

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Mikrokontroller AT 89S51

Seperti yang telah disampaikan di atas bahwa mikrokontroller AT89S51 merupakan pengembangan dari mikokontroler ATMEL *type C* (AT89C51) yang dilengkapi dengan fasilitas ISP (*In-System Programming*) yang memungkinkan untuk melakukan pengisian program pada mikrokontroller secara langsung

Mikrokontroller adalah suatu rangkaian terintegrasi (*IC*) yang bekerja untuk aplikasi-aplikasi pengendalian. Untuk mendukung fungsi pengendaliannya, maka suatu mikrokontroller memiliki bagian-bagian sebagai berikut :

1. *Central Processing Unit* (CPU)
2. *Read Only Memory* (ROM)
3. *Random Access Memory* (RAM)
4. *Pewaktu / Pencacah*
5. *Unit I/O* (Serial/Parallel)

Secara umum fasilitas yang dimiliki oleh mikrokontroller AT89S51 adalah sebagai berikut : 4 kbyte *Flash memory*, 128 x 8-bit *internal RAM*, 32 *Programmable I/O lines*, Dua *Timer/Counter* 16-bit, *Full Duplex UART*, *Watchdog Timer*, *Dual Data Pointer*, ISP dan lain sebagainya.

2.1.1 Konfigurasi Pin

| | | | |
|-------------|----|----|------------|
| P1.0 | 1 | 40 | VCC |
| P1.1 | 2 | 39 | P0.0 (AD0) |
| P1.2 | 3 | 38 | P0.1 (AD1) |
| P1.3 | 4 | 37 | P0.2 (AD2) |
| P1.4 | 5 | 36 | P0.3 (AD3) |
| (MISO) P1.5 | 6 | 35 | P0.4 (AD4) |
| (MISO) P1.6 | 7 | 34 | P0.5 (AD5) |
| (SCK) P1.7 | 8 | 33 | P0.6 (AD6) |
| RST | 9 | 32 | P0.7 (AD7) |
| (RXD) P3.0 | 10 | 31 | EA/VPP |
| (TXD) P3.1 | 11 | 30 | ALE/PROG |
| (INT0) P3.2 | 12 | 29 | PSEN |
| (INT1) P3.3 | 13 | 28 | P2.7 (A15) |
| (I/O) P3.4 | 14 | 27 | P2.6 (A14) |
| (I/O) P3.5 | 15 | 26 | P2.5 (A13) |
| (VYR) P3.6 | 16 | 25 | P2.4 (A12) |
| (RD) P3.7 | 17 | 24 | P2.3 (A11) |
| XTAL2 | 18 | 23 | P2.2 (A10) |
| XTAL1 | 19 | 22 | P2.1 (A9) |
| GND | 20 | 21 | P2.0 (A8) |

Gambar 2.1 Susunan pin AT 89S51

Konfigurasi pin 89S51 terdiri atas :

1. Port 0, port I/O dan bus alamat rendah (A0..A7)
2. Port 1, port I/O
3. Port 2, port I/O dan bus alamat tinggi (A8..A15)
4. Port 3, port I/O dan sinyal kendali
5. RST merupakan input *reset*
6. ALE/ $\overline{\text{PROG}}$, ALE (*Address Latch Enable*) diberi alamat rendah bila digunakan EPROM (*Erasable Programable Read Only Memory*) di luar, tetapi bila digunakan EPROM Internal maka kaki ini berfungsi untuk menerima pulsa program selama proses pemrograman.

2.1.3 Memori Program

Memori program adalah memori yang digunakan untuk menyimpan program aktual mikrokontroler. Panjang memori maksimal mencapai 64 Kbyte dengan memori internal sebesar 4 Kbyte. Selain itu dimungkinkan untuk memiliki 4 Kbyte memori dalam *chip* dan 64 KByte diluar *chip*.

2.1.4 Memori Data

AT89S51 memiliki memori data internal sebanyak 128 byte. Memori internal dari AT89S51 terbagi dua yaitu : internal RAM dan *Special Function Register (SFR)*.

| Alamat | R0 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | |
|--------|--|----|----|----|----|----|----|----|-------------------------|
| 00 | R0 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | REG. BANK 0 |
| 08 | R0 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | REG. BANK 1 |
| 10 | R0 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | REG. BANK 2 |
| 18 | R0 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | REG. BANK 3 |
| 20 | 00 | 08 | 10 | 18 | 20 | 28 | 30 | 38 | BITS 00-3F |
| 28 | 40 | 48 | 50 | 58 | 60 | 68 | 70 | 78 | BITS 40-7F |
| 30 | RAM KEGUNAAN UMUM DAN RUANG STACK 80 BYTE, 30H-7FH | | | | | | | | GENERAL INTERNAL RAM |
| 7F | | | | | | | | | |
| 80 | SPECIAL FUNCTION REGISTER 80H - FFH | | | | | | | | SFR |

Gambar 2.2. Peta Memori Internal AT 89S51

Salah satu keunggulan dari 89S51 adalah IC ini memiliki prosesor yang mampu bekerja dalam bit (*Boolean processor*) sehingga

memungkinkan pemrogram memanipulasi data baik dalam bit maupun *byte* dan juga melalui register khusus (*Special Function Register / SFR*).

