

BAB II

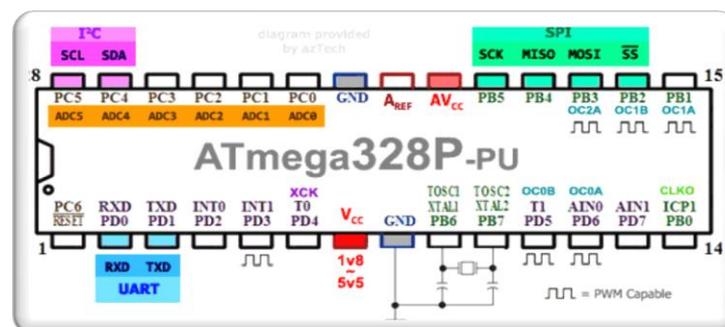
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikrokontroler ATmega 328

Mikro kontroler ini memiliki kapasitas flash (*program memory*) sebesar 32 Kb (32.768 bytes), memori (*static RAM*) 2 Kb (2.048 bytes), dan EEPROM (*non-volatile memory*) sebesar 1024 bytes. Kecepatan maksimum yang dapat dicapai adalah 20 MHz. Rancangan khusus dari keluarga prosesor ini memungkinkan tercapainya kecepatan eksekusi hingga 1 cycle per instruksi untuk sebagian besar instruksinya, sehingga dapat dicapai kecepatan mendekati 20 juta instruksi per detik.

ATmega328 adalah prosesor yang kaya fitur. Dalam chip yang dipaketkan dalam bentuk DIP-28 ini terdapat 20 pin Input/Output (21 pin bila pin reset tidak digunakan, 23 pin bila tidak menggunakan oskilator eksternal), dengan 6 di antaranya dapat berfungsi sebagai pin ADC (*analog to digital converter*), dan 6 lainnya memiliki fungsi PWM (*pulse width modulation*).

Chip ini juga memiliki modul USART (*Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter*) terintegrasi, *hardware* SPI (*Serial Peripheral Interface*), *hardware* TWI (*Two Wire Interface*, kompatibel dengan protokol I²C dari Phillips, 2x pencacah (*timer*) 8-bit, 1x pencacah 16-bit, RTC (*Real Time Counter*) dengan oskilator terpisah, *watchdog timer*, komparator analog terintegrasi, pendeteksi tegangan turun (*brown-out detector*), sumber interupsi internal dan eksternal, dan oskilator internal yang terkalibrasi (8 MHz).



Gambar 2.1 Konfigurasi Pin Atmega 328

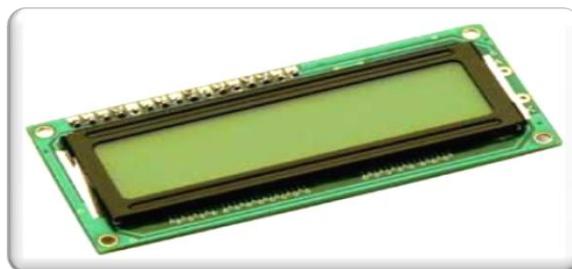
Pemrograman (proses *upload* kode program dari komputer ke IC) dapat dilakukan dengan mudah menggunakan *programmer* serial (contoh: USBASP) atau dengan *parallel programming mode* melalui *port parallel (LPT port)* komputer Anda. Kode dapat ditulis dalam bahasa C/C++ ataupun assembler. C compiler (avr-gcc, bagian dari Atmel AVR Toolchain) tersedia untuk diunduh secara gratis dari website produsen baik untuk versi windows atau versi linux.

Alternatif lainnya untuk pengguna Windows dapat menggunakan WinAVR (*open source*, gratis juga). Selain itu, untuk pemula dapat juga menggunakan Arduino IDE (bahasa C dengan *library* lengkap terintegrasi yang sangat mudah digunakan).

2.2 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Liquid Crystal Display (LCD) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, ataupun layar komputer. Pada bab ini aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2 x 16. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat. Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah :

- a) Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
- b) Mempunyai 192 karakter tersimpan.
- c) Terdapat karakter generator terprogram.
- d) Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit.
- e) Dilengkapi dengan back light.



Gambar 2.2 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Tabel 1. Keterangan pin LCD

PIN	Deskripsi
1	Ground
2	Vcc
3	Pengatur kontras
4	“RS” Instruction/Register Select
5	“R/W” Read/Write LCD Registers
6	“EN” Enable
7-14	Data I/O Pins
15	Vcc
16	Ground

2.2.1 Cara Kerja Liquid Crystal Display (LCD)

Pada aplikasi umumnya RW diberi logika rendah “0”. Bus data terdiri dari 4-bit atau 8-bit. Jika jalur data 4-bit maka yang digunakan ialah DB4 sampai dengan DB7. Sebagaimana terlihat pada table deskripsi, *interface* LCD merupakan sebuah *parallel bus*, dimana hal ini sangat memudahkan dan sangat cepat dalam pembacaan dan penulisan data dari atau ke LCD. Kode ASCII yang ditampilkan sepanjang 8-bit dikirim ke LCD secara 4-bit atau 8 bit pada satu waktu. Jika mode 4-bit yang digunakan, maka 2 nibble data dikirim untuk membuat sepenuhnya 8-bit (pertama dikirim 4-bit MSB lalu 4-bit LSB dengan pulsa clock EN setiap *nibblenya*).

Jalur kontrol EN digunakan untuk memberitahu LCD bahwa mikrokontroler mengirimkan data ke LCD. Untuk mengirim data ke LCD program harus menset EN ke kondisi high “1” dan kemudian menset dua jalur kontrol lainnya (RS dan R/W) atau juga mengirimkan data ke jalur data bus.

Saat jalur lainnya sudah siap, EN harus diset ke “0” dan tunggu beberapa saat (tergantung pada *datasheet* LCD), dan set EN kembali ke high “1”. Ketika jalur RS berada dalam kondisi low “0”, data yang dikirimkan ke LCD dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti bersihkan layar, posisi

kursor dll). Ketika RS dalam kondisi *high* atau “1”, data yang dikirimkan adalah data ASCII yang akan ditampilkan dilayar. Misal, untuk menampilkan huruf “A” pada layar maka RS harus diset ke “1”. Jalur kontrol R/W harus berada dalam kondisi *low* (0) saat informasi pada data bus akan dituliskan ke LCD. Apabila R/W berada dalam kondisi *high* “1”, maka program akan melakukan *query* (pembacaan) data dari LCD. Instruksi pembacaan hanya satu, yaitu Get LCD status (membaca status LCD), lainnya merupakan instruksi penulisan. Jadi hampir setiap aplikasi yang menggunakan LCD, R/W selalu diset ke “0”. Jalur data dapat terdiri 4 atau 8 jalur (tergantung mode yang dipilih pengguna), DB0, DB1, DB2, DB3, DB4, DB5, DB6 dan DB7. Mengirim data secara *parallel* baik 4-bit atau 8-bit merupakan 2 mode operasi primer. Untuk membuat sebuah aplikasi *interface* LCD, menentukan mode operasi merupakan hal yang paling penting.

