

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengantar

Perkembangan teknologi saat ini di bidang elektronika sangat pesat, khususnya yang berhubungan dengan bidang elektronika digital membuat segala yang berhubungan dengan masalah digital dapat diselesaikan dengan mudah.

Mikrokontroler merupakan *single chip microcomputer* (SCM) yang merupakan sebuah komputer lengkap yang dipaket dalam sebuah *chip* (IC). Di mana di dalamnya telah terdapat RAM, ROM, atau EPROM, timer, *oscillator*, ADC, *I/Oport*, saluran alamat dan saluran data sehingga dapat bekerja dan mampu melakukan perintah yang rumit walaupun rangkaian sangat sederhana.

Dengan kesederhanaan alat yang menggunakan mikrokontroler, banyak penelitian yang merancang dan membuat suatu alat. Salah satunya adalah mesin penyortir barang berdasarkan warna kemasannya berbasis mikrokontroler AT89S51 yang dilakukan oleh Erlan Subowo, 2006.

Prinsip kerja mesin penyortir barang berdasarkan kemasannya ini dijelaskan bahwa apabila setiap barang yang telah selesai di produksi akan di sortir atau di pisah sesuai warna kemasannya menggunakan sensor warna dan IC Komparator. Hasil dari penelitian diatas berupa mesin mini dengan sebuah konveyor dengan tampilan LCD untuk menghitung kuantitas atau jumlah barang yang telah di produksi berdasarkan warna kemasannya.

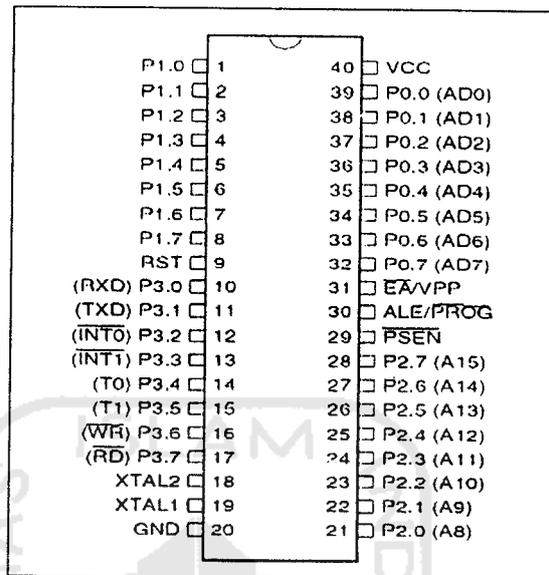
Dengan memanfaatkan prinsip kerja mesin diatas maka dapat di kembangkan suatu alat yaitu mesin penguji lampu *Fluorescent*, dimana mesin ini akan bekerja menguji intensitas cahaya lampu *Fluorescent* apakah memenuhi standar layak jual atau tidak setelah selesai diproduksi atau dengan kata lain lampu *Fluorescent* akan di uji kualitas hasil produksinya.

2.2 Mikrokontroler AT89C51

Mikrokontroler AT89C51 adalah mikrokontroler yang termasuk dalam keluarga MCS-51 yang diproduksi oleh INTEL, ATMEL, dan lainnya. Keluarga MCS-51 terdiri dari 8031, 8051, 8751, dan 89C51. 89S51 sering disebut sebagai *flash microcontroller* karena ROM (*Read Only Memory*) internal yang digunakan adalah EEROM (*Electrically Erasable ROM*) dengan kapasitas ROM 4 Kbyte.

Mikrokontroler AT89C51 yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Kompatibel dengan produk dan program assembler MCS-51.
2. 4 Kb memori yang dapat ditulis hingga 1000 kali.
3. Kecepatan clock 0-24MHz.
4. 32 pin Input/Output (4 buah *port* paralel I/O) yang dapat diprogram.
5. 128 byte memori RAM internal.
6. 2 buah timer / counter 16 bit.
7. 6 Interrupt (2 timer, 2 counter, 1 serial, 1 reset).
8. Mempunyai 2 DPTR (Data Pointer).



Gambar 2.1. Konfigurasi pin dari Chip Mikrokontroler AT89C51.

