

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Kebakaran

2.1.1. Definisi

Kebakaran adalah suatu proses pembakaran yang sangat kompleks, sehingga melepaskan atau mengeluarkan panas dan cahaya. Pembakaran adalah proses eksotermis (melepaskan energi panas), yaitu suatu reaksi yang melibatkan bahan bakar padat atau bahan bakar gas, ataupun kedua-duanya. Proses tersebut biasanya dikaitkan dengan oksidasi bahan bakar yang berlangsung cepat oleh oksigen di udara. Bila proses pembakaran terjadi ditempat tertutup, akan terjadi kenaikan tekanan yang mengakibatkan suatu ledakan (Prawoto, 1991). Pembakaran juga dapat diartikan sebagai nyala api atau sebuah proses kimia. Ini adalah reaksi cepat dari bahan yang beroksidasi dengan oksigen (biasanya oksigen di udara), dengan disertai timbulnya panas serta nyala api (Praptono Kartoatmojo, 1995).

Bahan bakar digunakan dalam pengertian yang luas berarti kemampuan material mengalami kebakaran, terutama sekali berupa material gas, cairan atau padat yang dapat dimakan api. Mudah terbakar menunjukan pada material yang sangat mudah dan cepat terbakar. Ini biasanya berupa bahan cairan atau gas. Persamaan dari istilah "mudah terbakar" yang sekarang dipergunakan ialah cairan atau gas yang cepat dimakan api, dan menurut definisi ditegaskan, mempunyai titik nyala di bawah $93,3^{\circ}\text{C}$ (Praptono Kartoatmojo, 1995).

Tabel 1. Perbandingan Titik Nyala

Bahan Bakar	Titik Nyala	Sifat-sifat
1) LP Gas dan minyak bensin.	Dibawah -17°C	Mudah menyala dan sukar dipadamkan
2) Bahan pelarut pembersih.	$\pm 45^{\circ}\text{C}$	Tidak mudah menyala dan tidak mudah dipadamkan
3) Bahan bakar minyak berat	$\pm 76,6^{\circ}\text{C}$	Sukar menyala dan biasanya mudah dipadamkan
4) Minyak pelumas	$\pm 232^{\circ}\text{C}$	Sangat sukar untuk menyala dan biasanya sangat mudah untuk dipadamkan

Titik nyala atau titik jalar dari suatu bahan adalah titik terendah dari bahan tadi dimana jumlah uap yang dikeluarkan cukup banyak untuk membentuk suatu campuran yang dapat terbakar dengan udara di dekat permukaan bahan tersebut. Titik bakar atau titik kebakaran spontan dari sebuah bahan, baik berupa gas, cairan atau benda padat adalah temperature terendah dimana bahan tadi harus dipanaskan, supaya dapat menyebabkan terjadinya kebakaran dengan spontan, tanpa adanya kontak langsung dengan sumber kebakaran dari luar. Titik api adalah temperatur dari sebuah bahan, dimana di dalam udara terbuka uapnya akan timbul, dan dengan kecepatan cukup untuk dapat mensuplai api kebakaran. Biasanya titik api adalah beberapa derajat di atas titik nyala atau titik jalar (Praptono Kartoatmojo, 1995).

Api dikenal dengan dua bentuknya, yaitu:

1) Nyala

Nyala adalah pembakaran langsung suatu bahan bakar gas atau uap bahan bakar, yang biasanya disertai letusan atau ledakan. Tingkat pembakarannya pada

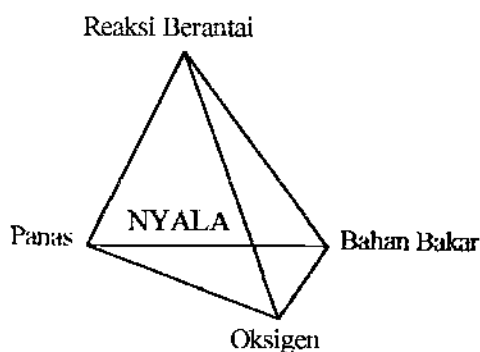
umumnya tinggi, sehingga menghasilkan suhu yang tinggi pula. Terdapat dua nyala, yaitu:

- a) Nyala pra campur (*pre mixed flame*): kondisi tersebut terdapat pada kompor gas yang relatif dapat dikendalikan.
- b) Nyala Difusi (*diffused flame*): nyala tersebut terjadi pada pembakaran gas sebagai campuran berbagai jenis uap dan udara. Nyala ini sulit dikendalikan.