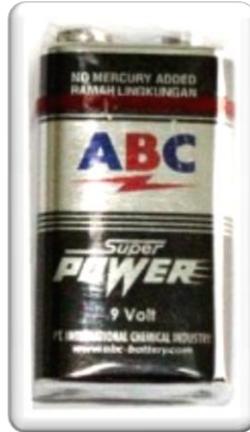
Mode 8-bit sangat baik digunakan ketika kecepatan menjadi keutamaan dalam sebuah aplikasi dan setidaknya minimal tersedia 11 pin I/O (3 pin untuk kontrol, 8 pin untuk data). Sedangkan mode 4 bit minimal hanya membutuhkan 7-bit (3 pin untuk kontrol, 4 pin untuk data). Bit RS digunakan untuk memilih apakah data atau instruksi yang akan ditransfer antara mikrokontroler dan LCD. Jika bit ini di set ($RS = 1$), maka byte pada posisi kursor LCD saat itu dapat dibaca atau ditulis. Jika bit ini di reset ($RS = 0$), merupakan instruksi yang dikirim ke LCD atau status eksekusi dari instruksi terakhir yang dibaca.

2.3 Baterai

Baterai adalah perangkat yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Pada *baterai* terdapat dua kutub, yaitu kutub positif dan kutub negatif. Kutub positif berada pada bagian batang baterai. Sedangkan kutub negatif baterai berada pada bagian bawah baterai. Reaksi kimia yang terjadi di dalam baterai menimbulkan arus listrik bermuatan positif dan negatif.

Baterai mengalirkan arus listrik secara langsung, Arus listrik bermuatan positif dialirkan melalui ujung *knob* bagian atas baterai (kutub positif baterai). Ada pun arus listrik bermuatan negatif dialirkan melalui pelapis bagian bawah baterai

(kutub negatif baterai). Selanjutnya, arus listrik bermuatan positif dan negatif mengalir secara terpisah melalui kabel (kawat tembaga) menuju ke alat.



Gambar 2.3 Baterai

Ketika kawat tembaga dihubungkan ke kutub-kutub baterai, muatan-muatan tersebut mengalir melalui konduktor tembaga. Kawat tembaga yang mengalirkan arus bermuatan positif akan menuju pada bagian penerima muatan positif alat. Sedangkan bagian negatif akan menuju pada bagian penerima muatan negatif pada alat.

2.3.1 Soket Baterai

Soket baterai merupakan piranti yang menghubungkan dari baterai ke pcb rangkaian sebagai jembatan tegangan agar lebih mudah di di solder. Soket baterai mempunyai dua jenis kabel yang bermuatan positif berwarna merah dan negative berwarna hitam.



Gambar 2.4 Soket Baterai

2.3.2 Supply DC

Dalam Hal ini baterai sebagai supply dc, Sebuah power supply adalah sebuah perangkat yang memasok energi listrik untuk satu atau lebih beban. listrik. Istilah ini paling sering diterapkan ke perangkat yang mengkonversi salah satu bentuk energi listrik yang lain , meskipun mungkin juga merujuk ke perangkat yang mengkonversi energi bentuk lain (misalnya, mekanis, kimia, surya) menjadi energi listrik . Sebuah catu daya Diatur adalah salah satu yang mengontrol tegangan output atau saat ini untuk nilai tertentu, nilai dikendalikan mengadakan hampir konstan, meskipun variasi baik dalam beban arus atau tegangan yang diberikan oleh sumber energi catu daya

2.4 Resistor

Resistor merupakan salah satu komponen elektronika yang bersifat pasif dimana komponen ini tidak membutuhkan arus listrik untuk berkerja. Resistor memiliki sifat menghambat arus listrik dan resistor sendiri memiliki nilai besaran hambatan yaitu ohm dan dituliskan dengan simbol Ω .

Sesuai dengan nama dan kegunaanya untuk membatasi atau menghambat arus listrik yang melewatinya dalam suatu rangkaian maka resistor mempunyai sifat resistif (menghambat) yang umumnya terbuat dari bahan karbon. Hal ini bisa terjadi karena resistor yang memiliki dua kutub akan memproduksi tegangan listrik di antara kedua kutubnya. Dengan mengatur besarnya arus yang mengalir, kita dapat mengatur alat elektronik untuk melakukan berbagai hal.



Gambar 2.5 Resistor

Dari hukum Ohm di jelaskan bahwa resistansi akan berbanding terbalik dengan jumlah arus yang melaluinya. Maka untuk menyatakan besarnya resistansi dari sebuah resistor dinyatakan dalam satuan Ohm yang dilambangkan dengan simbol Ω (Omega). Untuk menggambaranya dalam suatu rangkaian dilambangkan dengan huruf R, karena huruf ini merupakan standart internasional yang sudah disepakati bersama untuk melambangkan sebuah komponen resistor dalam sebuah rangkaian.

2.4.1 Fungsi Resistor

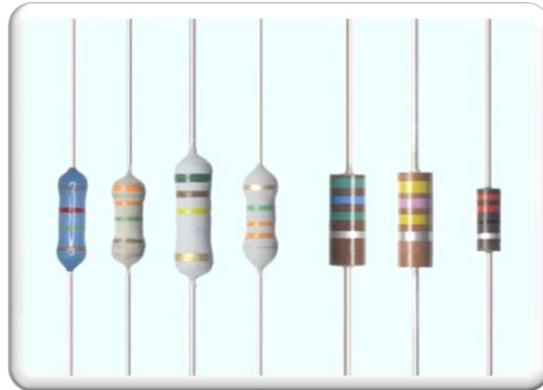
Selain untuk membatasi atau menghambat arus listrik, resistor mempunyai kegunaan atau fungsi lainnya, diantaranya adalah sebagai berikut :

- a) Sebagai pembagi arus
- b) Sebagai pembagi tegangan
- c) Sebagai penurun tegangan
- d) Sebagai penghambat arus listrik
- e) Menghambat arus listrik
- f) Pengatur volume (potensiometer)
- g) Pengatur kecepatan motor (rheostat).

2.4.2 Karakteristik Resistor

Karakteristik berbagai macam resistor dipengaruhi oleh bahan yang digunakan. Resistansi resistor komposisi tidak stabil disebabkan pengaruh suhu, jika suhu naik maka resistansi turun. Kurang sesuai apabila digunakan dalam rangkaian elektronika tegangan tinggi dan arus besar. Resistansi sebuah resistor komposisi berbeda antara kenyataan dari resistansi nominalnya. Jika perbedaan nilai sampai 10 % tentu kurang baik pada rangkaian yang memerlukan ketepatan tinggi. Resistor variabel resistansinya berubah-ubah sesuai dengan perubahan dari pengaturannya. Resistor variabel dengan pengatur mekanik, pengaturan oleh cahaya, pengaturan oleh temperature suhu atau pengaturan lainnya. Jika perubahan nilai, resistansi potensiometer sebanding dengan kedudukan kontak

gesernya maka potensiometer semacam ini disebut potensiometer linier. Tetapi jika perubahan nilai resistansinya tidak sebanding dengan kedudukan kontak gesernya disebut potensiometer logaritmis.



