

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dari hasil tinjauan Tugas Akhir terdahulu didapatkan teori dan data-data yang mendukung untuk dijadikan referensi, antara lain Tugas Akhir dengan judul “Pendeteksi Kebocoran Gas Dengan Sensor Gas Figgaro TGS 2610 Berbasis Mikrokontroler AT89S52”, dimana alat ini menggunakan sensor TGS 2610 untuk mendeteksi kadar gas LPG yang dihubungkan dengan mikrokontroler AT89S52 kemudian menggunakan 3 led berbeda warna yang digunakan sebagai tanda beberapa tingkatan yang akan ditampilkan didalam LCD berupa pesan dan menggunakan buzzer untuk tanda peringatan bila terjadi kebocoran (Tias Harfiansyah Akbar, 2010).

Selain referensi diatas ada referensi lain, yaitu Tugas Akhir dengan judul “Perancangan Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Dengan Menggunakan Sensor TGS2610 Berbasis Mikrokontroller AT89S51”, dimana alat ini menggunakan sensor TGS 2610 untuk mendeteksi kadar gas LPG yang dihubungkan dengan mikrokontroler AT89C51 kemudian menggunakan buzzer sebagai tanda peringatan ketika terjadi kebocoran gas dan digunakan kipas yang difungsikan untuk menetralkan keberadaan gas didalam ruangan (Daniel Esa Efrata Tarigan, 2009).

2.2 Gas LPG

Elpiji, pelafalan bahasa Indonesia dari akronim bahasa Inggris ; **LPG** (*liquid petroleum gas*, harafiah: "gas minyak bumi yang dicairkan"), adalah campuran dari berbagai unsur hidrokarbon yang berasal dari gas alam. Dengan menambah tekanan dan menurunkan suhunya, gas berubah menjadi cair. Komponennya didominasi propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}). Elpiji juga mengandung hidrokarbon ringan lain dalam jumlah kecil, misalnya etana (C_2H_6) dan pentana (C_5H_{12}).

Dalam kondisi atmosfer, LPG akan berbentuk gas. Volume LPG dalam bentuk cair lebih kecil dibandingkan dalam bentuk gas untuk berat yang sama. Karena itu LPG dipasarkan dalam bentuk cair dalam tabung-tabung logam bertekanan. Untuk memungkinkan terjadinya ekspansi panas (*thermal expansion*) dari cairan yang dikandungnya, tabung LPG tidak diisi secara penuh, hanya sekitar 80-85% dari kapasitasnya. Rasio antara volume gas bila menguap dengan gas dalam keadaan cair bervariasi tergantung komposisi, tekanan dan temperatur, tetapi biasaya sekitar 250:1.

Tekanan dimana LPG berbentuk cair, dinamakan tekanan uap-nya, juga bervariasi tergantung komposisi dan temperatur; sebagai contoh, dibutuhkan tekanan sekitar 220 kPa (2.2 bar) bagi butana murni pada 20 °C (68 °F) agar mencair, dan sekitar 2.2 MPa (22 bar) bagi propana murni pada 55 °C (131 °F). Menurut spesifikasinya, LPG dibagi menjadi tiga jenis yaitu elpiji campuran, elpiji propana dan elpiji butana. Spesifikasi masing-masing elpiji tercantum dalam

keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi Nomor: 25K/36/DDJM/1990.

Elpiji yang dipasarkan Pertamina adalah elpiji campuran.

2.3 Sensor

2.3.1 Pengertian Umum Sensor

Sebenarnya sensor secara umum didefinisikan sebagai alat yang mampu menangkap fenomena fisika atau kimia kemudian mengubahnya menjadi sinyal elektrik baik arus listrik ataupun tegangan. Fenomena fisik yang mampu menstimulus sensor untuk menghasilkan sinyal elektrik meliputi temperatur, tekanan, gaya, medan magnet cahaya, pergerakan dan sebagainya. Sementara fenomena kimia dapat berupa konsentrasi dari bahan kimia baik cairan maupun gas.

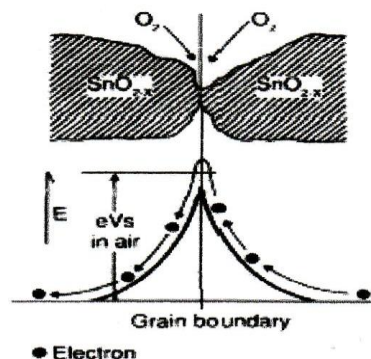
Dengan definisi seperti ini maka sensor merupakan alat elektronik yang begitu banyak dipakai dalam kehidupan manusia saat ini. Bagaimana tekanan jari kita pada keyboard computer, remote televisi, rantai lift yang kita tuju, menghasilkan perubahan pada layar computer atau televisi, serta gerakan pada lift adalah contoh mudah sensor secara luas. Atau sensor temperatur yang banyak digunakan dalam mengontrol temperatur ruangan pada AC. Demikian pula sensor pengukur cairan oksigen ataupun gas lainnya yang sering digunakan di rumah sakit. Hampir seluruh kehidupan sehari – hari saat ini tidak ada yang tidak melibatkan sensor. Tidak mengherankan jika sensor (atau juga ada yang menyebutnya dengan *transducer*) banyak disebut juga sebagai panca indera-nya alat elektronik modern.

2.3.2 Cara Kerja Sensor Gas Secara Umum

Bahan detector gas dari sensor adalah *metal oksida*. Khususnya senyawa SnO_2 . Ketika *kristal metal oksida* (SnO_2) dihangatkan pada temperatur tertentu, oksigen akan diserap pada permukaan kristal dan oksigen akan bermuatan negatif, proses penyerapan oksigen oleh sensor.

Hal ini disebabkan karena permukaan kristal mendonorkan elektron pada oksigen yang terdapat pada lapisan luar, sehingga oksigen akan bermuatan negatif dan muatan positif akan terbentuk pada permukaan luar kristal.

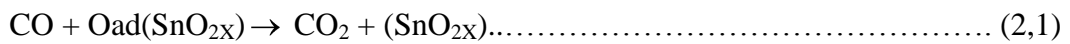
Tegangan permukaan yang terbentuk akan menghambat laju aliran elektron seperti tampak pada ilustrasi Gambar 2.1.