2.1.5. Port masukan/keluaran (*I/O port*)

Sama seperti keluarga MCS-51 lainnya mikrokontroler AT89S51 memiliki 4 port masukan/keluaran (*I/O port*) yang diberi nama *port 0*, *port 1*, *port 2* dan *port 3*. Setiap port selain sebagai jalur masukan atau keluaran data, juga memiliki karakteristik masing-masing.

Port 0 dapat berfungsi sebagai jalur keluar masuk data dan juga sebagai port untuk 8 bit dibawah (*low order bit*) alamat memori eksternal. *Port* ini berada pada alamat 80H. *Port 1* berfungsi sebagai jalur keluar atau masuk data ke mikrokontroler. *Port* ini menempati alamat 90H pada daerah memori *special function register* selain sebagai piranti *I/O port 1* juga mempunyai fungsi yang dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Fungsi alternatif port 1.

| Port Pin | Alternate Functions |
|----------|--|
| P1.5 | MOSI (<i>Master data output, slave data input pin untuk SPI</i>) |
| P1.6 | MISO (<i>Master data input, slave data output pin untuk SPI</i>) |
| P1.7 | SCK (<i>Master clock input, slave data input pin untuk SPI</i>) |

Port 2 berada pada alamat A0H dan memiliki karakteristik yang mirip dengan *port 0*, yaitu dapat digunakan untuk menyatakan 8 bit atas (*high order bit*) alamat memori eksternal.

Port 3 terletak dialamat B0H dan selain berfungsi sebagai jalan masuk atau keluar data, dapat juga digunakan untuk fitur-fitur khusus.

Tabel 2.2. Fungsi Alternatif Port 3

| Port Pin | Alternate Functions |
|----------|--|
| P3.0 | RXD (port untuk masukan serial) |
| P3.1 | TXD (port untuk keluaran serial) |
| P3.2 | $\overline{\text{INT0}}$ (untuk melayani interupsi eksternal 0) |
| P3.3 | $\overline{\text{INT1}}$ (untuk melayani interupsi eksternal 1) |
| P3.4 | T0 (untuk masukan eksternal timer 0) |
| P3.5 | T1 (untuk masukan eksternal timer 1) |
| P3.6 | $\overline{\text{WR}}$ (<i>eksternal data memori write strobe</i>) |
| P3.7 | $\overline{\text{RD}}$ (<i>eksternal data memori read strobe</i>) |

2.1.6. Special Function Register.

AT89S51 memiliki beberapa register yang dikelompokkan dalam register fungsi khusus (*special function register*) sesuai namanya. Register-register ini memiliki fungsi-fungsi khusus yang tidak dimiliki oleh register lain.

2.1.7. Mode Pengalamatan

Untuk mengakses data dan program yang disimpan didalam memori, diperlukan pengalamatan agar tidak terjadi kesalahan dalam pengambilan data. Pengaksesan memori data dan memori program pada AT89S51 menggunakan pengalamatan yang berbeda untuk membedakan antara data yang tersimpan dimemori data dan memori program. Mode pengalamatan yang digunakan oleh

AT89S51 adalah pengalamatan langsung, pengalamatan tidak langsung dan pengalamatan berindeks.

2.1.7.1. Pengalamatan langsung

Pengalamatan langsung yaitu pengalamatan yang langsung menempatkan alamat memori yang dituju sebagai operan. Pengalamatan ini hanya dapat digunakan untuk RAM internal dan SFR. Contoh perintah pengalamatan langsung : MOV A, 80H, yang mana 80H merupakan alamat dari port 0 mikrokontroler AT89S51.

2.1.7.2. Pengalamatan tidak langsung

Register-register yang dapat digunakan untuk menyimpan alamat tujuan adalah SP, R0, R1, dan DPTR. Mode pengalamatan ini membutuhkan jumlah byte yang lebih banyak dibanding pengalamatan langsung dan dapat digunakan untuk mengakses RAM internal dan eksternal.