Ada empat komponen penyebab nyala, yaitu:

- a) Panas.
- b) Bahan bakar.
- c) Oksigen.
- d) Reaksi berantai.

Keempat komponen tersebut mempunyai hubungan simbiosis antara satu komponen dengan satu komponen lainnya, sehingga bila prosesnya cepat akan menimbulkan ledakan. Keempat komponen tersebut dikenal dengan "Piramida Kebakaran".



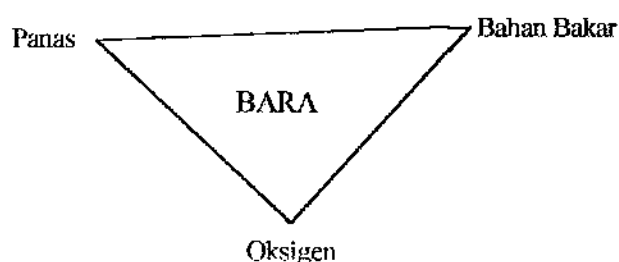
Gambar 1. Piramida Kebakaran

(Prawoto, Api dan Kebakaran, 1991)

2) Bara

Bara adalah api yang terdapat pada permukaan bahan bakar padat, disebut juga “api permukaan”. Api permukaan tersebut dapat digambarkan sebagai “segitiga api”, dengan tiga komponennya, yaitu:

- a) Panas.
- b) Bahan bakar.
- c) Oksigen (udara).



Gambar 2. Segitiga Api

(Prawoto, Api dan Kebakaran, 1991)

Dengan demikian kebakaran dapat disebut sebagai “piramida kebakaran” yang terdiri dari “segitiga api” ditambah dengan reaksi berantai. Kedua jenis api tersebut dapat terjadi bersama-sama atau sendiri-sendiri.

2.1.2. Sebab-sebab timbulnya kebakaran

Kebakaran dapat terjadi dimana saja, seperti di hutan, kapal di pelabuhan dan laut, tangki-tangki minyak dan gas bumi, bangunan dan gedung-gedung, serta tempat-tempat lainnya.

Kebakaran dapat timbul karena tiga faktor, yaitu:

- 1) Manusia.
- 2) Alat dan bahan.
- 3) Alam.

Menurut penelitian, sebab timbulnya kebakaran sebagian besar (kurang lebih 80%) disebabkan oleh manusia, kurang lebih 15% disebabkan oleh alat dan bahan, dan kurang lebih 5% disebabkan oleh alam dan yang belum diketahui. Manusia, sebagai penyebab utama timbulnya kebakaran biasanya disebabkan karena kesengajaan, kurangnya pengetahuan, kelalaian, kesalahan-kesalahan pada perancangan, kurangnya pengawasan, dll. Selain manusia, alat dan bahan juga dapat menjadi penyebab timbulnya kebakaran, seperti listrik, gesekan, permukaan yang panas, api terbuka, bunga api, pembakaran dan sebagainya. Hal ini terjadi karena alat dan bahan digunakan tidak sesuai dengan standar yang ditentukan, umur yang sudah melebihi batasnya, adanya kelelahan logam, korosi, aus karena gesekan, dll. Sedangkan alam dapat juga menjadi sebab timbulnya kebakaran, misalnya petir, gempa bumi, cuaca panas, angin, dll (Prawoto, Api dan Kebakaran, 1991).

2.1.3. Proses timbulnya api

1) Listrik

Bahaya dari listrik terutama bukan dari timbulnya hubung singkat tetapi justru dari sambungan yang longgar. Bila timbul hubung singkat maka sambungan listrik dalam waktu kurang dari 1 detik akan terputus dan situasi untuk sementara akan aman, tetapi sambungan yang longgar akan menimbulkan bunga api yang meningkatkan suhu disekitarnya dan selanjutnya menghasilkan api pada benda-benda yang titik bakarnya dilampaui.