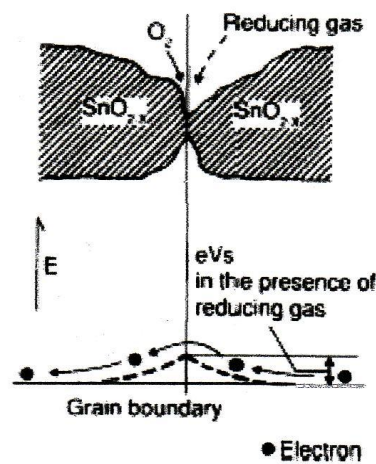
Gambar 2.1 Ilustrasi penyerapan O_2 oleh sensor

Di dalam sensor, arus elektrik mengalir melewati daerah sambungan (*grain boundary*) dari kristal SnO_2 . Pada daerah sambungan, penyerapan oksigen mencegah muatan untuk bergerak bebas. Jika konsentrasi gas menurun, proses *deoksidasi* akan terjadi, rapat permukaan dari muatan negatif oksigen akan

berkurang, dan mengakibatkan menurunnya ketinggian penghalang dari daerah sambungan, misal terdapat adanya gas CO yang terdeteksi maka persamaan kimianya dapat digambarkan seperti tampak pada persamaan berikut ini.



Dengan menurunnya penghalang maka resistansi sensor akan juga ikut menurun.

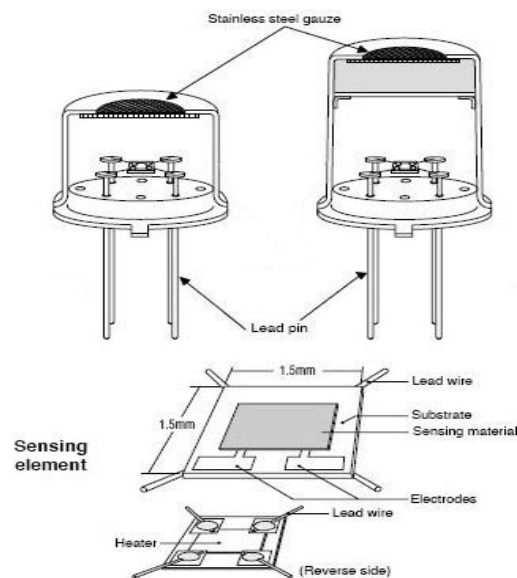


Gambar 2.2 Ilustrasi ketika terdeteksi adanya gas

2.3.3 Sensor Gas LPG TGS 2610

Sensor gas LPG TGS 2610 merupakan salah satu sensor utama dalam penelitian ini. Sensor ini merupakan sebuah sensor kimia atau sensor gas. Sensor ini mempunyai nilai resistansi R_s yang akan berubah bila terkena gas yaitu gas propane dan butane. Sensor LPG TGS 2610 mempunyai tingkat sensitifitas yang tinggi terhadap dua jenis gas tersebut. Jika sensor tersebut mendeteksi keberadaan gas tersebut di udara dengan tingkat konsentrasi tertentu, maka sensor akan menganggap terdapat gas LPG di udara. Dan ketika sensor mendeteksi keberadaan

gas tersebut maka resistensi elektrik sensor tersebut akan menurun yang menyebabkan tegangan yang dihasilkan oleh *output* sensor akan semakin besar. Selain itu, sensor juga mempunyai sebuah pemanas (*heater*) yang digunakan untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar agar sensor dapat bekerja kembali secara efektif, secara umum bentuk dari sensor gas LPG TGS 2610 dapat dilihat dari gambar berikut:

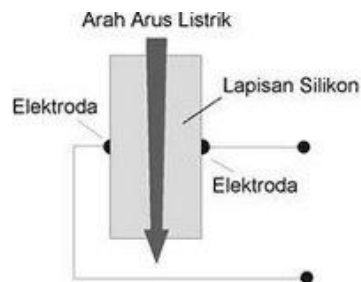


Gambar 2.3 Sensor TGS 2610

2.3.4 Prinsip Kerja Sensor TGS 2610

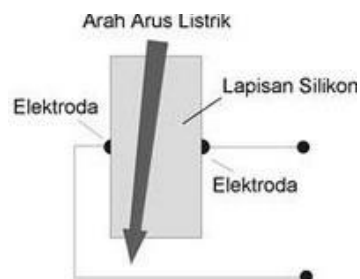
Adapun prinsip kerja dari sensor ini adalah sebagai berikut, Sensor gas TGS 2610 hanya terdiri dari sebuah lapisan silikon dan dua buah elektroda pada masing-masing sisi silikon. Hal ini akan menghasilkan perbedaan tegangan pada *output*nya ketika lapisan silikon ini dialiri oleh arus listrik. Tanpa adanya gas LPG yang terdeteksi, arus yang mengalir pada silikon akan tepat berada ditengah-

tengah silikon dan menghasilkan tegangan yang sama antara elektroda sebelah kiri dan elektroda sebelah kanan, sehingga beda tegangan yang dihasilkan pada *output* adalah sebesar 0 volt.



Gambar 2.4 Prinsip kerja sensor, saat tidak ada gas LPG yang terdeteksi

Ketika terdapat gas LPG yang mempengaruhi sensor ini, arus yang mengalir akan berbelok mendekati atau menjauhi salah satu sisi silikon.



Gambar 2.5 Prinsip kerja sensor, saat dikenai gas LPG

Ketika arus yang melalui lapisan silikon tersebut mendekati sisi silikon sebelah kiri maka terjadi ketidakseimbangan tegangan *output* dan hal ini akan menghasilkan beda tegangan di *outputnya*. Begitu pula bila arus yang melalui lapisan silikon tersebut mendekati sisi silikon sebelah kanan.

Semakin besar konsentrasi gas yang mempengaruhi sensor ini, pembelokan arus di dalam lapisan silikon juga semakin besar, sehingga ketidakseimbangan tegangan antara kedua sisi lapisan silikon pada sensor semakin besar pula. Semakin besar ketidakseimbangan tegangan ini, beda tegangan pada *output* sensor juga semakin besar.