Gambar 2.6 Karakteristik Resistor

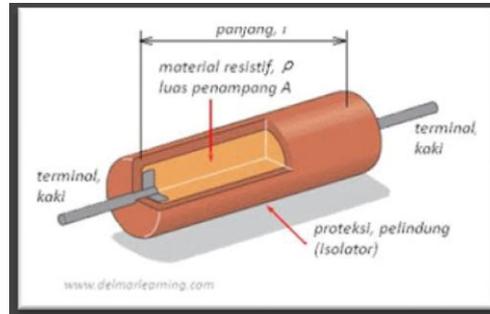
Secara teori sebuah resistor dinyatakan memiliki resistansi murni akan tetapi pada prakteknya sebuah resistor mempunyai sifat tambahan yaitu sifat induktif dan kapasitif. Pada dasarnya bernilai rendah resistor cenderung mempunyai sifat induktif dan resistor bernilai tinggi resistor tersebut mempunyai sifat tambahan kapasitif. Suhu memiliki pengaruh yang cukup berarti terhadap suatu hambatan. Didalam penghantar ada electron bebas yang jumlahnya sangat besar sekali, dan sembarang energi panas yang dikenakan padanya akan memiliki dampak yang sedikit pada jumlah total pembawa bebas. Kenyataannya energi panas hanya akan meningkatkan intensitas gerakan acak dari partikel yang berada dalam bahan yang membuatnya semakin sulit bagi aliran electron secara umum pada sembarang satu arah yang ditentukan. Hasilnya adalah untuk penghantar yang bagus, peningkatan suhu akan menghasilkan peningkatan harga tahanan. Akibatnya, penghantar memiliki koefisien suhu positif.

2.4.3 Bahan Pembuat Resistor

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan resistor yaitu :

- a) Substrat alumina; untuk karakteristik resistor (lebar 2 inci)
- b) Pasta resistor dengan nilai 10 ohm, 1 kilo ohm, 10 kilo ohm dan 100 kilo ohm

- c) Dua pont birox seri 17
- d) ESL
- e) Shoel
- f) Al_2O_3 ; digunakan untuk pencucian substrat, screen dan bahan-bahan pelarut



Gambar 2.7 Bagian – Bagian Resistor

2.4.4 Kode Warna Pada Resistor

Untuk mengetahui berapa besar nilai resistansi (hambatan) sebuah resistor tetap, maka kita dapat melihat dan membaca kode warna yang berupa cincin-cincin warna pada bodi resistor. Karena tidak semua nilai resistor dicantumkan dengan lambang bilangan berupa angka-angka, melainkan dengan cincin kode warna. Banyaknya cincin kode warna setiap resistor berjumlah 4 cincin atau ada juga 5 cincin bahkan lebih.

Tabel 2. Nilai dan Kode Warna Pada Resistor

WARNA	ANGKA	MULTIPLIER	TOLERANSI
HITAM	0	1	
COKLAT	1	10	1%
MERAH	2	100	2%
ORANGE	3	1k	
KUNING	4	10k	
HIJAU	5	100k	0.5%
BIRU	6	1M	0.25%
UNGU	7	10M	
ABU-ABU	8		
PUTIH	9		
EMAS			5%
SILVER			10%

Tabel 3. Gambar dan Keterangan Resistor

GAMBAR RESISTOR	KETERANGAN
	<p>Resistor 4 Warna</p> <p>Warna (1) dan (2) = Angka Digit</p> <p>Warna (3) = Multiplier</p> <p>Warna (4) = Nilai Toleransi</p>
	<p>Resistor 5 Warna</p> <p>Warna (1) (2) (3) = Angka Digit</p> <p>Warna (4) = Multiplier</p> <p>Warna (5) = Nilai Toleransi</p>

2.4.5 Cara Menghitung Nilai Resistor

a) Resistor 4 Warna

untuk mengetahui cara menghitung resistor warna kita langsung pakai contoh saja resistor berikut:



- Gelang 1 = Coklat (1)
- Gelang 2 = Hitam (0)
- Gelang 3 = Merah (10^2)
- Gelang 4 = Emas (5%)

Nilai resistor tersebut adalah : $10 \times 10^2 = 1000 \Omega = 1 \text{ K}\Omega \pm 5 \%$

b) Resistor 5 Warna

kita pakai contoh resistor dengan warna sebagai berikut :



- Gelang 1 = Merah (2)
- Gelang 2 = Kuning (4)
- Gelang 3 = Hitam (0)
- Gelang 4 = Merah (10^2)
- Gelang 5 = Hijau (0,5%)

Nilai resistor tersebut adalah : $240 \times 10^2 = 24000 \Omega = 24 \text{ K}\Omega \pm 0,5 \%$

2.5 Saklar Elektronika

Di dunia Elektronika, saklar (*switch*) berfungsi sebagai pemutus dan penghubung arus listrik. Ketika kondisi saklar off (*open circuit*) maka arus listrik yang tadinya mengalir melalui saklar akan terputus, demikian juga sebaliknya yakni jika kondisi saklar on (*close circuit*) maka arus listrik akan kembali mengalir melewati saklar tersebut.

Fungsi saklar listrik dan saklar elektronik sebenarnya sama saja, perbedaannya terletak pada spesifikasi saklar. Saklar listrik umumnya mempunyai batas maksimal arus yang lebih besar sedangkan saklar elektronik hanya digunakan untuk arus lemah sehingga batas maksimal arus listrik yang diperbolehkan lebih kecil dan bentuk fisiknya pun relatif lebih kecil.

Banyak sekali jenis saklar elektronik yang dapat ditemukan di pasaran dengan berbagai bentuk fisik, ukuran, dan fungsi. Saklar-saklar tersebut sebagian bisa digerakan secara manual oleh manusia dan sebagian lagi dapat bekerja secara otomatis.

Berdasarkan kondisi awal kontaktor yang ada di dalamnya, saklar dapat dibagi menjadi beberapa bagian di antaranya:

- Saklar On-Off:
Saklar jenis ini mempunyai dua kondisi yaitu on (terhubung) dan off (terputus). Saklar jenis ini sering digunakan pada lampu penerangan rumah.
- Saklar *Normaly On* atau *Normaly Close*
Kondisi awal saklar ini adalah *On* (terhubung) tetapi jika ditekan, digeser, atau, digerakkan secara manual, maka kontaktor saklar akan berubah menjadi *Off* (terputus). Saklar jenis ini adalah bagian dari saklar *On-Off*
- Saklar *Normaly Off* atau *Normaly Open*
Kodisi awal saklar ini adalah *Off* (terputus) dan akan berubah menjadi *On* (terhubung) jika diaktifkan dengan cara ditekan, digeser, atau digerakkan secara manual. Saklar ini juga merupakan bagian dari saklar *On-Off*.

- Saklar *Push-On*

Kondisi awal saklar ini adalah *Off* dan akan berubah menjadi *On* hanya ketika ditekan. Jika dilepas, maka saklar akan kembali ke posisi *Off*. Saklar jenis ini dapat ditemukan pada bel rumah atau bel cerdas cermat.