Masing-masing pin pada gambar tersebut memiliki fungsi tersendiri. Satu kumpulan pin memiliki fungsi sama dan diwakili oleh sebuah register atau alamat tersendiri pada internal CPUnya disebut juga *port*. Fungsi dari pin-pin tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Port 0*

Port 0 dapat berfungsi sebagai I/O biasa. *Port 0* terdapat pada pin no. 32-39.

2. *Port 1*

Port 1 merupakan port paralel 8 bit dua arah (*bidirectional*) yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. *Port 1* terdapat pada pin no. 1-8.

3. *Port 2*

Port 2 berfungsi sebagai I/O biasa port ini dapat di gunakan untuk mengakses memori secara 16 bit (Movx @DPTR). *Port 2* terdapat pada pin no. 21-28.

4. Port 3

Port 3 yang terdapat pada pin 10-17 berfungsi sebagai *input/output* (I/O) yang mempunyai sifat sama dengan *port* 1 maupun *port* 2, sedangkan sebagai fungsi spesial, *port-port* ini mempunyai keterangan yang ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Fungsi khusus *port* 3

Port Pin	No Pin	Fungsi Khusus
P3.0	10	RXD (masukan data port serial)
P3.1	11	TXD (keluaran data port serial)
P3.2	12	INT0' (masukan interupsi 0 dari luar)
P3.3	13	INT1' (masukan interupsi 1 dari luar)
P3.4	14	T0 (masukan ke pencacah 0)
P3.5	15	T1 (masukan ke pencacah 1)
P3.6	16	WR' (sinyal tulis untuk memori luar)
P3.7	17	RD' (sinyal baca untuk memori luar)

5. PSEN (*Program Strobe Enable*)

PSEN adalah kontrol sinyal yang memungkinkan untuk mengakses program (code) memori *eksternal* PSEN akan selalu bernilai 0 pada pembacaan program memori *internal*. PSEN terdapat pada pin 29.

6. ALE (*Address Latch Enable*)

Berfungsi untuk menahan alamat bit rendah selama mengeksekusi memori program *eksternal*. ALE terdapat pada pin 30.

7. EA (*External Access*)

Bila pin ini diberi logika tinggi maka mikrokontroler akan melaksanakan instruksi dari memori program *internal*. Untuk mengeksekusi memori

program *eksternal* EA harus diberi logika rendah atau dihubungkan ke *ground*. EA terdapat pada pin 31.

8. On-Chip Oscillator

AT89C51 telah memiliki *on-chip oscillator* yang dapat bekerja dengan menggunakan kristal *eksternal* yang dihubungkan ke pin XTAL1 dan XTAL2.

9. RST (Reset)

RST pada pin 9 merupakan *reset* merupakan pin yang digunakan sebagai *reset* (aktif tinggi) dari AT89C51. Setelah *reset* maka register-register *internal* pada AT89C51 akan berisi nilai *default* setelah sistem *reset* seperti ditunjukkan pada tabel 2.2.

10. Koneksi Catu Daya

Beroperasi pada tegangan 5 volt. Pin Vcc terdapat pada pin 40 sedangkan Vss (*ground*) terdapat pada pin 20.

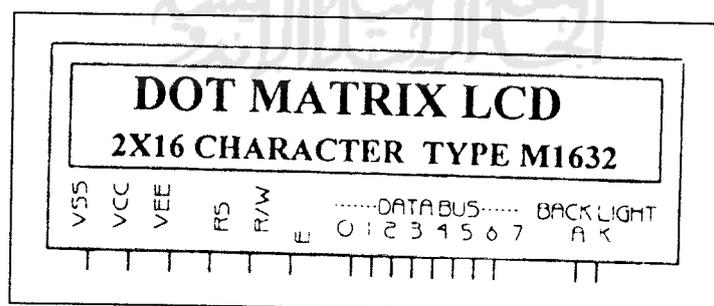
Tabel 2.2. Nilai register setelah direset

Register	Isi
Program counter	0000H
Accumulator	00H
B register	00H
PSW	00H
SP	07H
DPTR	0000H
Port 0-3	FFH
IP (8031/8051)	XXX00000B
IP (8032/8052)	XX000000B
IE (8031/8051)	0XX00000B
IE (8032/8052)	0X000000B
Timer register	00H
SCON	00H
SBUF	00H
PCON (HMOS)	0XXXXXXXB
PCON (CMOS)	0XXX0000B

2.3 Modul LCD (*Liquid Crystal Display*)

Modul LCD (*Liquid Crystal Display*) umumnya digunakan sebagai prototype dari sebuah papan informasi. Agar terhubung dengan mikrokontroler, LCD dilengkapi dengan 8 bit jalur data (DB0-DB7) yang digunakan untuk menyalurkan data ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) maupun perintah pengatur kerjanya.