2.4 Rangkaian Listrik

2.4.1 Resistor

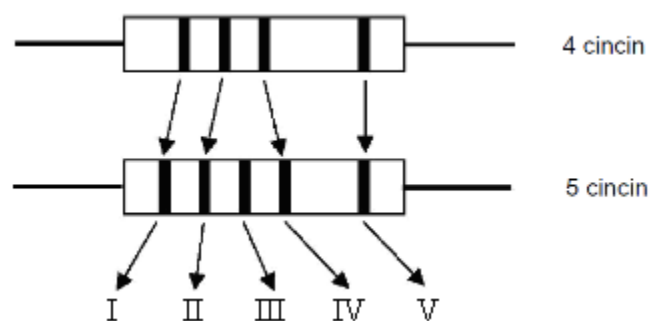
Pada dasarnya semua bahan memiliki sifat resistif namun beberapa bahan seperti tembaga, perak, emas dan bahan metal umumnya memiliki resistansi yang sangat kecil. Bahan-bahan tersebut menghantar arus listrik dengan baik, sehingga dinamakan konduktor. Kebalikan dari bahan yang konduktif, yaitu bahan material seperti karet, gelas, karbon memiliki resistansi yang lebih besar menahan aliran elektron sehingga disebut sebagai isolator.

Resistor adalah komponen dasar elektronika yang selalu digunakan dalam setiap rangkaian elektronika karena bisa berfungsi sebagai pengatur atau untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam suatu rangkaian. Dengan resistor, arus listrik dapat didistribusikan sesuai dengan kebutuhan. Sesuai dengan namanya resistor bersifat resistif dan umumnya terbuat dari bahan karbon. Satuan resistansi dari suatu resistor disebut Ohm atau dilambangkan dengan simbol Ω (Omega).

Di dalam rangkaian elektronika, resistor dilambangkan dengan huruf "R". Dilihat dari bahannya, ada beberapa jenis resistor yang ada dipasaran antara lain :

Resistor Carbon, Wirewound, dan Metalfilm. Ada juga Resistor yang dapat diubah-ubah nilai resistansinya antara lain : Potensiometer, Rheostat dan Trimmer (Trimpot). Selain itu ada juga Resistor yang nilai resistansinya berubah bila terkena cahaya namanya LDR (*Light Dependent Resistor*) dan resistor yang nilai resistansinya akan bertambah besar bila terkena suhu panas yang namanya PTC (*Positive Thermal Coefficient*) serta resistor yang nilai resistansinya akan bertambah kecil bila terkena suhu panas yang namanya NTC (*Negative Thermal Coefficient*).

Untuk resistor jenis carbon maupun metalfilm biasanya digunakan kode-kode warna sebagai petunjuk besarnya nilai resistansi (tahanan) dari resistor. Resistor ini mempunyai bentuk seperti tabung dengan dua kaki di kiri dan kanan. Pada badannya terdapat lingkaran membentuk cincin kode warna, kode ini untuk mengetahui besar resistansi tanpa harus mengukur besarnya dengan ohmmeter. Kode warna tersebut adalah standar manufaktur yang dikeluarkan oleh EIA (*Electronic Industries Association*) seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1.



Gambar 2.6 Urutan cincin warna pada resistor

Tabel 2.1 Nilai warna pada cincin resistor

Warna Cincin	Cincin I	Cincin II	Cincin III	Cincin IV Pengali	Cincin V Toleransi
Hitam	0	0	0	x 1	
Coklat	1	1	1	$x 10^1$	$\pm 1 \%$
Merah	2	2	2	$x 10^2$	$\pm 2 \%$
Jingga	3	3	3	$x 10^3$	
Kuning	4	4	4	$x 10^4$	
Hijau	5	5	5	$x 10^5$	
Biru	6	6	6	$x 10^6$	
Ungu	7	7	7	$x 10^7$	
Abu- abu	8	8	8	$x 10^6$	
Putih	9	9	9	$x 10^9$	
Emas				x 0,1	$\pm 5 \%$
Perak				x 0,01	$\pm 10 \%$
Tanpa warna					$\pm 20 \%$

Besaran resistansi suatu resistor dibaca dari posisi cincin yang paling depan ke arah cincin toleransi. Biasanya posisi cincin toleransi ini berada pada badan resistor yang paling pojok atau juga dengan lebar yang lebih menonjol, sedangkan posisi cincin yang pertama agak sedikit ke dalam. Dengan demikian pemakai sudah langsung mengetahui berapa toleransi dari resistor tersebut. Kalau kita telah bisa menentukan mana cincin yang pertama selanjutnya adalah membaca nilai resistansinya.

Jumlah cincin yang melingkar pada resistor umumnya sesuai dengan besar toleransinya. Biasanya resistor dengan toleransi 5%, 10% atau 20% memiliki 3 cincin (tidak termasuk cincin toleransi). Tetapi resistor dengan toleransi 1% atau 2% (toleransi kecil) memiliki 4 cincin (tidak termasuk cincin toleransi). Cincin

pertama dan seterusnya berturut-turut menunjukkan besar nilai satuan, dan cincin terakhir adalah faktor pengalinya.