- Saklar *Push-Off*

Kondisi awal dari saklar ini adalah *On* dan hanya akan berubah kondisi (menjadi *Off*) apabila saklar ditekan. Kontakor saklar akan kembali *On* ketika saklar dilepas. Saklar jenis ini dapat ditemukan di industri-industri untuk mengontrol relay atau *contactor*.

Di bawah ini adalah beberapa contoh saklar elektronik yang sering di jumpai di toko-toko komponen elektronika.

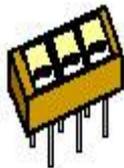
1. *Toggle-Switch*



Saklar *Toggle* ini mempunyai beberapa kondisi (tergantung dari jenisnya) yakni:

- a. Kontakor 1 *On* – Kontakor yang lain *Off*, dan sebaliknya
- b. Kontakor 1 *On* atau Kontakor 2 *On* sejenak (selama tuas digerakkan ke salah satu kontakor)
- c. Kontakor 1 *On* dan Kontakor 2 *Off*, Kontakor 1 *Off* dan Kontakor 2 *On*, Kontakor 1 dan Kontakor 2 *Off*

2. *Dip-Switch*



Saklar ini terdiri dari banyak kontakor kecil yang dijumpai. Saklar jenis ini sering dijumpai pada komputer sebagai pengatur logik (0 dan 1).

3. *Reed-Switch*



Saklar ini akan aktif ketika ada induksi magnet yang mendekati kontaktor di dalam kaca.

4. *Push Button-Switch*



Saklar ini ada dua jenis yakni *Push-On* dan *Push Off* yang hanya aktif ketika ditekan saja dan akan kembali ke kondisi semula jika dilepas.

5. *Micro-Switch*



Saklar ini umumnya mempunyai tiga terminal dengan dua kondisi yakni NC (*Normaly Close*) dan NO (*Normaly Open*). Saklar akan aktif ketika tuas ditekan. Untuk tipe lain, tuas pada micro-switch dipasang roda sehingga tuas dapat ditekan oleh benda bergerak.

6. *Slide-Switch*



Saklar ini akan menghubungkan terminal tengah dengan salah satu terminal sisi ketika tuas digeser ke salah satu sisi. Pada saat salah satu kontaktor On, maka kontaktor yang lainnya akan Off.

2.5.1 Saklar Push Button

Tombol tekan merupakan komponen control yang sangat berguna, alat ini dapat kita jumpai pada panel listrik atau di luar panel listrik. Fungsi tombol tekan adalah untuk mengontrol kondisi on atau off rangkaian listrik, prinsip kerja

tombol tekan adalah kerja sesaat maksudnya jika tombol kita tekan sesaat maka akan kembali pada posisi semula.



Gambar 2.8 Saklar Push Button

Berdasarkan fungsinya tombol tekan terbagi atas 3 tipe kontak :

1. Kontak NO (*Normally Open* = Kondisi terbuka)

Tombol jenis ini biasanya digunakan untuk menghubungkan arus pada suatu rangkaian kontrol atau sebagai tombol *start*. Fungsi mengalirkan arus pada tombol ini terjadi apabila pada bagian knop nya ditekan sehingga kontak nya saling terhubung dan aliran listrik akan terputus apabila knopnya dilepas karena terdapat pegas.

2. Kontak NC (*Normally Close* = Kondisi Tertutup)

Tombol jenis ini adalah jenis kontak tertutup biasanya di gunakan untuk memutus arus listrik yaitu dengan cara menekan knopnya sehingga kontak nya terpisah, namun kalau knop di lepas maka akan kembali pada posisi semula. Tombol jenis ini digunakan untuk tombol stop.

3. Kontak NO dan NC

Kontak pada tombol tekan jenis ini merupakan gabungan antara kontak NO dan kontak NC, mereka bekerja secara bersamaan dalam satu poros. Jika tombol di tekan maka kontak NO yang semula terbuka (*open*) dan kontak NC yang terhubung (*close*) akan berbalik arah yaitu Kontak NO akan menjadi terhubung (*close*) dan Kontak NC akan menjadi terbuka (*open*). Jika knop pada tombol di lepaskan maka akan kembali ke posisi semula.

2.6 Kapasitor

Kapasitor (Kondensator) yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf "C" adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kapasitor ditemukan oleh Michael Faraday (1791-1867).

Satuan kapasitor disebut Farad (F). Satu Farad = $9 \times 10^{11} \text{ cm}^2$ yang artinya luas permukaan kepingan tersebut. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi.

Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. Di alam bebas, fenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan.



Gambar 2.9 Macam – Macam Kapasitor

2.6.1 Kapasitansi

Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron. Coulombs pada abad 18 menghitung bahwa 1 coulomb = 6.25×10^{18} elektron. Kemudian Michael Faraday membuat postulat bahwa sebuah kapasitor akan memiliki kapasitansi sebesar 1 farad jika dengan

tegangan 1 volt dapat memuat muatan elektron sebanyak 1 coulombs. Dengan rumus dapat ditulis :

$$Q = C V$$

Q = muatan elektron dalam C (coulombs)

C = nilai kapasitansi dalam F (farad)

V = besar tegangan dalam V (volt)

Dalam praktek pembuatan kapasitor, kapasitansi dihitung dengan mengetahui luas area plat metal (A), jarak (t) antara kedua plat metal (tebal dielektrik) dan konstanta (k) bahan dielektrik. Dengan rumus dapat di tulis sebagai berikut :

$$C = (8.85 \times 10^{-12}) (k A/t)$$

Berikut adalah tabel contoh konstanta (k) dari beberapa bahan dielektrik yang disederhanakan.

Tabel 4. Konstanta Bahan (k)

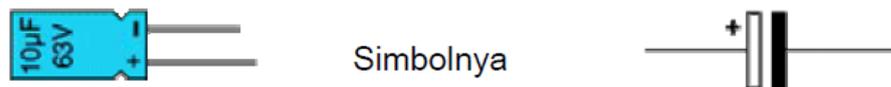
Udara vakum	k = 1
Aluminium oksida	k = 8
Keramik	k = 100 - 1000
Gelas	k = 8
Polyethylene	k = 3

Untuk rangkaian elektronik praktis, satuan farad adalah sangat besar sekali. Umumnya kapasitor yang ada di pasaran memiliki satuan : μF , nF dan pF.

- 1 Farad = 1.000.000 μF (mikro Farad)
- 1 μF = 1.000.000 pF (piko Farad)
- 1 μF = 1.000 nF (nano Farad)
- 1 nF = 1.000 pF (piko Farad)
- 1 pF = 1.000 $\mu\mu\text{F}$ (mikro-mikro Farad)
- 1 μF = 10^{-6} F
- 1 nF = 10^{-9} F
- 1 pF = 10^{-12} F

Konversi satuan penting diketahui untuk memudahkan membaca besaran sebuah kapasitor. Misalnya $0.047\mu\text{F}$ dapat juga dibaca sebagai 47nF , atau contoh lain 0.1nF sama dengan 100pF .

