari 3 bagian, yaitu:
 - a. Inti Jangkar Berfungsi untuk mencegah perputaran arus pusar (*Eddy Current*).
 - b. Belitan jangkar Berfungsi untuk membangkitkan fluksi jangkar yang bersama-sama dengan fluksi magnet utama berinteraksi menimbulkan putaran.
 - c. Alur jangkar Berfungsi sebagai tempat belitan jangkar yang ujung-ujungnya dihubungkan ke komutator.
8. Komutator merupakan suatu penyearah mekanik yang membuat arus dari sumber mengalir pada arah yang tetap walaupun belitan medan berputar.
9. Sikat arang (*Brush*) Berfungsi sebagai terminal penghubung antara sumber tegangan dengan komutator.

Gambar 2.18 dapat dilihat bagian-bagian dari motor DC yang telah dijelaskan diatas.



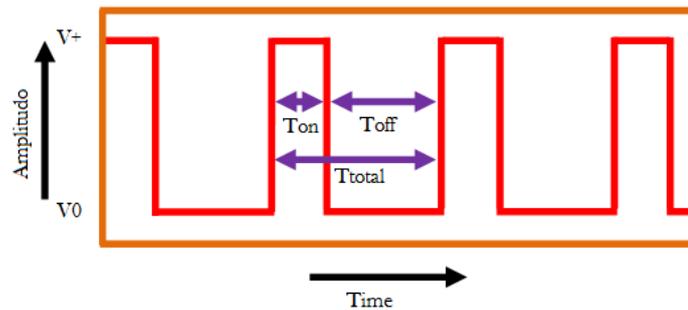
Gambar 2.18 Konstruksi motor DC

(Engel Faylen 2014. *Motor DC*. (http://www.academia.edu/9091244/MAKALAH_MOTOR_DC). Diakses tanggal 2 Agustus 2015)

2.8 PWM (*Pulse Width Modulation*)

Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu periode,

untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa Contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, *audio effect* dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya. Gambar 2.19 berikut memperlihatkan bentuk dari sinyal PWM.

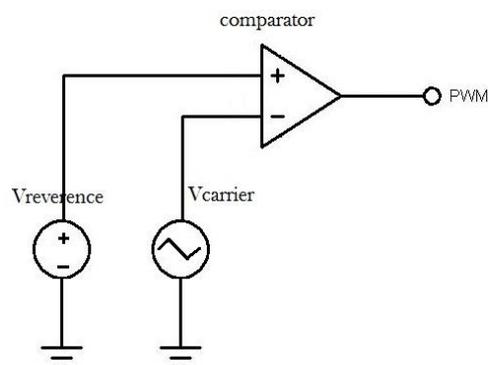


Gambar 2.19 Sinyal PWM

Aplikasi PWM berbasis mikrokontroler biasanya berupa, pengendalian kecepatan motor DC.

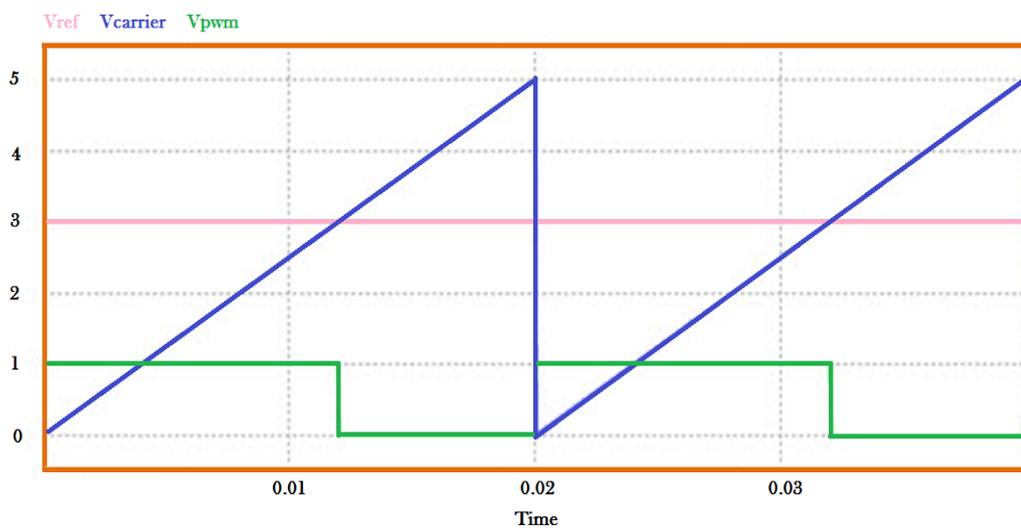
2.8.1 Jenis Pembangkit Sinyal PWM

Pembangkitan sinyal PWM yang paling sederhana adalah dengan cara membandingkan sinyal gigi gergaji sebagai tegangan carrier dengan tegangan referensi menggunakan rangkaian op-amp comparator. Berikut gambar 2.20 rangkaian op-amp comparator yang membangkitkan sinyal PWM mode analog.