Misalnya resistor dengan cincin kuning, violet, merah dan emas. Cincin berwarna emas adalah cincin toleransi. Dengan demikian urutan warna cincin resistor ini adalah, cincin pertama berwarna kuning, cincin kedua berwarna violet dan cincin ke tiga berwarna merah. Cincin ke empat yang berwarna emas adalah cincin toleransi. Dari tabel 2.1 diketahui jika cincin toleransi berwarna emas, berarti resistor ini memiliki toleransi 5%. Nilai resistansinya dihitung sesuai dengan urutan warnanya. Pertama yang dilakukan adalah menentukan nilai satuan dari resistor ini. Karena resistor ini resistor 5% (yang biasanya memiliki tiga cincin selain cincin toleransi), maka nilai satuannya ditentukan oleh cincin pertama dan cincin kedua. Masih dari tabel 2.1, diketahui cincin kuning nilainya = 4 dan cincin violet nilainya = 7. Jadi cincin pertama dan ke dua atau kuning dan violet berurutan, nilai satuannya adalah 47. Cincin ketiga adalah faktor pengali, dan jika warna cincinnya merah berarti faktor pengalinya adalah 100. Sehingga dengan ini diketahui nilai resistansi resistor tersebut adalah nilai satuan x faktor pengali atau $47 \times 100 = 4700 \text{ Ohm} = 4,7\text{K Ohm}$ (pada rangkaian elektronika biasanya di tulis 4K7 Ohm) dan toleransinya adalah $\pm 5\%$. Arti dari toleransi itu sendiri adalah batasan nilai resistansi minimum dan maksimum yang di miliki oleh resistor tersebut. Jadi nilai sebenarnya dari resistor 4,7k Ohm $\pm 5\%$ adalah :

$$4700 \times 5\% = 235 \Omega$$

Jadi,

$$R_{maksimum} = 4700 + 235 = 4935 \Omega$$

$$R_{minimum} = 4700 - 235 = 4465 \Omega$$

Apabila resistor di atas di ukur dengan menggunakan ohmmeter dan nilainya berada pada rentang nilai maksimum dan minimum (4465 s/d 4935) maka resistor tadi masih memenuhi standar. Nilai toleransi ini diberikan oleh pabrik pembuat resistor untuk mengantisipasi karakteristik bahan yang tidak sama antara satu resistor dengan resistor yang lainnya sehingga para desainer elektronika dapat memperkirakan faktor toleransi tersebut dalam rancangannya. Semakin kecil nilai toleransinya, semakin baik kualitas resistornya. Sehingga dipasaran resistor yang mempunyai nilai toleransi 1% (contohnya : resistor metalfilm) jauh lebih mahal dibandingkan resistor yang mempunyai toleransi 5% (resistor carbon)

Spesifikasi lain yang perlu diperhatikan dalam memilih resistor pada suatu rancangan selain besar resistansi adalah besar watt-nya atau daya maksimum yang mampu ditahan oleh resistor. Karena resistor bekerja dengan di aliri arus listrik, maka akan terjadi disipasi daya berupa panas sebesar :

$$W = I^2 R \text{ watt} \dots \dots \dots (2,2)$$

Semakin besar ukuran fisik suatu resistor, bisa menunjukkan semakin besar kemampuan disipasi daya resistor tersebut. Umumnya di pasar tersedia ukuran 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 5, 10 dan 20 watt. Resistor yang memiliki disipasi daya maksimum 5, 10 dan 20 watt umumnya berbentuk balok memanjang persegi empat berwarna putih, namun ada juga yang berbentuk silinder dan biasanya

untuk resistor ukuran besar ini nilai resistansi di cetak langsung dibadannya tidak berbentuk cincin-cincin warna, misalnya $100\Omega 5W$ atau $1K\Omega 10W$.

Dilihat dari fungsinya, resistor dapat dibagi menjadi :

1. Resistor Tetap (*Fixed Resistor*)

Yaitu resistor yang nilainya tidak dapat berubah, jadi selalu tetap (konstan). Resistor ini biasanya dibuat dari nikelin atau karbon. Berfungsi sebagai pembagi tegangan, mengatur atau membatasi arus pada suatu rangkaian serta memperbesar dan memperkecil tegangan.

2. Resistor Tidak Tetap (*Variable Resistor*)

Yaitu resistor yang nilainya dapat berubah-ubah dengan jalan menggeser atau memutar *toggle* pada alat tersebut, sehingga nilai resistor dapat kita tetapkan sesuai dengan kebutuhan. Berfungsi sebagai pengatur volume (mengatur besar kecilnya arus), tone control pada sound system, pengatur tinggi rendahnya nada (bass/treble) serta berfungsi sebagai pembagi tegangan arus dan tegangan.

3. Resistor NTC dan PTC.

NTC (*Negative Temperature Coefficient*), yaitu resistor yang nilainya akan bertambah kecil bila terkena suhu panas. Sedangkan PTC (*Positive Temperature Coefficient*), yaitu resistor yang nilainya akan bertambah besar bila temperaturnya menjadi dingin.

4. Resistor LDR

LDR (*Light Dependent Resistor*) yaitu jenis resistor yang berubah hambatannya karena pengaruh cahaya. Bila terkena cahaya gelap nilai tahanannya

semakin besar, sedangkan bila terkena cahaya terang nilainya menjadi semakin kecil.

Dalam praktek para desainer kadang-kadang membutuhkan resistor dengan nilai tertentu. Akan tetapi nilai resistor tersebut tidak ada di toko penjual, bahkan pabrik sendiri tidak memproduksinya. Solusi untuk mendapatkan suatu nilai resistor dengan resistansi yang unik tersebut dapat dilakukan dengan cara merangkaikan beberapa resistor sehingga didapatkan nilai resistansi yang dibutuhkan. Ada dua cara untuk merangkaikan resistor, yaitu :

1. Cara Serial
2. Cara Paralel

Rangkaian resistor secara serial akan mengakibatkan nilai resistansi total semakin besar.

Di bawah ini contoh resistor yang dirangkai secara serial.



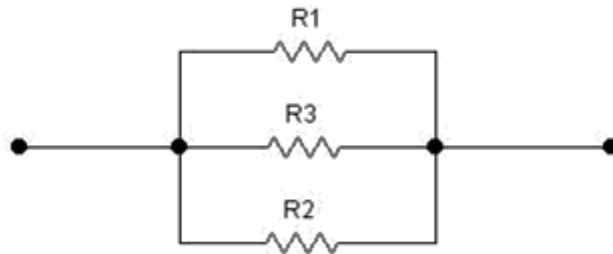
Gambar 2.7 Rangkaian resistor serial

Pada rangkaian resistor serial berlaku rumus :

$$R_{\text{TOTAL}} = R_1 + R_2 + R_3 \dots \dots \dots (2,3)$$

Sedangkan rangkaian resistor secara paralel akan mengakibatkan nilai resistansi pengganti semakin kecil.