Gambar bentuk modul LCD SEIKO M1632 terlihat pada gambar 2.2. Sedangkan susunan pena standar LCD 16 pin ditunjukkan pada tabel 2.3. Modul LCD sendiri terdiri dari *Display* dan *Chipset*, dimana *chipset* ini sendiri sebenarnya merupakan mikrokontroler. *Chipset* ini berfungsi untuk mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi dengan mikrokontroler yang memakai tampilan LCD itu. Sehingga pada dasarnya *interface* yang akan dibuat merupakan komunikasi dua buah mikrokontroler.



Gambar 2.2. LCD 2X16 Karakter type M 1632



Sebelum merancang suatu *interface*, harus diketahui dahulu susunan pena dari LCD tersebut, adapun susunan pena serta bentuk dari standar LCD 16 pin beserta fungsi dari masing-masing pena seperti ditunjukkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Susunan pena standar LCD 16 pin

No	Simbol	Level	Fungsi	
1	Vss	-	Power	0 V (GND)
2	Vcc	-	Supply	5V ±10%
3	Vee	-		Kontras LCD
4	RS	1/0	1 = Data 0 = Instruksi	
5	R/W	1/0	1 = Baca 0 = Tulis	
6	EN	1 ke 0	Detak sebagai penyerempak	
7	DB0	1/0	Jalur Data	
8	DB1	1/0		
9	DB2	1/0		
10	DB3	1/0		
11	DB4	1/0		
12	DB5	1/0		
13	DB6	1/0		
14	DB7	1/0		
15	A	-	Penerang	4 - 4.2V 50 - 200mA
16	K	-	Layar	0V (GND)

Pada saat berhubungan dengan LCD, mikrokontroler dapat mengirimkan instruksi yang harus dilaksanakan ataupun data yang harus ditampilkan. Pengiriman instruksi dan data ke LCD diatur oleh RS (*Register Select*). Pengiriman perintah (instruksi) dilakukan dengan memberikan logika rendah pada pena RS LCD.

Sedangkan jika yang dikirim adalah kode ASCII yang akan ditampilkan, maka pena RS LCD diberikan logika tinggi.

Untuk menandakan akan diadakan pengiriman data ke modul LCD dilakukan dengan memberikan logika rendah pada pena RW LCD. Setelah itu data disiapkan di DBO-DB7, sesaat kemudian pena EN ditinggikan sesaat. Pada saat pena EN berubah dari tinggi ke rendah, data di DBO-DB7 diterima oleh LCD.

Untuk membuat suatu karakter tampilan LCD pada suatu posisi tertentu, harus diketahui dahulu peta alamat dari LCD itu sendiri. Misalnya diinginkan menuliskan suatu kata dimulai pada baris kedua kolom pertama, berarti alamat yang dipakai pada LCD adalah 0C0h. tanda h menunjukkan bahwa nilai tersebut dalam kode bilangan heksadesimal. Gambar 2.3. berikut ini merupakan peta alamat LCD dengan spesifikasi 2X16 Karakter.