Gambar 2.20 Rangkaian PWM analog

Cara kerja dari komparator analog ini adalah membandingkan gelombang tegangan gigi gergaji dengan tegangan referensi seperti yang terlihat pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Pembentukan sinyal PWM

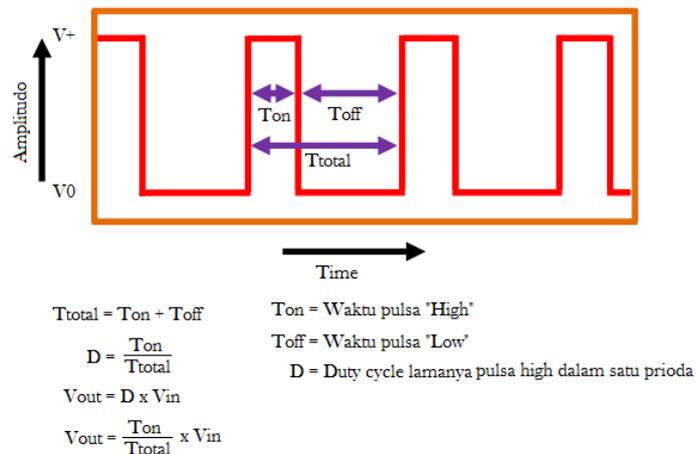
Saat nilai tegangan referensi lebih besar dari tegangan carrier (gigi gergaji) maka output comparator akan bernilai high. Namun saat tegangan referensi bernilai lebih kecil dari tegangan carrier, maka output comparator akan bernilai low. Dengan memanfaatkan prinsip kerja dari komparator inilah, untuk mengubah *duty cycle* dari sinyal output cukup dengan mengubah-ubah besar tegangan referensi. Besarnya *duty-cycle* rangkaian PWM ini

$$Duty - Cycle = \frac{Vreference}{Vcarrier} \times 100\%$$

Pada metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Misalkan PWM digital 8 bit berarti PWM tersebut memiliki resolusi $2^8 = 256$, maksudnya nilai keluaran PWM ini memiliki 256 variasi, variasinya mulai dari 0 – 255 yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut.

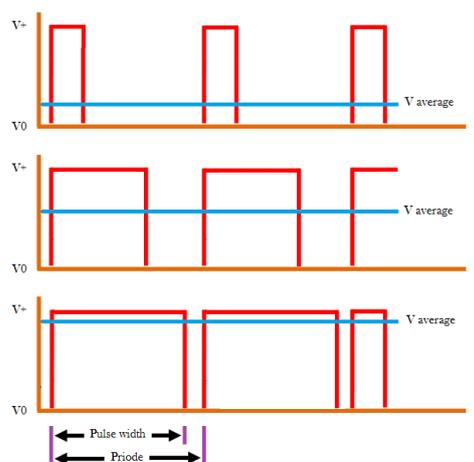
2.8.2 Konsep Dasar PWM

Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%).



Gambar 2.22 Sinyal PWM dan persamaan V_{out} PWM

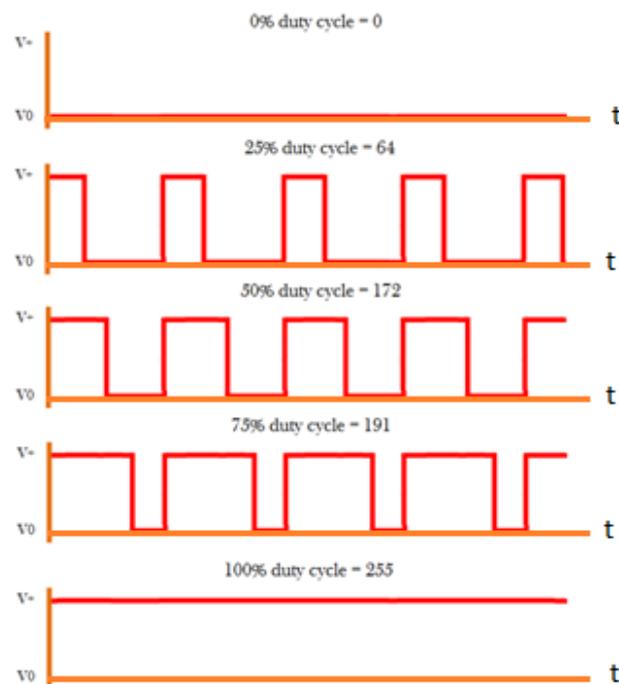
Dari persamaan pada Gambar 2.22 diketahui bahwa perubahan *duty cycle* akan merubah tegangan keluaran atau tegangan rata-rata seperti gambar 2.23 dibawah ini.