Di bawah ini contoh resistor yang dirangkai secara paralel.



Gambar 2.8 Rangkaian resistor paralel

Pada rangkaian resistor paralel berlaku rumus :

$$\frac{1}{R_{Total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots\dots\dots(2,4)$$

2.4.2 Kapasitor

Kapasitor adalah suatu komponen elektronika yang dapat menyimpan dan melepaskan muatan listrik atau energi listrik. Kemampuan untuk menyimpan muatan listrik pada kapasitor disebut dengan kapasitansi atau kapasitas. Seperti halnya hambatan, kapasitor dapat dibagi menjadi :

1. Kapasitor Tetap

Kapasitor tetap merupakan kapasitor yang mempunyai nilai kapasitas yang tetap.



Gambar 2.9 Simbol kapasitor tetap

Kapasitor dapat dibedakan dari bahan yang digunakan sebagai lapisan diantara lempeng-lempeng logam yang disebut dielektrikum. Dielektrikum tersebut dapat berupa keramik, mika, mylar, kertas, polyester ataupun film. Pada umumnya kapasitor yang terbuat dari bahan diatas nilainya kurang dari 1 mikrofarad (1mF).

Satuan kapasitor adalah Farad, dimana $1 \text{ farad} = 10^3 \text{ mF} = 10^6 \text{ uF} = 10^9 \text{ nF} = 10^{12} \text{ pF}$.

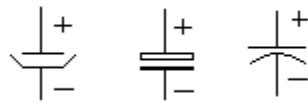
Untuk mengetahui besarnya nilai kapasitas atau kapasitansi pada kapasitor dapat dibaca melalui kode angka pada badan kapasitor tersebut yang terdiri dari 3 angka. Angka pertama dan kedua menunjukkan angka atau nilai, angka ketiga menunjukkan faktor pengali atau jumlah nol, dan satuan yang digunakan ialah pikofarad (pF).

Contoh :

Pada badan kapasitor tertulis angka 103 artinya nilai kapasitas dari kapasitor tersebut adalah $10 \times 1000 = 10000 \text{ pF} = 10 \text{ nF}$.

Kapasitor tetap yang memiliki nilai lebih dari atau sama dengan 1mF adalah kapasitor elektrolit (elco). Kapasitor ini memiliki polaritas (memiliki kutub positif dan kutub negatif) dan biasa disebutkan tegangan kerjanya.

Misalnya : 100mF 16 V artinya elco memiliki kapasitas 100mF dan tegangan kerjanya tidak boleh melebihi 16 volt.



Gambar 2.10 Simbol elco

2. Kapasitor Tidak Tetap

Kapasitor tidak tetap adalah kapasitor yang memiliki nilai kapasitansi atau kapasitas yang dapat diubah-ubah. Kapasitor ini terdiri dari :

a. Kapasitor Trimmer

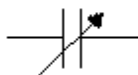
Kapasitor yang nilai kapasitansinya dapat diubah-ubah dengan cara memutar porosnya dengan obeng.



Gambar 2.11 Simbol trimmer

b. *Variabel Capasitor* (Varco)

Kapasitor yang nilai kapasitansinya dapat diubah-ubah dengan memutar poros yang tersedia. (bentuk menyerupai potensiometer)

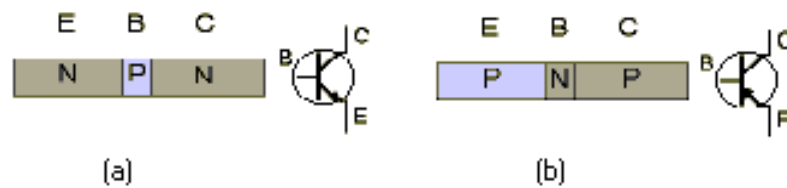


Gambar 2.12 Simbol varco

2.4.3 Transistor

Transistor adalah alat semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (*switching*), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau sebagai fungsi lainnya.

Transistor merupakan dioda dengan dua sambungan (*junction*) dimana terminal positif atau negatifnya berdempet. Sambungan itu membentuk transistor PNP maupun NPN, sehingga ada tiga terminal ketiga terminal tersebut adalah emiter (E), kolektor (C), dan basis (B). Basis selalu berada di tengah, di antara emiter dan kolektor. Transistor ini disebut transistor bipolar.

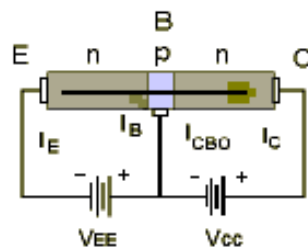


Gambar 2.13 (a) Simbol transistor NPN

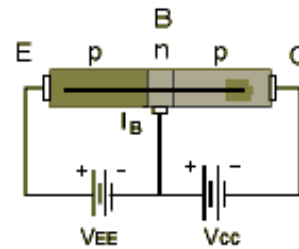
(b) Simbol transistor PNP

Pada Gambar 2.14 dibawah ini, aliran elektron yang mantap meninggalkan terminal negatif sumber dan memasuki daerah *emitor*. Tegangan bias maju V_{BE} memperkuat elektron-elektron *emitor* ini untuk memasuki daerah basis. Basis yang tipis dan didope sedikit memberikan hampir seluruh elektron ini, waktu hidup yang cukup untuk berdifusi memasuki lapisan pengosongan kolektor. Kemudian medan lapisan pengosongan mendorong arus elektron yang mantap ke dalam daerah kolektor. Elektron-elektron ini meninggalkan kolektor, masuk ke kawat luar kolektor, dan mengalir ke dalam terminal positif sumber tegangan.

Hampir semua transistor, 95 % dari elektron yang diinjeksikan mengalir ke kolektor, lainnya jatuh ke *hole* basis dan mengalir ke kawat luar basis. Pada transistor PNP, fenomena yang sama dapat dijelaskan dengan memberikan bias seperti pada Gambar 2.15 dibawah ini dalam hal ini yang disebut perpindahan arus adalah arus *hole*.