2) Bahan yang terbakar

Terbakarnya bahan akan meningkatkan temperatur udara di sekelilingnya dan semakin besar api maka akan semakin besar temperaturnya. Dalam jangka waktu tertentu maka suhu udara dapat menjadi cukup tinggi dan menyebabkan bahan di sekelilingnya mulai terbakar sendiri, sehingga menimbulkan kebakaran.

3) Bahan itu sendiri

Bahan yang disimpan dan bertumpuk akan meningkatkan suhu di dalam tumpukan tersebut, bila temperaturnya melampaui titik bakar, maka bahan tersebut akan dapat menimbulkan api.

4) Lampu, kompor, korek api, puntung rokok, dan lain-lain.

Kebakaran yang terjadi karena sebab di atas biasanya dikarenakan kelalaian manusia. Hal ini sudah sering terjadi dan banyak menimbulkan musibah.

2.1.4. Pencegahan dan penanggulangan kebakaran

Mencegah terjadinya kebakaran adalah lebih baik dari pada memadamkan kebakaran yang telah terjadi. Oleh sebab itu, pencegahan dengan bermacam-macam usaha seperti pemakaian bahan, lokalisasi sumber api, pembuatan *kompartment* serta menutup lubang-lubang shaft untuk mencegah perambatan api, perlu dilaksanakan dan diperhatikan.

Sistem yang harus dilengkapi untuk gedung-gedung maupun bangunan-bangunan tinggi sesuai peraturan pemerintah dan standard di negara lain adalah sebagai berikut:

1) *Fire detection system.*

Faktor yang paling utama atau menentukan berhasilnya pemadaman adalah memadamkan api yang timbul pada waktu masih kecil. Untuk

dapat melaksanakan tugas tersebut, pengelola gedung harus selalu waspada dan sedini mungkin mendeteksi bilamana terjadi indikasi terjadinya kebakaran. Terlambat mengetahui adanya kebakaran sehingga api telah membesar, akan sulit menanggulangnya walaupun telah menggunakan berbagai peralatan canggih dan akan menimbulkan korban yang cukup besar. Peralatan yang berfungsi mendeteksi adanya indikasi kebakaran dengan cepat adalah *fire detection system*, peralatan ini terdiri atas:

a) Peralatan deteksi.

Peralatan deteksi terdiri atas:

1. *Detector*

- *Heat detector* (detektor panas).
- *Smoke detector* (detektor asap).
- *Flame detector* (detektor lidah api).
- *Linear (beam) detector* (detektor partikel).

2. *Manual call button/break glass point* (tombol panggil manual).

b) Peralatan penerima yang telah dideteksi (*control panel*).

Adanya indikasi kebakaran yang telah dideteksi oleh peralatan detektor, akan diterima oleh panel indikator (*control panel*) yang akan diteruskan dengan membunyikan bel/*alarm* dan membuka katup selenoid sehingga pompa akan bekerja dan mengalirkan air untuk memadamkan api. *Alarm/bell* harus dipasang dengan jarak tertentu sehingga bunyinya harus dapat didengar dengan jelas pada setiap tempat di bangunan tersebut.

c) Peralatan komunikasi.

Dalam pelaksanaan penanggulangan pemadaman kebakaran, informasi situasi antar petugas atau antar personil pemadam kebakaran sangat diperlukan. Komunikasi antara tiap pimpinan regu dengan personil di setiap lantai sangat diperlukan untuk mengatur evakuasi bagi mereka yang terjebak karena adanya konsentrasi api, untuk mengetahui arah perambatan api, kekuatan angin dan lain-lain. Dengan mengetahui keadaan ini, pimpinan dapat mengatur strategi pemadaman yang lebih baik dan efektif. Peralatan komunikasi tersebut dapat berupa sistem telepon, sistem *intercom*, ataupun dengan menggunakan *sound system* gedung.