Gambar 2.23 $V_{rata-rata}$ sinyal PWM

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan salah satu teknik untuk mendapatkan signal analog dari sebuah piranti digital. Sebenarnya Sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan banyak cara, dapat menggunakan metode analog dengan menggunakan rangkaian op-amp atau dengan menggunakan metode digital.

Dengan metode analog setiap perubahan PWM-nya sangat halus, sedangkan menggunakan metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Resolusi adalah jumlah variasi perubahan nilai dalam PWM tersebut. Misalkan suatu PWM memiliki resolusi 8 bit berarti PWM ini memiliki variasi perubahan nilai sebanyak $2^8 = 256$ variasi mulai dari 0 – 255 perubahan nilai yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut. Gambar 2.24 memperjelas perubahan PWM yang dipengaruhi *Duty Cycle* dan Resolusi PWM.



Gambar 2.24 *Duty Cycle* dan Resolusi PWM

2.8.3 Perhitungan *duty cycle* PWM

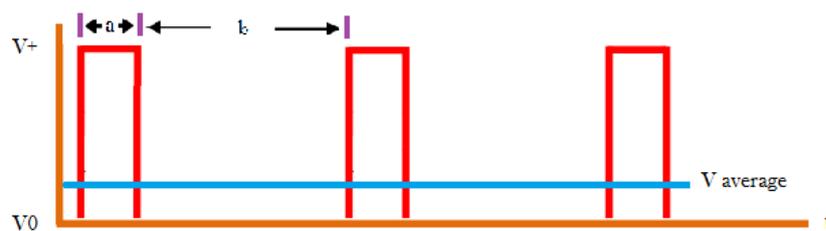
Dengan cara mengatur lebar pulsa “on” dan “off” dalam satu perioda gelombang melalui pemberian besar sinyal referensi output dari suatu PWM akan

didapat *duty cycle* yang diinginkan. *Duty cycle* dari PWM dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Duty\ Cycle = \frac{T_{ON}}{T_{ON} - T_{OFF}} \times 100\%$$

Duty cycle 100% berarti sinyal tegangan pengatur motor dilewatkan seluruhnya. Jika tegangan catu 100V, maka motor akan mendapat tegangan 100V. pada *duty cycle* 50%, tegangan pada motor hanya akan diberikan 50% dari total tegangan yang ada, begitu seterusnya.

Perhitungan Pengontrolan tegangan output motor dengan metode PWM cukup sederhana.



Dengan menghitung *duty cycle* yang diberikan, akan didapat tegangan *output* yang dihasilkan. Sesuai dengan rumus yang telah dijelaskan pada gambar.

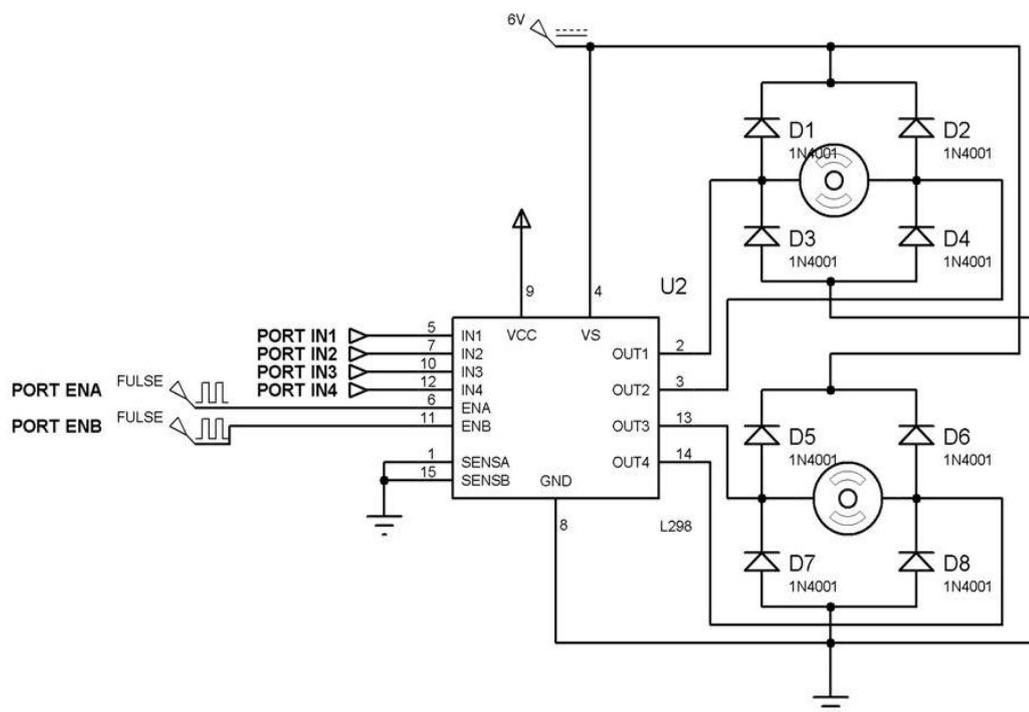
$$Average\ Voltage = \frac{a}{a + b} \times V_{full}$$