80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F
C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF

Gambar 2.3. Peta alamat LCD 2 X 16 karakter

2.4 Sensor Fotodiode

Fotodiode adalah jenis diode yang berfungsi mendeteksi cahaya. Fotodiode merupakan suatu komponen elektronika yang mana nilai hantaran arusnya tergantung dari jumlah intensitas cahaya yang mengenai permukaan komponen ini. Dalam gelap nilai tahanannya sangat besar hingga praktis tidak ada arus yang mengalir, Semakin

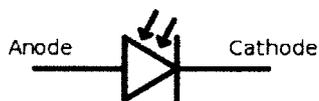
kuat cahaya yang jatuh pada dioda maka makin kecil nilai tahanannya, sehingga arus yang mengalir semakin besar

Gambar di bawah ini merupakan bentuk dari komponen fotodioda :



Gambar 2.4. Fotodioda

Fotodioda berbeda dengan dioda biasa. Jika fotodioda persambungan p-n bertegangan balik disinari, maka arus akan berubah secara linier dengan kenaikan fluks cahaya yang dikenakan pada persambungan tersebut, dimana semakin besar intensitas cahaya yang mengenainya maka arus yang dihasilkan fotodioda juga akan semakin besar Berdasarkan hal tersebut dapat dibuat alat untuk mendeteksi intensitas cahaya dengan memanfaatkan karakteristik fotodioda sebagai salah satu alternatif pendeteksi intensitas cahaya. Simbol dari foto dioda diberikan pada Gambar 2.5.



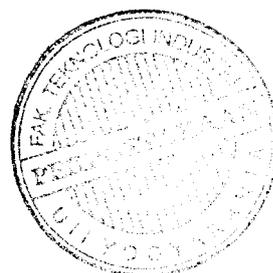
Gambar 2.5. Fotodioda

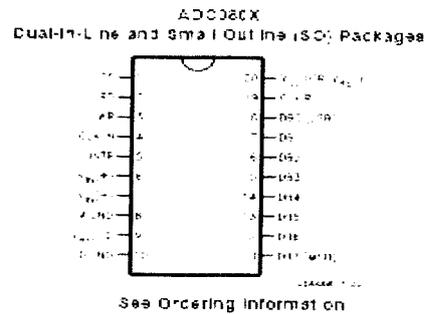
Dengan memanfaatkan sifat dari fotodiode ini, maka dibuatlah rangkaian sensor tingkat kekuatan cahaya, dimana lampu yang diuji akan memancarkan cahaya yang akan mengenai permukaan fotodiode, dan nilai arus yang terjadi pada fotodiode adalah merupakan cerminan dari nilai kekuatan cahaya yang dipancarkan oleh lampu *Fluorescent* tersebut.

2.5 ADC 0804

ADC 0804 merupakan IC ADC dengan keluaran 8 bit, dengan 1 buah masukan sinyal analog yang dikonversi kedalam bentuk format digital biner.

Pengubah analog ke digital merupakan aspek yang sangat penting dalam pemrosesan data digital. Proses pengubahan suatu sinyal analog ke dalam sinyal digital ekivalennya dilaksanakan dengan menggunakan ADC. Sebagai contoh pengubah A/D digunakan untuk mengubah sinyal-sinyal keluaran analog dari transduser (yang mengukur suhu, tekanan, getaran dan sebagainya) ke dalam sinyal digital ekivalennya. Dengan demikian sinyal-sinyal ini akan berada dalam bentuk yang sesuai untuk dimasukkan ke dalam suatu sistem digital. Pengubah A/D seringkali disebut sebagai piranti pengkode karena digunakan untuk mengkodekan sinyal-sinyal yang akan dimasukkan ke dalam suatu sistem digital. Gambar berikut ini memperlihatkan pin koneksi dari IC *analog to digital converter* ADC 0804.





Gambar 2.6. Konfigurasi pin IC ADC 0804

Ada metode yang dapat digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yaitu *Metode Successive Approximation ADC* yang mempunyai kemampuan mengkonversi lebih cepat dari *digital-ramp* dan waktu konversinya bernilai tetap, tidak tergantung pada nilai masukan analog.

Ketelitian dan Resolusi ADC

Karena pengubah A/D atau juga ADC merupakan suatu sistem simpal tertutup yang mencakup baik sistem analog maupun digital, ketelitian keseluruhan harus mencakup kesalahan-kesalahan dari posisi analog maupun digital. Dalam menentukan ketelitian keseluruhan, cara yang termudah adalah memisahkan kedua sumber kesalahan tersebut.