2) *Fire hydrant system*.

Fire hydrant system adalah salah satu penanggulangan untuk memadamkan kebakaran dengan menggunakan air dan dilakukan oleh tenaga manusia. *Fire hydrant system* harus disediakan untuk setiap gedung dan bangunan. Peralatan *fire hydrant system* terdiri dari:

- a) Tandon air (*reservoir*), disediakan untuk kebutuhan minimum selama 30 menit pengaliran yang dibutuhkan.
- b) Pompa-pompa kebakaran yang bekerja secara otomatis dan berhenti/*stop* secara manual.
- c) Aliran listrik untuk pompa kebakaran harus terpisah dari keperluan lain dan harus mempunyai sumber daya listrik darurat.
- d) Pemipaan.
- e) Selang kebakaran yang disimpan di dalam *box (hydrant box)*. Selang kebakaran yang disediakan harus mempunyai ukuran selang minimal ϕ 1,5" dengan panjang minimal 30 meter, diletakkan di dalam *box*

(kotak) lengkap dengan peralatan penunjang, yang dinamakan *hydrant box*. *Hydrant box* disediakan 1 buah untuk setiap luas lantai tertutup seluas 800 m².

- f) *Fire brigade connection* (siamese) yang disediakan untuk sarana Dinas Kebakaran. Sarana ini diperlukan oleh Dinas Kebakaran untuk mengalirkan air ke dalam sistem, apabila bak tandon air telah kosong.
- g) *Pillar hydrant*, yang disediakan pada jalur distribusi PAM, dan digunakan oleh Dinas Kebakaran untuk menyedot air dari jalur pipa PAM tersebut, guna mengisi tangki mobil kebakaran.

3) *Fire sprinkler system*.

Fire sprinkler system adalah cara penanggulangan untuk memadamkan kebakaran dengan menggunakan air, secara otomatis. Sistem ini bekerja bila suhu ruangan menncapai titik lebur *bulb* pada *sprinkler head*. *Fire sprinkler system* harus disediakan untuk setiap gedung atau bangunan terutama yang memiliki ketinggian lebih dari 14 meter. Sarana penunjang untuk kelengkapan sistem ini, antara lain:

- a. Tandon air (*reservoir*).
- b. Pompa-pompa kebakaran.
- c. Pemipaan.
- d. *Sprinkler head*/kepala sprinkler.
- e. *Fire brigade connection* (siamese).
- f. *Pillar hydrant*.

Sarana tersebut harus memenuhi persyaratan teknis seperti yang telah diuraikan pada *fire hydrant system*. Untuk persyaratan teknis dalam menentukan tipe sprinkler, didasarkan pada:

- a. Lokasi dimana kepala sprinkler ditempatkan.
- b. Temperatur maksimum ruangan yang dilindungi.

4) *Halon system*.

Halon system adalah cara penanggulangan untuk memadamkan kebakaran dengan menggunakan gas halon secara otomatis. *Halon system* disediakan untuk memadamkan ruangan atau bangunan yang tidak diperbolehkan menggunakan air sebagai pemadam kebakaran, dan ruangan atau bangunan tersebut dihuni oleh manusia. Sistem penanggulangan kebakaran dengan menggunakan gas halon, dipakai antara lain untuk ruangan komputer, ruangan perpustakaan, ruangan arsip atau ruangan peralatan komunikasi, dan lain-lain.

Gas halon dipilih atas pertimbangan bahwa sifat gas tersebut adalah:

- a) Tidak berwarna.
- b) Tidak berbau.
- c) Tidak mengalirkan listrik.

Pada konsentrasi gas halon sebesar 5%–7% terhadap volume ruangan sudah cukup untuk memadamkan api tetapi tidak berbahaya bagi manusia.

Sistem gas halon memerlukan sarana penunjang antara lain:

- a) *Smoke detector*, untuk mendeteksi adanya asap.
- b) Tabung-tabung gas dan peralatannya.
- c) *Nozzle*, untuk sarana menyemburkan gas ke dalam ruangan.
- d) Pemipaan.
- e) Panel sentral.