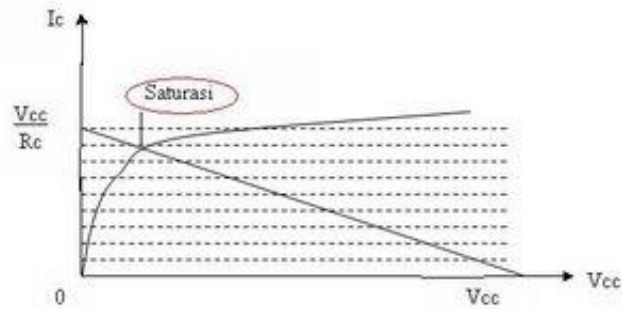
Gambar 2.14 Ilustrasi transistor NPN



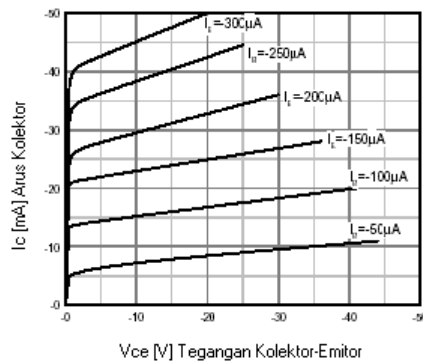
Gambar 2.15 Ilustrasi transistor PNP

Transistor dapat digunakan sebagai saklar. Pada umumnya transistor digunakan untuk menguatkan arus. Arus masukannya adalah arus basis yang mengaktifkan arus kolektor yang lebih besar. Jika arus basisnya cukup besar, maka sudah mencukupi untuk membangkitkan arus kolektor.

Transistor sebagai saklar beroperasi pada satu titik jenuh atau titik sumbat. Transistor akan mengalami perubahan kondisi dari menyumbat ke jenuh dan sebaliknya. Transistor dalam keadaan menyumbat dapat dianalogikan sebagai saklar dalam keadaan *off*, sedangkan dalam keadaan jenuh dapat dianalogikan sebagai saklar dalam keadaan *on*.



Gambar 2.16 Kurva karakteristik transistor sebagai saklar



Gambar 2.17 Garis beban transistor

Untuk membuat transistor menghantar, pada masukan basis perlu diberi tegangan. Besarnya tegangan harus lebih besar dari V_{be} . Garis beban dapat digambarkan pada kurva kolektor pada Gambar 2.17 diatas untuk memberikan pandangan yang lebih banyak bagaimana transistor bekerja dan daerah mana dia beroperasi.

2.4.4 Kristal

Kristal adalah resonator mekanik yang bergetar menstabilkan getaran elektronis, sehingga bila menggunakan kristal akan didapatkan frekuensi clock yang stabil. Dalam sebuah kristal, yang mempunyai elektroda-elektroda dilapiskan pada permukaan yang berhadapan, apabila suatu potensial diterapkan

antara elektroda-elektroda ini, gaya akan bekerja pada muatan-muatan yang terkait dalam kristal.

Kristal digunakan sebagai efek piezoelektrik, yaitu mendapatkan osilator dengan frekuensi tertentu. Kristal akan menghasilkan frekuensi resonansi yang tidak terpengaruh oleh beban. Ada tiga jenis kristal yang umum digunakan yang menampilkan efek piezoelektris antara lain:

1. *Garam Rochelle*, mempunyai aktivitas piezoelektrik yang baik, tetapi kristal ini mudah pecah.
2. *Quartz*, kristal yang mempunyai aktivitas piezoelektris yang baik dan cukup kuat menahan getaran, juga paling murah dan dibuat dari silikon dioksida SiO_2 senyawa yang digunakan sebagai isolasi pada gate MOSFET.
3. *Tourmaline*, kristal yang kurang mempunyai laju getaran yang konstan.



Gambar 2.18 Simbol kristal

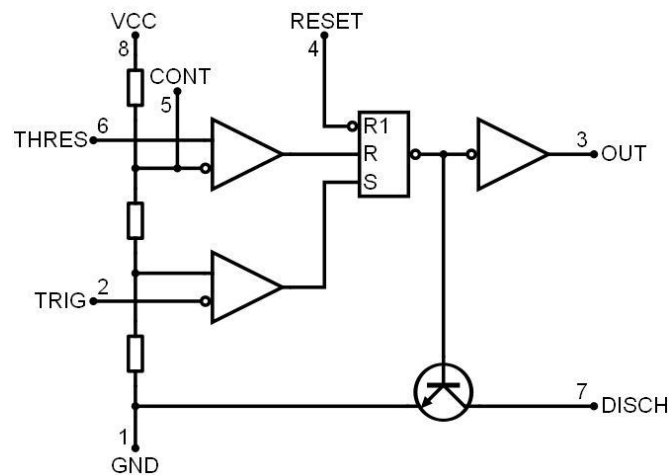
2.4.5 Pewaktu 555

Tabel 2.2 Pewaktu 555

Simbol	NE555

Tabel 2.2 (Lanjutan)

Tipe	Sirkuit terpadu
Kategori	Pewaktu
Prinsip kerja	Pembandingan tegangan
Penemu	<i>Hans R. Camenzind</i> (1970)
Pembuatan pertama	<i>Signetics</i> (1971)
Komponen sejenis	556, 558, xx555
Kemasan	555: DIP 8 Pin, 556: DIP 14 Pin, 558: DIP 16 Pin



Gambar 2.19 Skema internal LM555

IC pewaktu 555 adalah sebuah sirkuit terpadu yang digunakan untuk berbagai pewaktu dan multivibrator. IC ini didesain dan diciptakan oleh *Hans R. Camenzind* pada tahun 1970 dan diperkenalkan pada tahun 1971 oleh *Signetics*. Nama aslinya adalah SE555/LM555 dan dijuluki sebagai "*The IC Time Machine*". 555 mendapatkan namanya dari tiga resistor 5 k Ω yang digunakan pada sirkuit awal IC ini sekarang masih digunakan secara luas dikarenakan kemudahannya, kemurahannya dan stabilitasnya yang baik. Sampai pada tahun 2008, diperkirakan

sejuta unit diproduksi setiap tahun. Bergantung pada produsen, IC ini biasanya menggunakan lebih dari 20 transistor, 2 dioda dan 15 resistor dalam sekeping semikonduktor silikon yang dipasang pada kemasan DIP 8 pin.