2.1.7.3. Pengalamatan berindeks

Pengalamatan berindeks hanya dapat digunakan untuk membaca memori program dan instruksi lompat. Pengalamatan ini memerlukan alamat dasar yang disimpan di register sebagai alamat awal pembacaan data. Register yang dapat digunakan untuk menyimpan alamat dasar adalah DPTR dan PC.

2.1.8. UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*)

Komunikasi UART ini digunakan dalam komunikasi infra merah antara rangkaian pemancar dan penerima. Port serial pada AT89S51 bisa digunakan dalam 4 *mode* kerja yang berbeda. Dari 4 *mode* tersebut, 1 *mode* diantaranya

bekerja secara sinkron dan 3 lainnya bekerja secara asinkron. *Register control* dan status untuk *Port serial* berada dalam SCON seperti pada gambar 2.5. *Register* ini mengandung *bit-bit* pemilih *mode kerja port serial*, *bit data ke-9* pengiriman dan penerimaan (TB8 dan RB8) serta *bit-bit* interupsi *port serial* (TI dan RI).

| | Bit 7 | Bit 6 | Bit 5 | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | SM0 | SM1 | SM2 | REN | TB8 | RB8 | TI | RI |
| Reset : | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Gambar 2.3. Susunan Bit Register SCON

SM0: *Serial Port Mode bit 0*, bit Pengatur Mode Serial

SM1: *Serial Port Mode bit 2*, bit untuk mengaktifkan komunikasi multiprosesor pada kondisi set.

REN: *Receive Enable*, bit untuk mengaktifkan penerimaan data dari Port Serial pada kondisi set. Bit ini di set dan clear oleh perangkat lunak.

TB8: *Transmit bit 8*, bit ke 9 yang akan dikirimkan pada mode 2 atau 3. Bit ini di set dan clear oleh perangkat lunak

RB8: *Receive bit 8*, bit ke 9 yang diterima pada mode 2 atau 3. Pada Mode 1 bit ini berfungsi sebagai stop bit.

TI : *Transmit Interrupt Flag*, bit yang akan set pada akhir pengiriman karakter. Bit ini diset oleh perangkat keras dan di clear oleh perangkat lunak

RI : *Receive Interrupt Flag*, bit yang akan set pada akhir penerimaan karakter. Bit ini diset oleh perangkat keras dan di clear oleh perangkat lunak

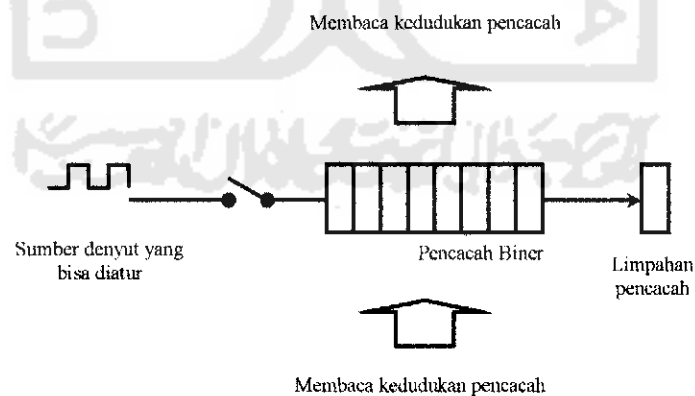
Bit SM0 dan SM1 (bit 7 dan 6 pada register SCON) dipakai untuk menentukan *mode* kerja *port* serial. Setelah *reset* kedua *bit* ini bernilai '0' dan penentuan kerja *port* serial seperti pada tabel 1 berikut :

Table 2.3. Mode kerja *port* serial

| SM0 | SM1 | Mode | Keterangan | Baud Rate |
|-----|-----|------|----------------|--|
| 0 | 0 | 0 | Register Geser | Tetap ($f_{osc}/2$) |
| 0 | 1 | 1 | UART 8-bit | Bisa diubah-ubah (dgn timer) |
| 1 | 0 | 2 | UART 9-bit | Tetap ($f_{osc}/64$ atau $f_{osc}/32$) |
| 1 | 1 | 3 | UART 9-bit | Bisa diubah-ubah (dgn timer) |

2.1.9. Timer/Counter

Pada dasarnya sarana masukan yang satu ini merupakan seperangkat pencacah biner yang terhubung langsung ke saluran data mikrokontroler sehingga mikrokontroler bisa membaca kondisi pencacah dan bila diperlukan dapat pula merubah kondisi pencacah tersebut. Seperti layaknya pencacah biner saat sinyal *clock* yang diberikan sudah melebihi kapasitas pencacah maka pencacah akan memberikan sinyal *overflow*, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2. 4. Konsep dasar *Timer/Counter* pada AT89S51