Kapasitas gas halon yang disediakan sangat tergantung dari:

- a) Volume ruangan yang dilindungi.
- b) Temperatur ruangan yang dilindungi.
- c) Konsentrasi gas yang diinginkan.

Sistem gas halon akan menyemburkan gas ke dalam ruangan yang dilindungi, apabila terdapat indikasi kebakaran yang telah menimbulkan asap dari pembakaran tersebut. Asap yang terjadi akan dideteksi oleh peralatan *smoke detektor*. Peralatan ini akan memerintahkan sistem gas halon bekerja.

5) *Portable fire extinguisher*.

Seperti telah dijelaskan semula bahwa api yang masih kecil perlu segera dipadamkan, maka peralatan yang digunakan adalah *Portable Fire Extinguisher* atau botol pemadam kebakaran yang *portable*/dapat dijinjing. Hal ini hanya mungkin dilakukan bilamana kebakaran cepat diketahui dan peralatan lain belum bekerja.

6) Sarana-sarana lain.

Sarana-sarana lain yang diperlukan terdiri atas:

- a) Lampu penunjuk arah, lampu *exit*, dan lampu *emergency*.

Lampu penunjuk arah diperlukan untuk menuju tangga kebakaran, yang digunakan untuk pelaksanaan evakuasi. Lampu *exit* selalu terpasang pada bagian atas pintu tangga kebakaran. Lampu *emergency* terpasang pada setiap jarak tertentu, serta dapat dihidupkan atau dimatikan melalui saklar. Semua lampu-lampu tersebut harus dilengkapi dengan *battere*, apabila daya listrik dari PLN atau dari genset terganggu.

- b) Tangga darurat dan *Pressurized fan*. Tangga darurat harus disediakan 2 buah, untuk hunian setiap lantai lebih dari 60 orang. Untuk tangga darurat yang tertutup, dilengkapi dengan *pressurized fan* yang bekerja apabila terjadi kebakaran, sehingga dalam tangga darurat terdapat tekanan udara positif, ini berarti asap yang ada tidak masuk ke dalam ruangan tangga darurat.
- c) Lift tahan api (minimal 1 jam). Semua lift yang ada di gedung/bangunan tidak boleh dipergunakan, kecuali lift tahan api yang disediakan untuk petugas pemadam kebakaran.

2.1.5. Pengendalian kebakaran

Cara pengendalian kebakaran dan pemadamannya dapat ditentukan setelah diketahui segala sifat dan karakteristik api atau kebakaran. Bara dengan ketiga komponennya dan “nyala” dengan keempat komponennya dapat dikendalikan, bahkan dapat dipadamkan dengan cara memutuskan hubungan simbiosis antara komponennya, yaitu sebagai berikut:

- 1) Panas ditiadakan dengan pendinginan.

Untuk memadamkan api dengan pendinginan, diperlukan suatu cara peniadaan panas yang lebih cepat dari pada panas yang ditimbulkan oleh api tersebut. Dalam hal ini bahan pendingin harus langsung mencapai dan mengenai bahan bakar yang sedang terbakar. Pendinginan akan menghentikan juga timbulnya uap dan gas yang mudah terbakar. Bahan pendingin yang umum dan praktis adalah air, baik berupa air aliran “pejal” ataupun berupa aliran air semprotan. Dalam praktek dikatakan bahwa seolah-olah api ditenggelamkan dalam air.

- 2) Bahan bakar dipindahkan ke tempat lain tanpa panas dan oksigen.

Memindahkan bahan bakar dari api bukan saja sulit, tetapi juga berbahaya. Namun demikian ada beberapa pengecualian, antara lain yaitu:

- a) Tangki yang akan diisi bahan bakar yang mudah menyala diatur penempatannya, sehingga bila terjadi kebakaran isinya dapat dipompakan ke tangki kosong (lain) yang terisolir letaknya.
 - b) Bila gas yang mudah menyala keluar dari pipa (bocor atau karena penyebab lain) dan terkena api, kebakaran dapat dihindarkan dengan cara menutup katup yang terdapat pada pipa atau dengan kata lain aliran gas dihentikan.
 - c) Suatu campuran gas bakar atau uap bahan bakar dengan udara dapat diencerkan dengan cara menambahkan udara yang banyak hingga konsentrasinya menjadi di bawah titik konsentrasi bakar yang minimum.
- 3) Oksigen ditiadakan dengan cara mengusir, menggeser atau membatasi adanya udara.