1. Spesifikasi

Spesifikasi ini merupakan tipe LM555. Pewaktu 555 lainnya mungkin memiliki spesifikasi yang berbeda, tergantung tingkat penggunaannya (militer, medis, penerbangan, dll.).

Tabel 2.3 Spesifikasi LM555

Tegangan catu (V_{CC})	4.5 hingga 15 V
Arus catu ($V_{CC} = +5$ V)	3 hingga 6 mA
Arus catu ($V_{CC} = +15$ V)	10 hingga 15 mA
Arus keluaran maksimum	200 mA
Borosan daya maksimum	600 mW
Suhu kerja	0 to 70 °C

2. Variasi

556 adalah peranti DIP 14 pin yang menggabungkan dua 555 dalam satu kemasan, susunan kakinya mirip 555 kecuali dua saluran catu yang digabungkan.

558 adalah peranti DIP 16 pin yang menggabungkan empat 555 yang sedikit dimodifikasi dalam satu kemasan (kaki DIS dan THR disambungkan internal, TRI adalah sensitif terhadap sisi jatuh).

Juga tersedia versi daya-ultra-rendah dari 555, seperti 7555 dan TLC555.[4] 7555 membutuhkan pengawatan yang sedikit berbeda, menggunakan lebih sedikit komponen *eksternal*.

3. Moda operasi

555 memiliki tiga moda operasi dasar, yaitu:

- a. Moda ekamantap: pada moda ini, 555 berfungsi sebagai ekamantap (*one-shot*). Penggunaannya meliputi pewaktu, pendeteksi pulsa hilang, sakelar tanpa pentalan, sakelar sentuh, pembagi frekuensi, pengukur kapasitansi, pemodulasi lebar pulsa, dll.
- b. Moda takstabil: 555 dapat beroperasi sebagai osilator. Penggunaan meliputi lampu kerdip, generator pulsa, alarm keamanan, pemodulasi posisi pulsa, dll.
- c. Moda dwimantap dan penyulut *Schmitt*: 555 dapat beroperasi sebagai flip-flop jika kaki DIS tidak disambungkan dan tidak ada kondensator yang digunakan. Penggunaannya meliputi pencacah biner, sakelar menggrendel, dll.

4. Susunan kaki

Sambungan kaki dari 555 adalah:

Tabel 2.4 Fungsi kaki 555

No.	Nama	Kegunaan
1	GND	<i>Ground</i> (0V)
2	TR	<i>TRigger</i> (penyulut), pulsa negatif pendek pada pin ini menyulut pewaktuan
3	Q	<i>Output</i> (keluaran), Selama pewaktuan, keluaran berada pada +V _{CC}
4	R	<i>Reset</i> , interval pewaktuan dapat disela dengan memberikan pulsa reset 0V
5	CV	<i>Control Voltage</i> memungkinkan untuk mengakses pembagi tegangan <i>internal</i> (2/3 V _{CC})

Tabel 2.4 (*Lanjutan*)

6	THR	<i>THReshold</i> menentukan akhir pewaktuan (pewaktuan berakhir $V_{thr} < 2/3 V_{CC}$)
7	DIS	<i>DIScharge</i> disambungkan ke kondensator, dan waktu pembuangan muatan kondensator menentukan interval pewaktuan
8	V+	<i>positive supply Voltage</i> tegangan catu positif yang harus diantara The 3 dan 15 V

2.4.6 Catu Daya

Perangkat elektronika mestinya dicatu oleh suplai arus searah DC (*direct current*) yang stabil agar dapat bekerja dengan baik. Baterai atau accu adalah sumber catu daya DC yang paling baik. Namun untuk aplikasi yang membutuhkan catu daya lebih besar, sumber dari baterai tidak cukup. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak-balik AC (*alternating current*) dari pembangkit tenaga listrik. Untuk itu diperlukan suatu perangkat catu daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC.

2.5 Mikrokontroler AT89C2051

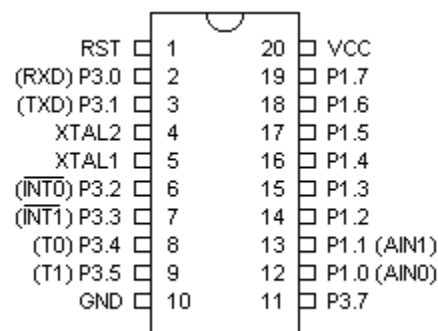
Mikrokontroler adalah suatu *Integrated Circuit* (IC) atau disebut chip yang bekerja dengan program dan dirancang secara khusus untuk aplikasi sistem kendali atau monitoring. AT89C2051 merupakan mikrokontroler yang termasuk keluarga MCS-51 yang diproduksi oleh ATMEL.

Spesifikasi mikrokontroler AT89C2051 sebagai berikut :

1. Memiliki sebuah unit pemrosesan pusat sebesar 8 bit.
2. Memiliki *internal RAM* sebesar 128 byte.
3. Memiliki dua buah *timer/counter* 16 bit.

4. Memiliki 2 Kbyte sistem *flash* memori.
5. Frekuensi kerja antara 0 Hz sampai dengan 24 MHz.
6. Memiliki *internal oscillator* dan *timing circuit*.
7. Memiliki *programmable I/O port* yang terdiri dari 15 buah jalur I/O.
8. Memiliki 5 buah jalur interupsi.
9. Memiliki sebuah serial I/O port dengan *serial control*.
10. Berkemampuan untuk melakukan operasi *Boolean*.

Mikrokontroler AT89C2051 ini memiliki fisik dengan 20 pin / 20 kaki, 16 pin diantaranya digunakan sebagai port parallel. Satu port parallel terdiri dari 8 pin, maka 16 pin tersebut membentuk 2 buah port parallel, yaitu Port 1 dan Port 3.