Jika diasumsikan bahwa semua komponen beroperasi sebagaimana mestinya, sumber kesalahan digital hanya ditentukan oleh resolusi sistem. Dalam mendigitalisasi suatu tegangan analog, biasanya langkah yang harus dilakukan adalah mengupayakan untuk suatu tegangan analog kontinue dengan seperangkat bilangan ekuivalennya. Bila peringkat-peringkat digital diubah kembali ke dalam bentuk analog oleh rangkaian tangga, keluarannya adalah bentuk gelombang tangga. Bentuk

gelombang ini merupakan representasi tegangan masukan namun jelas bukan merupakan suatu sinyal tak-kontinue yang tersusun atas sejumlah jenjang-jenjang diskrit. Dalam berupaya untuk mereproduksi sinyal masukan analog, hal terbaik yang dapat dilakukan adalah menggunakan jenjang yang paling mendekati tegangan masukan dalam amplitudonya.

Kenyataannya adalah jenjang-jenjang pada tegangan tangga mengakibatkan timbulnya kesalahan dalam sistem. Jenjang digital terkecil atau *kuantum*, berkaitan dengan LSB dan hanya dapat terkecil dengan meningkatkan banyaknya bit dalam pencacah. Kesalahan yang merupakan pembawaan seringkali disebut kesalahan kuantisasi dan pada umumnya sebesar $+1$ bit.

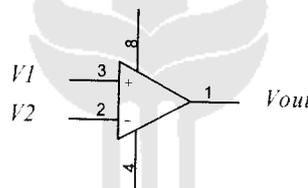
Sumber utama kesalahan analog adalah dalam pengubah A/D kemungkinan besar adalah pembanding. Sumber-sumber kesalahan lainnya adalah tahanan-tahanan dalam tangga, kerut (*ripple*) pada penyedia tegangan acuan serta derau. Namun demikian, pada umumnya semua ini dapat dianggap sumber kesalahan sekunder dibandingkan kesalahan dalam pembanding.

Sumber-sumber kesalahan terpusat disekitar perubahan-perubahan titik perpindahan DC. Titik perpindahan DC adalah perbedaan antara peringkat-peringkat tegangan masukan yang mengakibatkan keluaran berubah keadaan. Perubahan-perubahan titik perpindahan terutama diakibatkan oleh *offset* (pengimbangan), penguat dan linieritas penguat yang digunakan dalam pembanding. Parameter-parameter ini pada umumnya sedikit berubah dengan berubahnya peringkat-peringkat

tegangan masukan dan seringkali juga dengan berubah temperaturnya. Perubahan ini yang mengakibatkan kesalahan analog dalam sistem.

2.6 Operasional Amplifier

Operational amplifier atau Op-Amp adalah suatu rangkaian terpadu yang terdiri atas beberapa komponen aktif rangkaian elektronika. Op-Amp dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan di bidang elektronika. Terdapat banyak tipe Op-Amp yang masing-masing mempunyai keunggulan untuk rangkaian tertentu. Simbol dari Op-Amp diberikan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Simbol dan konfigurasi kaki-kaki Op-Amp

Jika pada V_1 diberikan sinyal sedangkan V_2 dihubungkan ke pentanahan, maka bentuk outputnya (V_{out}) akan sefase dengan input. Tetapi jika pada V_2 diberikan sinyal dan V_1 dihubungkan ke pentanahan, maka fase V_{out} akan berlawanan, (berbeda fase 180°). Oleh karena itu terminal V_1 disebut sebagai terminal *non inverting*, sedangkan terminal V_2 disebut terminal *inverting* (pembalik).

Op-Amp dapat dikatakan ideal apabila memenuhi karakteristik pokok sebagai berikut:

1. Faktor penguatannya sangat besar (tak berhingga)
2. Impedansi inputnya sangat besar
3. Impedansi outputnya sangat kecil (sama dengan nol)
4. Tegangan *offset*-nya nol
5. *Bandwith* (lebar pita/jalur) tak berhingga
6. Tidak terpengaruh oleh perubahan temperatur
7. Waktu tanggap (respon) sama dengan nol
8. Tidak menimbulkan derau
9. Pada saat V_{in} sama dengan nol, maka V_{out} sama dengan nol pula
10. Faktor penguat *common mode* sama dengan nol

Tetapi dalam prakteknya, hal-hal bersifat ideal tersebut tidak akan tercapai karena keterbatasan dari bahan yang dipergunakan. Dengan demikian Op-Amp akan mempunyai batasan-batasan tertentu sehingga akan dijumpai adanya penyimpangan dari hasil yang diinginkan. Op-Amp digunakan untuk membentuk fungsi-fungsi linier yang bermacam, juga operasi-operasi tak linier dan sering disebut rangkaian analog.