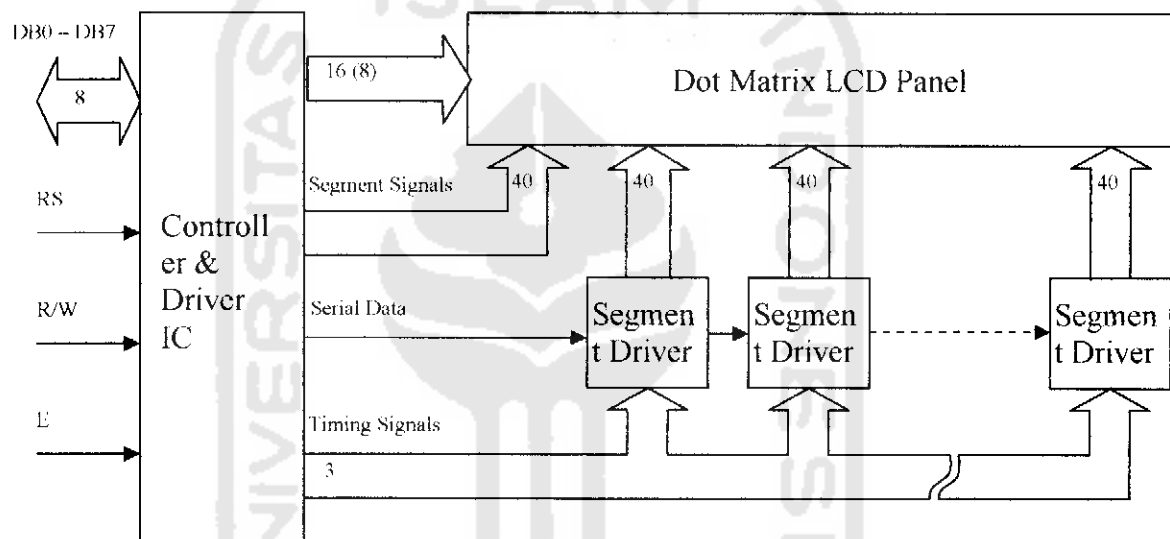
Mikrokontroler AT89S51 dilengkapi dengan 2 perangkat *timer* masing-masing dinamakan sebagai *timer 0* dan *timer 1*. Perangkat *timer* tersebut merupakan perangkat keras yang terpadu dalam mikrokontroler AT89S51, untuk mengaksesnya digunakan *register* khusus yang tersimpan dalam SFR (*Special Function Register*). Pencacah biner *timer 0* diakses melalui *register* TL0 (*Timer 0 Low byte*) memori *data internal* pada alamat 6Ah dan *register* TH0 (*Timer 0 High byte*) memori *data internal* pada alamat 6Ch. Pencacah biner *timer 1* diakses melalui *register* TL1 (*Timer 1 Low byte*) pada alamat 6Bh dan *register* TH1 (*Timer 1 High byte*) pada alamat 6Dh. untuk mengatur kerja *timer* digunakan 2 *register* tambahan yang dipakai bersama oleh *timer 0* dan *timer 1*. *register* tambahan tersebut adalah *register* TCON (*Timer Control Register*) pada alamat 88h bisa dialamati per *bit* dan *register* TMOD (*Timer Mode Register*) pada alamat 89h tidak bisa dialamati per *bit*.

2.2. Penampil LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu display dari bahan cairan kristal yang pengoperasiannya menggunakan sistem dot matriks. LCD banyak digunakan sebagai *display* dari alat-alat elektronika seperti kalkulator, multimeter digital, jam digital dan sebagainya.

LCD yang digunakan pada alat ini adalah LCD HD44780U yang merupakan LCD 16 x 2 karakter yang memiliki 3 bit *control* yaitu E yang merupakan input *clock*, R/W sebagai input untuk memilih *read* atau *write* dan RS sebagai *register select*, juga memiliki 8 bit data yaitu DB0 sampai DB7. Gambar 2.5 berikut menunjukkan diagram blok LCD secara umum.

LCD HD44780U memiliki dua register yaitu register perintah adalah register untuk membaca perintah-perintah dari mikrokontroler ke HD44780 pada saat proses penulisan data atau tempat status dari HD44780. dan register data adalah register dimana mikrokontroler dapat menuliskan atau membaca data ke atau dari DDRAM.



Gambar 2.5. Diagram Blok LCD

Dari diagram blok LCD diatas dapat dijelaskan bagian-bagian LCD sebagai berikut :

DB0 – DB7 : sebagai I/O data

E : sebagai input, diaktifkan *high* kemudian *low* untuk meng-
clock-kan satu data.