Kondensator diidentikkan mempunyai dua kaki dan dua kutub yaitu positif dan negatif serta memiliki cairan elektrolit dan biasanya berbentuk tabung.



Simbolnya

Sedangkan jenis yang satunya lagi kebanyakan nilai kapasitasnya lebih rendah, tidak mempunyai kutub positif atau negatif pada kakinya, kebanyakan berbentuk bulat pipih berwarna coklat, merah, hijau dan lainnya seperti tablet atau kancing baju yang sering disebut kapasitor (capacitor).



Simbolnya

2.6.1 Wujud dan Macam Kondensator

Berdasarkan kegunaannya kondensator di bagi menjadi :

1. Kondensator tetap (nilai kapasitasnya tetap tidak dapat diubah)
2. Kondensator elektrolit (Electrolit Condenser = Elco)
3. Kondensator variabel (nilai kapasitasnya dapat diubah-ubah)

Pada kapasitor yang berukuran besar, nilai kapasitansi umumnya ditulis dengan angka yang jelas. Lengkap dengan nilai tegangan maksimum dan polaritasnya. Misalnya pada kapasitor elco dengan jelas tertulis kapasitasnya sebesar $100\mu\text{F}25\text{v}$ yang artinya kapasitor/ kondensator tersebut memiliki nilai kapasitansi $100\mu\text{F}$ dengan tegangan kerja maksimal yang diperbolehkan sebesar 25 volt.

Kapasitor yang ukuran fisiknya kecil biasanya hanya bertuliskan 2 (dua) atau 3 (tiga) angka saja. Jika hanya ada dua angka, satuannya adalah pF (pico farads). Sebagai contoh, kapasitor yang bertuliskan dua angka 47, maka kapasitansi kapasitor tersebut adalah 47 pF. Jika ada 3 digit, angka pertama dan kedua

menunjukkan nilai nominal, sedangkan angka ke-3 adalah faktor pengali. Faktor pengali sesuai dengan angka nominalnya, berturut-turut 1 = 10, 2 = 100, 3 = 1.000, 4 = 10.000, 5 = 100.000 dan seterusnya.

Tabel 5. Penghitungan Nilai Kapasitor

104	105	222
$104 = 10 \times 10.000$ $= 100.000 \text{ pF}$ $= 100 \text{ nF}$	$105 = 10 \times 100.000$ $= 1.000.000 \text{ pF}$ $= 1.000 \text{ nF}$ $= 1 \mu\text{F}$	$222 = 22 \times 100$ $= 2.200 \text{ pF}$ $= 2,2 \text{ nF atau}$ $= 2\text{n}2$

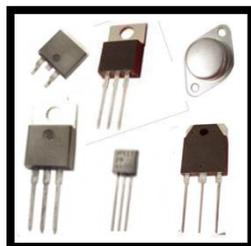
2.6.2 FUNGSI KAPASITOR

Fungsi penggunaan kapasitor dalam suatu rangkaian :

- Sebagai kopling antara rangkaian yang satu dengan rangkaian yang lain (pada PS)
- Sebagai filter dalam rangkaian PS
- Sebagai pembangkit frekuensi dalam rangkaian antenna
- Untuk menghemat daya listrik pada lampu neon
- Menghilangkan bouncing (loncatan api) bila dipasang pada saklar

2.7 Transistor

Transistor adalah alat semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (switching), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau sebagai fungsi lainnya. Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik, dimana berdasarkan arus inputnya (BJT) atau tegangan inputnya (FET), memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya.



Gambar 2.10 Macam – Macam Transistor

Transistor through-hole (dibandingkan dengan pita ukur sentimeter)

Pada umumnya, transistor memiliki 3 terminal, yaitu Basis (B), Emitor (E) dan Kolektor (C). Tegangan yang di satu terminalnya misalnya Emitor dapat dipakai untuk mengatur arus dan tegangan yang lebih besar daripada arus input Basis, yaitu pada keluaran tegangan dan arus output Kolektor.

Transistor merupakan komponen yang sangat penting dalam dunia elektronik modern. Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam amplifier (penguat). Rangkaian analog melingkupi pengeras suara, sumber listrik stabil (stabilisator) dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai logic gate, memori dan fungsi rangkaian-rangkaian lainnya.

Transistor dibuat dari bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor yang terpenting adalah Silikon dan Germanium. Silikon lebih banyak digunakan sebagai bahan semikonduktor dibanding Germanium, karena Silikon mempunyai sifat-sifat yang lebih disukai dibandingkan Germanium. Komponen ini mempunyai banyak fungsi dalam dunia elektronik, diantaranya sebagai penguat, switching (saklar), modulasi signal, stabilitas tegangan dll. Bahkan seiring dengan perkembangan teknologi yang saat ini semakin pesat, transistor saat ini juga telah mengalami perkembangan di segi fungsinya, dia sekarang telah dapat digunakan sebagai memory, dan pemroses isyarat getaran-getaran listrik dalam dunia prosesor komputer. Bukan hanya itu, transistor juga telah mengalami perkembangan dilihat dari segi bentuk, karena saat ini satu buah transistor telah berhasil diciptakan dalam ukuran super kecil, yaitu hanya dalam ukuran nano mikron (transistor yang dikemas dalam prosesor komputer).

2.7.1 Fungsi Transistor

Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik, dimana berdasarkan arus inputnya (BJT) atau tegangan inputnya (FET), memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya. Pada umumnya, transistor memiliki 3 terminal, yaitu Basis (B), Emitor (E) dan Kolektor (C). Tegangan yang

di satu terminalnya misalnya Emitor dapat dipakai untuk mengatur arus dan tegangan yang akan dikuatkan melalui kolektor. Selain digunakan untuk penguat transistor bisa juga digunakan sebagai saklar. Caranya dengan memberikan arus yang cukup besar pada basis transistor hingga mencapai titik jenuh. Pada kondisi seperti ini kolektor dan emitor bagai kawat yang terhubung atau saklar tertutup, dan sebaliknya jika arus basis teramat kecil maka kolektor dan emitor bagai saklar terbuka. Dengan sifat pensaklaran seperti ini transistor bisa digunakan sebagai gerbang atau yang sering kita dengar dengan sebutan TTL yaitu Transistor Transistor Logic.

Transistor dapat berfungsi juga sebagai; (a) penguat arus maupun tegangan yang dipakai sebagai penguat, (b) sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (switching), (c) stabilisasi tegangan semacam kran listrik, dimana berdasarkan arus inputnya (BJT) atau tegangan inputnya (FET), dan (d) memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya.