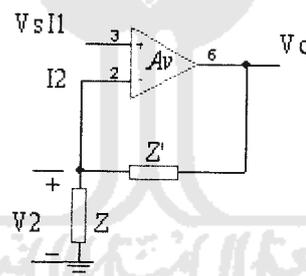
Sejumlah besar penguat Op-Amp mempunyai sebuah masukan differensial dengan tegangan V_2 dan V_1 yang diberikan pada terminal pembalik (inverting) dan bukan pembalik (noninverting). Perolehan antara V_O dan V_1 positif (bukan pembalik/noninverting), sedangkan V_O/V_2 negatif (pembalik/inverting).

Suatu penguat dengan satu ujung dapat dianggap sebagai suatu peristiwa khusus, dimana salah satu terminal masuk dibumikan. Hampir semua Op-Amp hanya mempunyai satu terminal keluaran. Sangat sering dibutuhkan sebuah penguat yang

mempunyai keluaran sefasa dengan masukan. Dalam rangkaian Selektor Audio Digital ini digunakan Op-Amp yang dirangkai sebagai bukan pembalik (noninverting) untuk sinyal dan terminal pembalik untuk umpan balik, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8.

Bentuk ini adalah konfigurasi penguat umpan balik tegangan seri dengan tegangan umpan balik $V_f = V_2$. Untuk $I_2 = 0$, faktor umpan balik sama dengan :

$$\beta = \frac{V_2}{V_o} = \frac{Z}{Z + Z'} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$



Gambar 2.8. Penguat Op-Amp yang dirangkai noninverting

Jika $A_v \beta \gg 1$, maka :

$$A_{vf} \approx \frac{1}{\beta} = \frac{Z + Z'}{Z} = 1 + \frac{Z'}{Z} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Hasil yang didapat dari persamaan diatas mungkin didapat tanpa melihat kembali keteori umpan balik. Karena bila, potensial dari dua masukan sama, $V_s = V_2$ dan dari gambar 2.8 :

$$A_{vf} \equiv \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{V_2} = \frac{Z + Z'}{Z} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan

A_{vf} = Nilai penguatan

Z = Impedansi

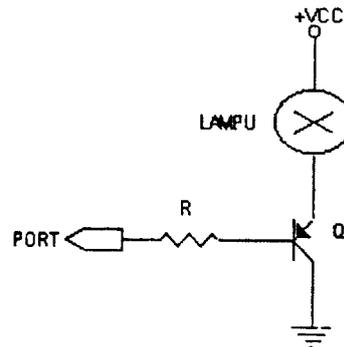
β = Faktor umpan balik

Perhatikan, jika $Z' \ll Z$, sebagai contoh, jika Z merupakan rangkaian terbuka atau jika Z' dari sebuah hubungan singkat, maka $A_{vf} = 1$. Bentuk ini adalah sebuah pengikut tegangan (voltage follower) ($V_o = V_s$), yang mempunyai resistansi masukan yang tinggi sekali dan resistansi keluaran yang rendah.

2.7 Transistor Sebagai Saklar

Salah satu penggunaan umum dari transistor dalam suatu rangkaian digital adalah sebagai saklar (*Switching*). Gambar 2.9 berikut merupakan rangkaian transistor sebagai saklar.





Gambar 2.9. Transistor sebagai saklar untuk menyalakan lampu

Untuk dapat menyalakan lampu, seolah-olah kaki emitor dengan kolektor harus dihubungsingkatkan. untuk itu diperlukan arus yang cukup pada basis sebagai pembias (menempatkan titik operasi transistor pada daerah jenuh), yaitu dengan membuat tegangan pada emitor lebih besar dari tegangan pada basis dengan selisih lebih besar dari tegangan *cut off* (umumnya diatas 0.6V, tergantung spesifikasi dari pabrik dan bahan yang digunakan), arus pada basis yang diperlukan relatif sangat kecil (dibatasi oleh tahanan RB). Fungsi transistor sebagai saklar pada alat ini dipergunakan sebagai pemutus dan penyambung arus ke relay-relay.