Average voltage merupakan tegangan *output* pada motor yang dikontrol oleh sinyal PWM. *a* adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “ON”. *b* adalah nilai *duty cycle* saat kondisi sinyal “OFF”. V_{full} adalah tegangan maximum pada motor. Dengan menggunakan rumus diatas, maka akan didapatkan tegangan *output* sesuai dengan sinyal kontrol PWM yang dibangkitkan.

(Prayogo rudito, 2012. PENGATURAN PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan PLC. Makalah pada teknik otomasi Universitas Brawijaya malang: Tidak diterbitkan)

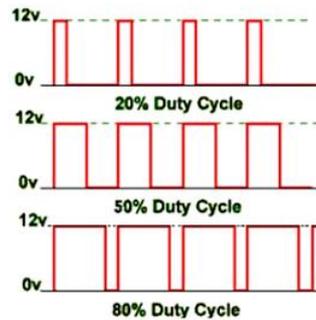
3.9 Pengendalian Motor DC dengan Mode PWM

Untuk mengendalikan kecepatan sebuah motor DC dapat dilakukan dengan cara mengatur sinyal PWM. Pengaturan sinyal PWM bisa dilakukan secara analog maupun dengan menggunakan mikrokontroler. Gambar 2.25 memperlihatkan suatu gambaran rangkaian pengendalian motor DC (Sofiyon Yahya, 2009).



Gambar 2.25 Pengendalian Motor DC

Gambar 2.25 adalah rangkaian pengendali motor DC, Cara kerja rangkaian pengendali motor DC yaitu Untuk mengatur arah putaran motor 1 (atas) yaitu dengan memberikan sinyal 1 atau 0 ke pin IN1 dan IN2. Sedangkan untuk motor 2 (bawah) yaitu pada IN3 dan IN4. Sedangkan untuk mengatur kecepatan motor yaitu pada EN1 dan EN2 untuk ke motor 1 dan motor 2. Sinyal pulsa 0 atau 1 ke pin input dapat dihasilkan dari port mikrokontroler dengan mengaturnya sebagai *logic output*, yang dapat langsung mengatur arah putaran. Sedangkan ENA dan ENB masukannya berupa sinyal PWM. PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah suatu teknik modulasi sinyal dengan memvariasikan lebar pulsanya. Berikut adalah contoh sinyal PWM :



Gambar 2.26 Bentuk sinyal PWM

Gambar 2.26 menjelaskan parameter yang diatur pada sinyal PWM ini adalah periode sinyal dan lebar pulsanya. Lebar pulsa dinyatakan dengan *duty cycle* yang merupakan persentase dari perbandingan pulsa on (T_{ON}) dengan T_{total} , sehingga :

$$Duty\ Cycle = \frac{T_{ON}}{T_{ON} - T_{OFF}} \times 100\%$$

Hubungan antara *duty cycle* dengan PWM yaitu untuk setiap persentase nilai *duty cycle* berbanding lurus dengan nilai PWM. Untuk lebih jelasnya hubungan *duty cycle* dengan PWM dapat dilihat pada rumus berikut :

$$PWM = PWM_{MAX} \times Duty\ Cycle$$

(Yahya sofian, 2009. *Kendali Putaran Motor DC*. Draf. Politeknik negeri bandung)

Untuk mengetahui kecepatan motor yang dipengaruhi nilai PWM dapat dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$RPM = \frac{RPM_{MAX} \times PWM}{PWM_{MAX}}$$

(Dendiantama, Brian, 2012. *Rancang Bangun Penyimpanan Mobil dengan Konsep Master-Slave dan Mikrokontroler ATmega8535*. Skripsi. Universitas Gunadarma).