Gambar 2.20 Pin Out dari IC AT89C2051

Tabel 2.5 Diskripsi PIN AT89C2051 (*Datasheet* ATMEL)

No	Diskripsi PIN	Keterangan atau Fungsi
1	Vcc	Tegangan <i>supply</i> (+ 5V)
2	GND	<i>Ground</i>
2	Port1 (P1.0- P1.7)	Merupakan <i>port</i> I/O 8 bit dengan <i>internal pull-up</i> . <i>Output</i> penyangga. <i>port</i> 1 dapat digunakan sebagai sumber untuk empat masukan TTL

Tabel 2.5 (Lanjutan)

3	Port3 (P3.0-P3.7)	Merupakan <i>port I/O</i> 8 bit <i>bidirectional</i> . <i>Port</i> ini juga mempunyai fungsi lain yaitu : RxD (P3.0) : masukan data <i>port</i> serial TxD (P3.1) : keluaran data <i>port</i> serial. INT0 (P3.2) : masukan interupsi 0 dari luar INT1 (P3.3) : masukan interupsi 1 dari luar T0 (P3.4) : masukan ke pencacah 0
		T1 (P3.5) : masukan ke pencacah 1 RD (P3.7) : sinyal baca untuk memori luar
4	RST(reset)	Transisi rendah ke tinggi (<i>Positive Going Triger</i>) dari pin ini akan mereset mikrokontroler.
5	XTAL 1	Masukan ke penguat osilator atau masukan sumber pulsa (<i>clock</i>) luar yang tersedia.
6	XTAL 2	<i>Output</i> dari penguat osilator.

Semua produk mikrokontroler Flash AT89C2051 dan sejenisnya memiliki ruang alamat memori dan data yang terpisah. Pemisahan memori data dan program tersebut membolehkan memori data diakses dengan alamat 8 bit, sehingga dapat dengan mudah dan cepat diakses oleh CPU 8 bit. Namun demikian alamat memori dan data 16 bit juga dapat dihasilkan melalui register 16 bit, yang bernama DPTR (*data pointer register*).

Memori program sifatnya hanya dapat dibaca (*read only*). Memori data menempati suatu ruang alamat yang terpisah dari memori program.

2.6 Pemrograman Bahasa C

Program C pada hakekatnya tersusun atas sejumlah blok fungsi. Sebuah program minimal mengandung sebuah fungsi. Fungsi pertama yang harus ada dalam program C dan sudah ditentukan namanya adalah *main()*. Setiap fungsi terdiri atas satu atau beberapa pertanyaan, yang secara keseluruhan dimaksudkan

untuk melaksanakan tugas khusus. Bagian pernyataan fungsi (sering disebut tubuh fungsi) diawali dengan tanda kurung kurawal buka ({) dan diakhiri dengan tanda kurung kurawal tutup (}). Diantara kurung kurawal itu dapat dituliskan statemen-statemen program C. Namun pada kenyataannya, suatu fungsi bias saja tidak mengandung pernyataan sama sekali. Walaupun fungsi tidak memiliki pernyataan, kurung kurawal harus lah tetap ada. Sebab kurung kurawal mengisyaratkan awal dan akhir definisi fungsi. Berikut ini adalah struktur dari program C.

```

main()
{
    statemen-statemen;
}
fungsi_fungsi_lain()
{
    statemen-statemen;
}

```

} **fungsi utama**

} **fungsi-fungsi lain yang ditulis oleh program**

Bahasa C dikatakan sebagai bahasa pemrograman terstruktur karena strukturnya menggunakan fungsi-fungsi sebagai program-program bagianya (*subroutine*). Fungsi-fungsi yang ada selain fungsi utama (*main()*) merupakan program-program bagian. Fungsi-fungsi ini dapat ditulis setelah fungsi utama atau diletakan difile pustaka (*library*). Jika fungsi-fungsi diletakan difile pustaka dan akan dipakai disuatu program, maka nama file judulnya (*header file*) harus dilibatkan dalam program yang menggunakannya dengan preprocessor directive berupa *#include*.

2.7 Display LCD Character 2x16

Display LCD 2x16 berfungsi sebagai penampil nilai kuat induksi medan elektromagnetik yang terukur oleh alat. LCD yang digunakan pada alat ini mempunyai lebar display 2 baris 16 kolom atau biasa disebut sebagai LCD Character 2x16, dengan 16 pin konektor, yang didefinisikan sebagai berikut:

Tabel 2.6 Fungsi pin LCD character 2x16

PIN	Nama	Fungsi
1	VSS	<i>Ground voltage</i>
2	VCC	+5V
3	VEE	<i>Contrast voltage</i>
4	RS	<i>Register Select</i> 0 = <i>Instruction Register</i> 1 = <i>Data Register</i>
5	R/W	<i>Read/ Write, to choose write or read mode</i> 0 = <i>write mode</i> 1 = <i>read mode</i>
6	E	<i>Enable</i> 0 = <i>start to lacht data to LCD character</i> 1 = <i>disable</i>
7	DB0	LSB
8	DB1	-
9	DB2	-
10	DB3	-
11	DB4	-
12	DB5	-
13	DB6	-
14	DB7	MSB
15	BPL	<i>Back Plane Light</i>
16	GND	<i>Ground voltage</i>



Gambar 2.21 LCD character 2x16

Modul LCD terdiri dari sejumlah memory yang digunakan untuk display. Semua teks yang kita tuliskan ke modul LCD akan disimpan didalam memory ini, dan modul LCD secara berturutan membaca memory ini untuk menampilkan teks ke modul LCD itu sendiri.

Display	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	14	15	16
Line 1	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	14	15	...
Line 2	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53	54	55	...

Gambar 2.22 Peta memory LCD character 2x16

Pada peta memori diatas, daerah yang berwarna biru (00 s/d 0F dan 40 s/d 4F) adalah display yang tampak. jumlahnya sebanyak 16 karakter per baris dengan dua baris. Angka pada setiap kotak adalah alamat memori yang bersesuaian dengan posisi dari layar. Dengan demikian dapat dilihat karakter pertama yang berada pada posisi baris pertama menempati alamat 00h. dan karakter kedua yang berada pada posisi baris kedua menempati alamat 40h.