Fungsi transistor sangat menentukan kinerja dari sebuah rangkaian elektronika. Dalam sebuah sirkuit/rangkaian elektronika, transistor berfungsi sebagai jangkar rangkaian. Secara fisik, Transistor adalah sebuah komponen elektronika semi konduktor yang memiliki 3 kaki, yang masing-masing kakinya diberi nama basis (B), collector (C) dan emitor (E). Dalam sebuah sirkuit, fungsi Transistor dapat digunakan sebagai sebuah penguat (amplifier), sirkuit pemutus dan penyambung (switching), stabilisasi tegangan (stabilisator), modulasi sinyal dan berbagai fungsi lainnya. Berdasarkan susunan semi konduktor, Transistor di bedakan menjadi 2 tipe yaitu transistor PNP dan transistor NPN. Untuk membedakan transistor PNP dan NPN dapat di lihat dari arah panah pada kaki emitornya. Pada transistor PNP anak panah mengarah ke dalam dan pada transistor NPN arah panahnya mengarah ke luar. Pada saat ini Fungsi Transistor telah banyak mengalami perkembangan, sekarang sebuah transistor sudah dapat digunakan sebagai memory dan pemroses sebuah getaran listrik dalam dunia prosesor komputer. Bukan hanya fungsi transistor saja yang berkembang, bentuk dari transistor juga mengalami perubahan, saat ini transistor telah berhasil di ciptakan dalam ukuran super kecil, yaitu hanya dalam ukuran nano mikron

(transistor yang dikemas dalam prosesor komputer). Dalam dunia elektronika, transistor juga memiliki bentuk jelajah tegangan kerja dan frekuensi yang sangat besar dan lebar.

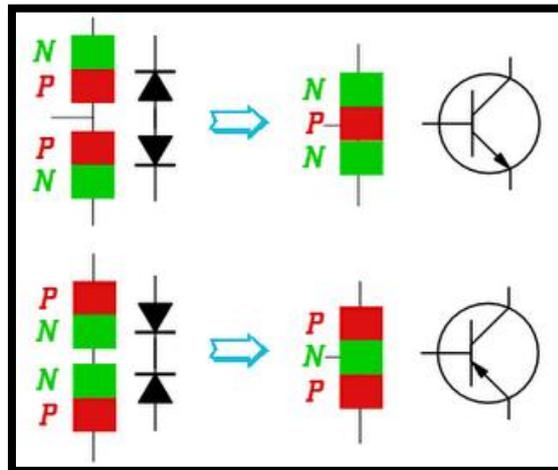
Penggunaan transistor dalam sebuah rangkaian analog adalah sebagai amplifier, switch, stabilitas tegangan, dan lain-lain. Dalam rangkaian digital selain di gunakan sebagai saklar yang memiliki kecepatan tinggi juga dapat digunakan sebagai pemroses data yang akurat dan sebagai memory. Cara kerja transistor yang tidak serumit komponen penguat lainnya, seperti tabung elektronik, dan kemampuannya yang berkembang secara berkala, dan juga bentuk fisiknya yang semakin berkembang, membuat transistor menjadi pilihan utama para penghobi elektronika dalam menyusun suatu konsep rangkaian elektronika. Bahkan saat ini bentuk fisik dan fungsi transistor telah berada satu tahap diatas sebelumnya. Sekarang fungsi transistor banyak yang sudah terintegrasi dan disatukan dari beberapa jenis transistor menjadi satu buah komponen yang lebih kompak yang dalam dunia elektronika biasa disebut dengan Integrated Circuit (IC). Integrated Circuit mempunyai cara kerja dan kemampuan yang lebih kompleks, tetapi mempunyai bentuk fisik yang ringkas sehingga tidak banyak memakan tempat. Namun tidak dapat dipungkiri, walaupun fisiknya berkembang menjadi satu komponen baru, namun fungsi transistor tetap memegang peranan vital dalam sebuah rangkaian elektronika.

2.7.2 Jenis dan Simbol Transistor

Secara umum, transistor dapat dibeda-bedakan berdasarkan banyak kategori simbol transistor dari berbagai tipe, antara lain:

- Materi semikonduktor: Germanium, Silikon, Gallium Arsenide.
- Kemasan fisik: Through Hole Metal, Through Hole Plastic, Surface Mount, IC, dan lain-lain.
- Tipe: UJT, BJT, JFET, IGFET (MOSFET), IGBT, HBT, MISFET, VMOSFET, MESFET, HEMT, SCR serta pengembangan dari transistor yaitu IC(Integrated Circuit) dan lain-lain.
- Polaritas: NPN atau N-channel, PNP atau P-channel.

- Maximum kapasitas daya: Low Power, Medium Power, High Power.
- Maximum frekuensi kerja: Low, Medium, atau High Frequency, RF transistor, Microwave, dan lain-lain.
- Aplikasi: Amplifier, Saklar, General Purpose, Audio, Tegangan Tinggi, dan lain-lain.



Gambar 2.11 Jenis Transistor

Jenis-Jenis Transistor dan cara kerja transistor pada umumnya dibagi menjadi dua jenis yaitu; Transistor Bipolar (dwi kutub) dan Transistor Efek Medan (FET – *Field Effect* Transistor). Transistor Bipolar adalah jenis transistor yang paling banyak di gunakan pada rangkaian elektronika. Jenis-Jenis Transistor ini terbagi atas 3 bagian lapisan material semikonduktor yang terdiri dari dua formasi lapisan yaitu lapisan P-N-P (Positif-Negatif-Positif) dan lapisan N-P-N (Negatif-Positif-Negatif). Sehingga menurut dua formasi lapisan tersebut transistor bipolar dibedakan kedalam dua jenis yaitu transistor PNP dan transistor NPN. Masing-masing dari ketiga kaki jenis-jenis transistor ini di beri nama B (Basis), K (Kolektor), dan E (Emiter). Fungsi transistor bipolar ini adalah sebagai pengatur arus listrik (regulator arus listrik), dengan kata lain transistor dapat membatasi arus yang mengalir dari Kolektor ke Emiter atau sebaliknya (tergantung jenis transistor, PNP atau NPN). Di bawah ini Gambar jenis-jenis transistor :

Transistor Efek Medan (FET – *Field Effect* Transistor) merupakan jenis transistor yang juga memiliki 3 kaki terminal yang masing-masing diberi nama *Drain* (D), *Source* (S), dan *Gate* (G). Cara kerja transistor ini adalah

mengendalikan aliran elektron dari terminal Source ke Drain melalui tegangan yang diberikan pada terminal Gate.

Perbedaan antara transistor bipolar dan transistor FET adalah jika transistor bipolar mengatur besar kecil-nya arus listrik yang melalui kaki Kolektor ke Emiter atau sebaliknya melalui seberapa besar arus yang diberikan pada kaki Basis, sedangkan pada FET besar kecil-nya arus listrik yang mengalir pada Drain ke Source atau sebaliknya adalah dengan seberapa besar tegangan yang diberikan pada kaki Gate.

Selain di gunakan sebagai penguat, transistor digunakan sebagai saklar. Caranya adalah dengan memberikan arus yang cukup besar pada basis transistor hingga mencapai titik jenuh. Pada kondisi seperti ini kolektor dan emitor bagai kawat yang terhubung atau saklar tertutup, dan sebaliknya jika arus basis teramat kecil maka kolektor dan emitor bagai saklar terbuka.