2.8 Motor DC

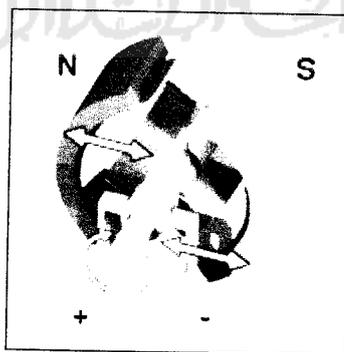
Sebagian besar motor listrik bekerja karena gaya elektromagnetik, satu dari motor elektromagnetik ditemukan oleh Michael Faraday di tahun 1821 dan terdiri dari sebuah kawat yang tergantung bebas yang dimasukkan ke dalam wadah berisi air

raksa. Sebuah kawat permanen diletakkan ditengah wadah tersebut. Saat arus listrik dialirkan melalui kawat tersebut, kawat itu berputar disekitar kawat.

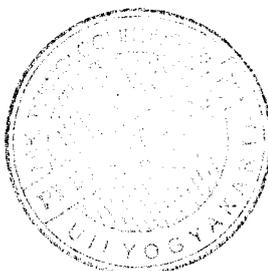
Motor DC modern ditemukan secara tidak sengaja pada tahun 1873, saat Zenobe Gramme menghubungkan sebuah kumparan dinamo ke kumparan kedua yang sama dan menggerakannya sebagai motor.

Sebuah saklar *rotary* yang disebut komutator bergerak berlawanan arah dengan arus listrik dua kali setiap putaran untuk mengalir melalui armatur sehingga kutub elektromagnet menarik dan mendorong terhadap permanen magnet pada sisi luar motor.

Pada gambar 2.10. diperlihatkan sebuah motor DC sederhana, saat koil diberi tegangan, medan magnet tercipta disekitar armatur. Sisi kiri dari armatur didorong menjauh dari magnet di sebelah dan ditarik ke magnet sebelah kanan, sehingga menyebabkan putaran.



Gambar 2.10. Motor DC Sederhana



2.9 Kumbaran Elektromagnetik (*Solenoid*)

Dalam percobaan yang dilakukan oleh Ampere diketahui bahwa dalam suatu penghantar yang dilalui oleh arus listrik dapat menimbulkan medan magnet yang digambarkan dengan adanya garis khayal yang disebut fluks magnetik dalam satuan Weber.

Besarnya medan magnet H (A/m) pada suatu kawat penghantar yang dililitkan sejumlah N lilit dengan jari-jari kumbaran a meter pada inti besi yang memiliki *permeabilitas* bahan magnet μ (Wb/A-turn m) dengan aliran arus I ampere oleh Biot-Savart dirumuskan pada persamaan

$$H = \frac{\mu \cdot i N}{2 \cdot a} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan

H = Besarnya Medan magnet pada suatu kawat penghantar (A/m)

μ = *permeabilitas* bahan magnet (Wb/A-turn m)

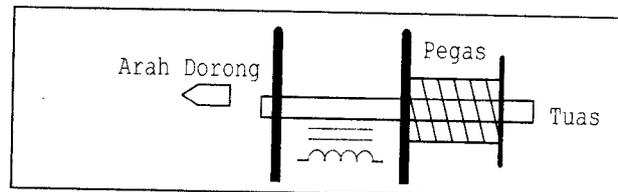
i = arus yang mengalir (A)

N = jumlah lilitan

a = jari-jari kumbaran (m)

Dengan memperbesar medan magnet melalui persamaan diatas dapat dibuat suatu alat yang dapat menarik obyek lain yang dibuat dari bahan *ferromagnetis* untuk keperluan industri dan peralatan sistem pengendali umumnya dan khususnya sebagai

tuas penarik dan pendorong elektromagnetis yang akan dipakai dalam penelitian ini yang bentuknya seperti ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. Konstruksi tuas pendorong elektromagnetik