R/W : sebagai input, R=-1, W=0, diaktifkan *low*.

- RS : sebagai input, diaktifkan *low*.
- 0 : register instruksi (*write*); *busy flag* dan alamat *counter* (*read*).
- 1 : data register (*write* dan *read*)

LCD tipe HD44780U memiliki beberapa bagian seperti yang disampaikan dibawah ini:

1. Register.

LCD HD44780U memiliki dua register 8 bit yaitu register instruksi (IR) dan register data (DR), IR menyimpan kode instruksi, menampilkan *clear* dan pergeseran *cursor* dan informasi alamat untuk *display* data RAM (DDRAM) dan pembangkit karakter RAM (CGRAM). Register instruksi IR hanya bisa dibaca dari MPU, sedangkan register data (DR) digunakan untuk menyimpan data yang akan ditulis dan dibaca pada DDRAM atau CGRAM.

2. Busy Flag (BF)

Ketika *busy flag* bernilai 1 LCD menjalankan operasi internal saat RS = 0 dan RW = 1 *busy flag* merupakan keluaran ke DB7 dan untuk menuliskan instruksi selanjutnya dilakukan setelah *busy flag* bernilai 0.

3. Address Counter (AC)

AC berfungsi untuk menghitung alamat dari DDRAM dan CGRAM. Saat alamat dari *instruksi* dituliskan ke IR maka alamat informasi dikirim dari IR ke AC, setelah pembacaan alamat dari DDRAM atau CGRAM, *address counter* secara otomatis alamatnya langsung ditambah satu.

4. *Display Data RAM (DDRAM)*

DDRAM digunakan untuk menyimpan tampilan data yang direpresentasikan dalam kode 8 bit. DDRAM memiliki kapasitas 80 x 8 bit atau karakter.

5. *Character Generator ROM (CGROM)*

CGROM membangkitkan 5 x 8 titik atau 7 x 10 titik model karakter dari 8 bit kode karakter.

6. *Character Generator RAM (CGRAM)*

Dengan CGRAM dimungkinkan pemakai dapat menulis ulang model karakter dengan program. Untuk 5 x 8 titik model karakter, 8 model karakter dapat ditulis dan untuk 5 x 10 titik, 4 model karakter bisa ditulis.

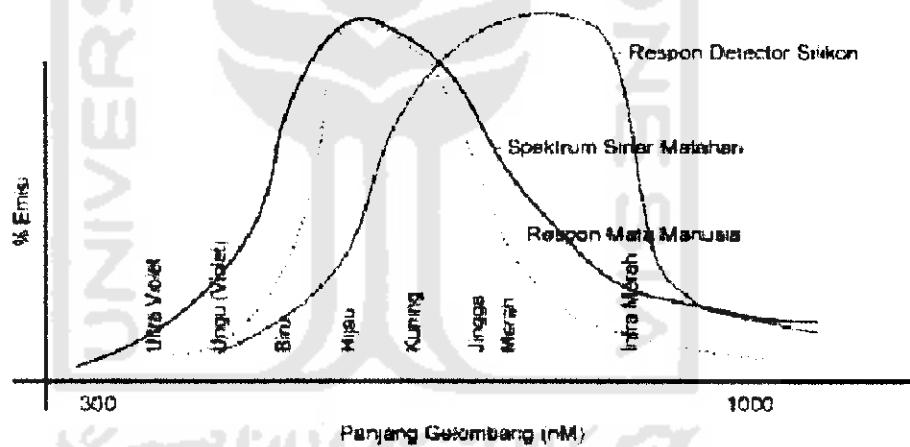
2.3. Dioda Pancar Cahaya (*Light Emitting Dioda*)

Dioda Pancar Cahaya (*Light Emitting Dioda = LED*) adalah dioda semikonduktor khusus yang dirancang untuk memancarkan cahaya apabila arus melaluinya. Apabila diberi tegangan maju, energi elektron yang mengalir melewati tahanan sambungan diubah langsung menjadi energi cahaya. Karena LED adalah dioda, maka arus hanya akan mengalir apabila LED dihubungkan dengan tegangan maju. LED harus dioperasikan di dalam ukuran kerja tegangan dan arus yang tertentu untuk mencegah kerusakan.

Cahaya infra merah merupakan cahaya yang tidak tampak. Jika dilihat dengan spektroskop cahaya maka radiasi cahaya infra merah akan

nampak pada spektrum elektromagnet dengan panjang gelombang cahaya merah. Dengan panjang gelombang ini maka cahaya infra merah ini akan tidak tampak oleh mata namun radiasi panas yang ditimbulkannya masih terasa/dideteksi.