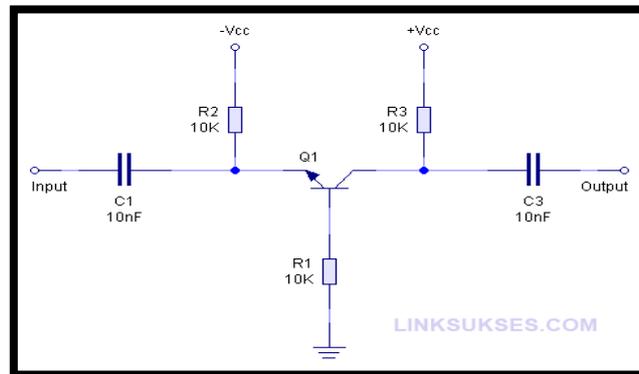
2.7.3 Transistor Sebagai Penguat

Salah satu fungsi Transistor yang paling banyak digunakan di dunia Elektronika Analog adalah sebagai penguat yaitu penguat arus, penguat tegangan, dan penguat daya. Fungsi komponen semikonduktor ini dapat kita temukan pada rangkaian Pree-Amp Mic, Pree-Amp Head, Mixer, Echo, Tone Control, Amplifier dan lain-lain.

Prinsip kerja transistor pada contoh rangkaian di bawah adalah, arus kecil pada basis (B) yang merupakan input dikuatkan beberapa kali setelah melalui Transistor. Arus output yang telah dikuatkan tersebut diambil dari terminal Collector (C). Besar kecilnya penguatan atau faktor pengali ditentukan oleh beberapa perhitungan resistor yang dihubungkan pada setiap terminal transistor dan disesuaikan dengan tipe dan karakteristik transistor. Signal yang diperkuat dapat berupa arus DC (searah) dan arus AC (bolak-balik) tetapi maksimal tegangan output tidak akan lebih dari tegangan sumber (V_{cc}) Transistor.

a) *Common Base*

Penguat Common Base digunakan sebagai penguat tegangan. Pada rangkaian ini Emitor merupakan input dan Collector adalah output sedangkan Basis di-ground-kan/ ditanahkan.



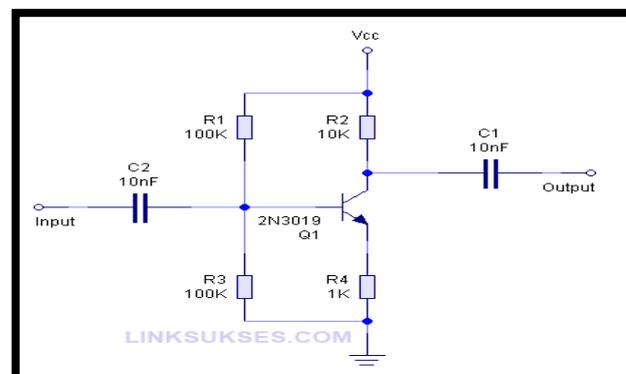
Gambar 2.12 *Common Base*

Sifat-sifat Penguat Common Base:

- Isolasi input dan output tinggi sehingga Feedback lebih kecil.
- Cocok sebagai Pre-Amp karena mempunyai impedansi input tinggi yang dapat menguatkan sinyal kecil.
- Dapat dipakai sebagai penguat frekuensi tinggi.
- Dapat dipakai sebagai buffer.

b) Penguat *Common Emitter*

Penguat Common Emitter digunakan sebagai penguat tegangan. Pada rangkaian ini Emitor di-ground-kan/ ditanahkan, Input adalah Basis, dan output adalah Collector.



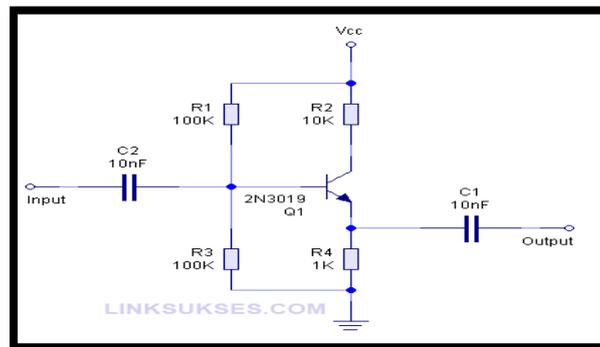
Gambar 2.13 *Common Emitter*

Sifat-sifat Penguat Common Emitter:

- Signal output berbeda fasa 180 derajat.
- Memungkinkan adanya osilasi akibat feedback, untuk mencegahnya sering dipasang feedback negatif.
- Sering dipakai sebagai penguat audio (frekuensi rendah).
- Stabilitas penguatan rendah karena tergantung stabilitas suhu dan bias transistor.

c) Penguat *Common Collector*

Penguat Common Collector digunakan sebagai penguat arus. Rangkaian ini hampir sama dengan Common Emitter tetapi outputnya diambil dari Emitter. Input dihubungkan ke Basis dan output dihubungkan ke Emitter. Rangkaian ini disebut juga dengan Emitter Follower (Pengikut Emitter) karena tegangan output hampir sama dengan tegangan input.



Gambar 2.14 *Common Collector*

2.8 Light Emitting Diode (LED)

Light Emitting Diode atau lebih dikenal dengan nama Lampu LED adalah lampu indikator yang terpasang diperangkat elektronik yang biasanya memiliki fungsi untuk menunjukkan status dari perangkat elektronik. Misalnya pada sebuah laptop atau perangkat komputer pasti anda temui lampu LED power dan LED indikator, atau dalam monitor terdapat juga lampu LED power dan power saving dan masih banyak lagi. Lampu LED terbuat dari plastik mika dan dioda semi-konduktor dapat menyala jika dialiri tegangan listrik rendah (sekitar 1.5 volt DC atau setara dengan aliran battery pada senter). lampu led mempunyai Bermacam-macam warna dan bentuk, karena disesuaikan dengan kebutuhan dan fungsinya.



Gambar 2.15 *Light Emitting Diode (LED)*

2.8.1 Fungsi Lampu LED

LED (*Light Emitting Diode*) merupakan sejenis lampu yang akhir-akhir ini berkembang dalam kehidupan kita. lampu LED pada umumnya digunakan untuk gadget seperti ponsel atau komputer. inididesikasikan sebagai pesaing lampu bohlam dan neon, saat ini dengan perkembangan zaman lampu led sudah diaplikasikan dengan meluas dan bahkan bisa kita temukan pada kendaraan, lampu emergency dan sebagainya. lampu Led didesikasikan sebagai model lampu masa depan yang dianggap dapat menekan pemanasan global karena dianggap sangat efisien. Lampu LED sekarang sudah banyak digunakan untuk:

- penerangan untuk jalan
- lampu lalu lintas
- interior/eksterior gedung

Asesoris mobil atau motor bahkan lampu led dipergunakan untuk alternatif penerangan nelayan, terutama nelayan di bagang, nelayan bagang pada umumnya memanfaatkan media penerangan untuk mendapatkan ikan pada bagang, pada umumnya pencahayaan tersebut bersumber pada jenis lampu petromak, namun saat ini para nelayan tersebut mengalami kesulitan untuk mendapatkan minyak tanah sebagai bahan bakar penerangan lampu petromak, selain mengalami kesulitan harganya pun semakin mahal, berhubung subsidi terhadap minyak tanah sudah dicabut, sudah jelas akibat dari permasalahan ini nelayan akan menghadapi kendala cukup fatal dan berdampak pada hasil tangkapan.