Pada dasarnya komponen yang menghasilkan panas juga menghasilkan radiasi infra merah masuk tubuh manusia maupun tubuh binatang. Cahaya infra merah, walaupun mempunyai panjang gelombang yang sangat panjang tetap tidak dapat menembus bahan-bahan yang tidak dapat melewati cahaya yang nampak sehingga infra merah tetap mempunyai karakteristik seperti halnya cahaya yang nampak oleh mata.



Gambar 2.6. Spektrum cahaya dan respon manusia

Prinsip kerja infra merah sama dengan dioda biasa dapat dianggap sebagai saklar yang tergantung pada pemberian polaritas. Pada infra merah arus hanya mengalir ke satu arah (terjadi kalau anoda diberi tegangan positif dan katoda ketegangan negatif atau ditanahkan (*grounding*)). Jika

dipasang pada kondisi arah sebaliknya maka arus pada infra merah tidak menghantar (menghambat). Untuk simbol dari infra merah dapat dilihat pada gambar 2.7.

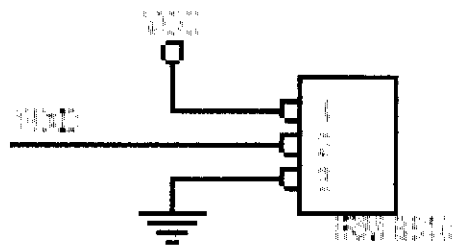


Gambar 2.7. Simbol Infra Merah

Keuntungan utama pengguna LED sebagai sumber cahaya dibandingkan dengan bola lampu cahaya biasa adalah penggunaan daya yang jauh lebih rendah, jauh lebih lama umurnya, dan beroperasi dengan kecepatan tinggi. Dioda silikon konvensional merubah energi menjadi panas. Jenis dioda ini disebut dioda yang memancarkan inframerah (*infrared emitting dioda*).

2.4. Infrared Receiver Module IRM8510

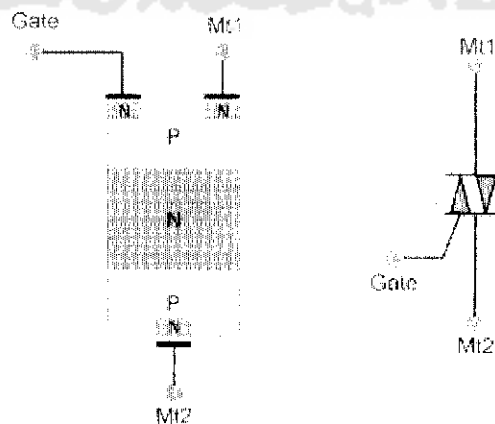
IR *Module* adalah sebuah rangkaian yang terdiri dari sebuah phototransistor dan filter yang terbentuk dalam satu modul di mana *collector* dari *phototransistor* adalah merupakan output dari modul ini. Pada saat phototransistor *cut off* maka tidak terjadi aliran arus dari *collector* menuju ke *emitter* sehingga *collector* yang merupakan output dari *IR Module* akan berkondisi *high*. Apabila phototransistor saturasi maka arus mengalir dari *collector* ke *emitter* dan *output* dari *IR Module* akan berkondisi *low*. Adapun simbol dari IRM8510 seperti terlihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8. Simbol *infrared reseiver module*

2.5. TRIAC

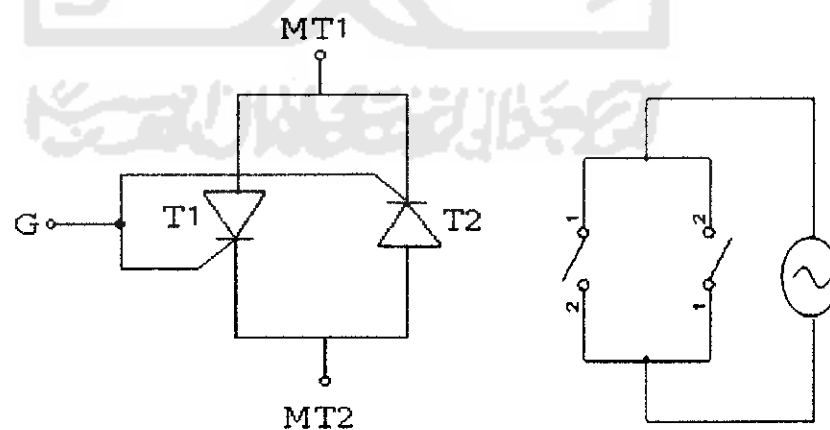
Sesuai dengan namanya TRIAC adalah saklar *triode* arus bolak-balik, maka komponen ini biasanya digunakan untuk alat kontrol rangkaian AC pada beban atau juga untuk mengatur daya pada beban. Triac merupakan 2 SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) yang dirangkaikan anti paralel dan diberi satu elektroda baru yang disebut *gate*. Penggunaan triac lebih menguntungkan dibanding SCR karena SCR hanya dapat menghantarkan arus ke satu arah saja sedangkan triac dapat bekerja pada arus bolak-balik.



Gambar 2.9. Struktur dan Simbol Triac

2.5.1. Prinsip kerja TRIAC.

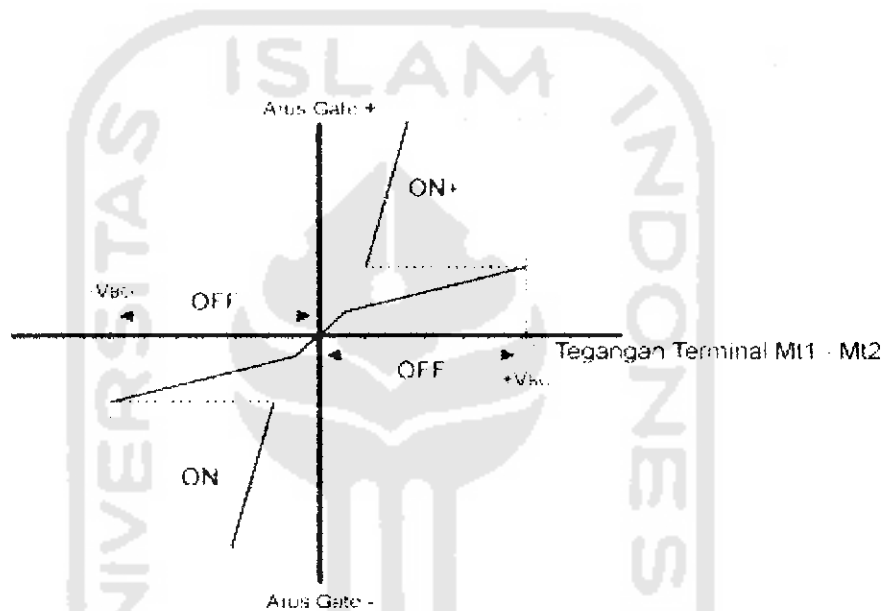
Dari gambar 2.10 dibawah dapat dilihat bahwa elektroda triac terdiri dari Terminal (MT1), Terminal (MT2) dan *gate* (G). Jika terminal MT1 dan MT2 diberi tegangan jala-jala PLN dan *gate* dalam kondisi mengambang maka tidak ada arus yang dilewatkan oleh triac (*kondisi idel*) sampai pada tegangan '*break over*' triac tercapai. Kondisi ini dinamakan kondisi *off triac*. Apabila *gate* diberi arus positif atau negatif maka tegangan '*break over*' ini akan turun. Semakin besar nilai arus yang masuk ke *gate* maka semakin rendah pula tegangan '*break over*'nya. Kondisi ini dinamakan sebagai kondisi *on triac*. Apabila triac sudah '*on*' maka triac akan dalam kondisi on selama tegangan pada MT1 dan MT2 di atas nol volt. Apabila tegangan pada MT1 dan MT2 sudah mencapai nol volt maka kondisi kerja triac akan berubah dari on ke off. Apabila triac sudah menjadi off kembali, triac akan selamanya off sampai ada arus trigger ke *gate* dan tegangan MT1 dan MT2 melebihi tegangan '*break over*'nya.



Gambar 2.10. Ekuivalensi Triac

2.5.2. Karakteristik Triac.

Triac dapat diumpamakan sebagai SCR yang simetris, karena *kurva* karakteristiknya tidak ada perbedaannya antara karakteristik maju dan karakteristik mundur seperti pada gambar 2.11 dibawah ini :



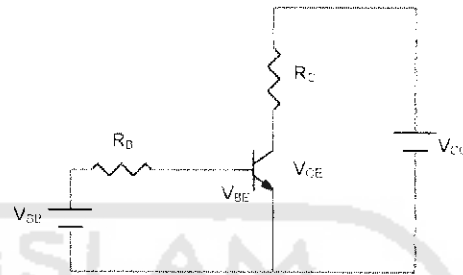
Gambar 2. 11. Karakteristik Triac

Bila diperhatikan gambar 2.11 diatas, terlihat bahwa karakteristik maju dan karakteristik balik triac tidak ada perbedaan.