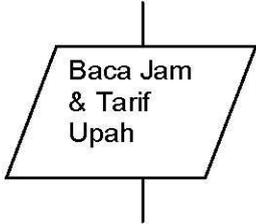
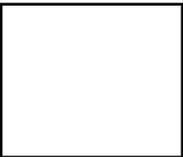
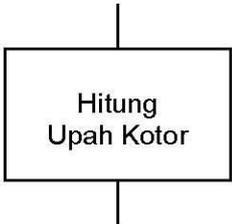
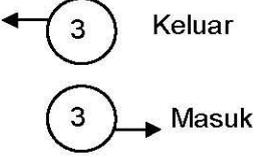
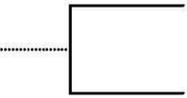
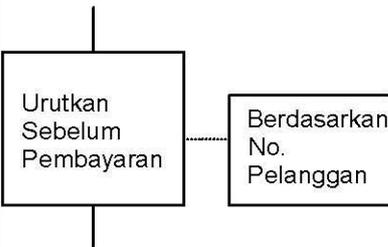
Kualitas cahayanya memang berbeda dibandingkan dengan lampu TL ataupun lampu lainnya. Tingkat pencahayaan LED dalam ruangan memang tidak lebih terang dibandingkan lampu neon, inilah mengapa LED dianggap belum layak pakai secara luas. Para ilmuwan di University of Glasgow menemukan cara untuk membuat LED bersinar lebih terang. Percobaannya adalah dengan membuat lubang mikroskopis pada permukaan LED sehingga lampu bisa menyala lebih terang tanpa menggunakan tambahan energi apapun. Pelubangan tersebut menerapkan sistem nano-imprint lithography yang sampai saat ini proyeknya masih dikembangkan bersama-sama dengan Institute of Photonics.

Sementara ini beberapa jenis lampu LED sudah dipasarkan oleh salah satu perusahaan lampu yaitu perusahaan lampu Philips. Jika dihitung secara seksama memang bisa kita diakui bahwa lampu LED menggunakan daya yang lebih hemat daripada lampu TL. seperti nelayan diatas tadi.

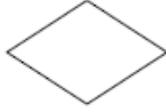
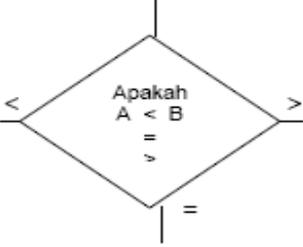
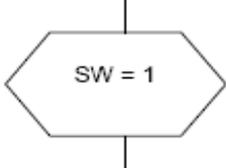
2.9 Simbol – Simbol Flowchart

Flowchart adalah penggambaran secara grafik dari langkah-langkah dan urutan-urutan prosedur dari suatu program. Flowchart menolong analis dan programmer untuk memecahkan masalah kedalam segmen-segmen yang lebih kecil dan menolong dalam menganalisis alternatif-alternatif lain dalam pengoperasian.

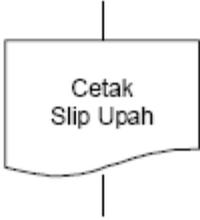
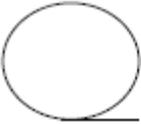
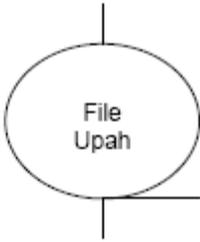
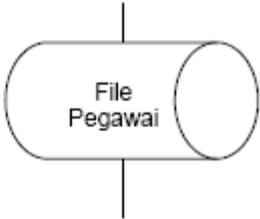
Flowchart biasanya mempermudah penyelesaian suatu masalah khususnya masalah yang perlu dipelajari dan dievaluasi lebih lanjut. Simbol-simbol flowchart yang biasanya dipakai adalah simbol-simbol flowchart standar yang dikeluarkan oleh ANSI dan ISO

SIMBOL	ARTI	CONTOH
<p>Input / Output</p> 	<p>Merepresentasikan Input data atau Output data yang diproses atau Informasi.</p>	
<p>Proses</p> 	<p>Mempresentasikan operasi</p>	
<p>Penghubung</p> 	<p>Keluar ke atau masuk dari bagian lain flowchart khususnya halaman yang sama</p>	
<p>Anak Panah</p> 	<p>Merepresentasikan alur kerja</p>	
<p>Penjelasan</p> 	<p>Digunakan untuk komentar tambahan</p>	

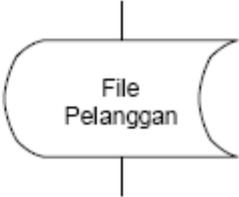
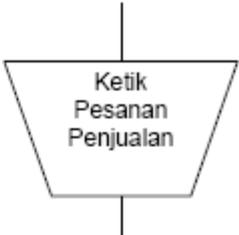
Gambar 2.16 Simbol Flowchart Standar

SIMBOL	ARTI	CONTOH
<p>Keputusan</p> 	Keputusan dalam program	
<p>Predefined Process</p> 	Rincian operasi berada di tempat lain	
<p>Preparation</p> 	Pemberian harga awal	
<p>Terminal Points</p> 	Awal / akhir flowchart	
<p>Punched card</p> 	Input / outuput yang menggunakan kartu berlubang	

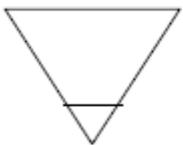
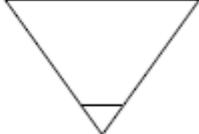
Gambar 2.16 Lanjutan

SIMBOL	ARTI	CONTOH
<p>Dokumen</p> 	<p>I/O dalam format yang dicetak</p>	
<p>Magnetic Tape</p> 	<p>I/O yang menggunakan pita magnetik</p>	
<p>Magnetic Disk</p> 	<p>I/O yang menggunakan disk magnetik</p>	
<p>Magnetic Drum</p> 	<p>I/O yang menggunakan drum magnetik</p>	

Gambar 2.16 Lanjutan

SIMBOL	ARTI	CONTOH
<p>On-line Storage</p> 	<p>I/O yang menggunakan penyimpanan akses langsung</p>	
<p>Punched Tape</p> 	<p>I/O yang menggunakan pita kertas berlubang</p>	
<p>Manual Input</p> 	<p>Input yang dimasukkan secara manual dari keyboard</p>	
<p>Display</p> 	<p>Output yang ditampilkan pada terminal</p>	
<p>Manual Operation</p> 	<p>Operasi Manual</p>	

Gambar 2.16 Lanjutan

SIMBOL	ARTI	CONTOH
<p>Communication Link</p> 	<p>Transmisi data melalui channel komunikasi, seperti telepon</p>	<p>Komputer  Terminal</p>
<p>Off-line Storage</p> 	<p>Penyimpanan yang tidak dapat diakses oleh komputer secara langsung</p>	

Gambar 2.16 Lanjutan