2.6. Transistor.

Transistor adalah salah satu dari komponen aktif yang memiliki tiga pin. Beberapa fungsi transistor yaitu dapat digunakan sebagai rangkaian *driver* atau sebagai saklar. Rangkaian *driver* merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk menggerakkan peralatan lain yang membutuhkan arus atau tegangan

tertentu. Gambar 2.12 memperlihatkan contoh *driver*, kaki basis transistor dengan memberi pulsa rendah (0) dan pulsa tinggi (1).



Gambar 2. 12. Rangkaian Penguat Sinyal

Gambar diatas memperlihatkan bahwa V_{BB} akan memberi tegangan maju kepada dioda basis emitor melalui resistor R_B . Untuk transistor silikon V_{BE} berkisar antara 0,6 – 0,7 volt. Arus basis dan kolektor dapat dicari dengan persamaan dibawah ini:

$$V_{BB} - I_B \cdot R_B - V_{BE} = 0 \quad (2.1)$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \quad (2.2)$$

dengan

V_{BB} : tegangan bias basis (Volt),

V_{BE} : tegangan basis emitor (Volt),

R_B : resistor pada basis (Ohm),

I_B : arus basis (Ampere).

Arus kolektor didapat dengan persamaan seperti berikut.

$$I_C = \beta \cdot I_B \quad (2.3)$$

dengan,

I_C : arus kolektor (*Ampere*),

B : Betha.

Arus kolektor diatas akan menimbulkan tegangan sebesar $I_C \times R_C$ pada resistor.

Sehingga tegangan emitor kolektor menjadi seperti persamaan berikut:

$$V_{CC} - I_C \cdot R_C - V_{CE} = 0 \quad (2.4)$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C \quad (2.5)$$

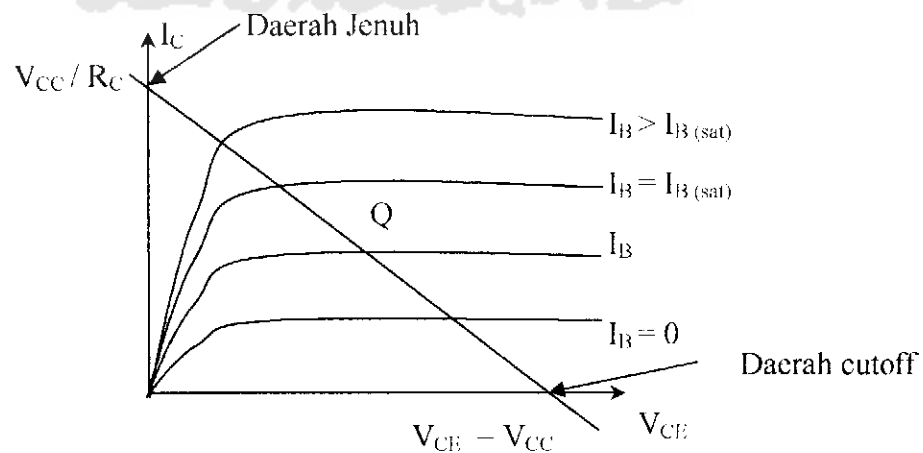
dengan,

V_{CE} : tegangan kolektor emitor (Volt),

V_{CC} : tegangan sumber (Volt),

R_C : resistor pada kolektor (Ohm).

Persamaan diatas menunjukkan V_{CC} dan R_C adalah konstanta, V_{CE} dan I_C adalah variable. Rangkaian kolektor, sumber tegangan V_{CC} membias *reverse* diode kolektor melalui R_C . Pada gambar 2.13 dilukiskan titik potong antara garis beban DC dan *kurva* karakteristik $I_C - V_{CE}$.



Gambar 2. 13. Kurva karakteristik $I_C - V_{CE}$.

Garis beban DC mempunyai titik potong dengan sumbu I_C , pada keadaan ini besarnya I_C maksimum yaitu sama dengan V_{CC} / R_C untuk $V_{CE} = 0$ sedangkan perpotongan pada sumbu V_{CE} menandakan V_{CE} pada nilai maksimum sama dengan V_{CC} untuk $I_C = 0$. titik putus (*cut off*) terjadi pada saat $V_{CE} = V_{CC}$ dan $I_B = 0$, sedangkan titik jenuh (saturasi) adalah titik potong kurva I_B pada ujung teratas pada garis beban DC. Pada keadaan ini I_C dan V_{CE} dalam keadaan jenuh. I_C pada titik ini diperoleh pada persamaan berikut.

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_C} \quad (2.6)$$