Pembatasan oksigen dapat dilakukan dengan cara:

- a) Pemindahan oksigen

Pemadaman api dengan cara memisahkan atau membatasi oksigen dari api dapat dilakukan dengan cara menutupi bidang yang sedang terbakar dengan bahan tahan api, misalnya penutupan dengan:

- 1) Selimut atau penutup basah (penutup harus terbuat dari bahan tahan api).
- 2) Pasir.
- 3) Gas lamban/murni (*inert gas*).

4) Busa (mekanis atau kimiawi).

b) Pengenceran reaktan

Pemadaman dengan cara pengenceran reaktan (oksigen dan uap bahan bakar) hingga konsentrasinya berada di bawah titik nyala, dapat dilakukan dengan cara menyemprotkan gas karbondioksida atau "*inert gas*" pada api. Api akan padam apabila:

1. Prosentase oksigen sudah turun sampai di bawah titik bakar atau nyala untuk beberapa saat, sehingga bahan bakar dapat mendingin sampai di bawah suhu bakar atau nyala.
2. Tidak ada sumber pembakaran atau penyalan. Gas lamban/murni (*inert gas*) dapat digunakan untuk menyingkirkan uap bahan bakar dan debu (partikel renik) dalam suatu ruang tertutup, bila di tempat tersebut diduga ada sumber api.

4) Reaksi berantai diganggu dengan cara menghambat oksidasi cepat bahan bakar, sekaligus menghambat pula terjadinya radikal-radikal bebas, karena radikal-radikal bebas tersebut merupakan bagian yang penting pada reaksi berantai.

Penggangguan reaksi berantai.

- a) Menurut anatomi kebakaran, molekul-molekul bahan bakar apabila bergabung dengan oksigen secara berurutan dalam tahap-tahap yang berkelanjutan (disebut reaksi-reaksi cabang berantai) akan menghasilkan pembakaran. Reaksi-reaksi pada tahap-tahap itulah yang menyebabkan nyala.
- b) Sementara molekul-molekul berpecah-belah dalam reaksi cabang berantai tersebut, terbentuklah produk-produk labil yang disebut

radikal bebas. Konsentrasi radikal bebas merupakan faktor penentu pada kecepatan nyala. Umur radikal hidroksil ($\text{OH}^{\cdot}$) sangat singkat, sekitar 0,001 detik, namun sangat penting artinya dalam pembakaran gas-gas bakar. Pembentukan dan konsumsi radikal-radikal bebas yang hampir bersamaan waktunya merupakan tulang punggung dari reaksi nyala.

- c) Radikal-radikal bebas yang ada pada reaksi-reaksi cabang berantai inilah yang diganggu fungsinya sebagai pembawa rantai oleh pemadam api jenis kimiawi kering atau hidrokarbon halogen.
- d) Daya tangkap berbagai pemadam api jenis kimiawi padat (natrium bikarbonat, kalium bikarbonat, dan amonium fosfat) dalam menghadapi radikal-radikal bebas tergantung dari masing-masing struktur molekulnya. Kalium bikarbonat merupakan pemadam api yang sangat efektif, karena ion kaliumnya besar.
- e) Bahan kimiawi halogen dapat terurai bila disemprotkan pada api, kemudian membentuk radikal bebas halogen (chlor, brom, atau fluor) yang menyatu dengan radikal bebas, yang kemudian berkembang dalam reaksi cabang berantai.

2.1.6. Kerugian-kerugian akibat kebakaran

Dalam tiap peristiwa kebakaran, maka akan terjadi kerugian-kerugian yang dapat berakibat dengan kehilangan jiwa manusia, kehilangan material, moral dan lain-lain. Kehilangan-kehilangan akibat kebakaran dapat digolongkan sebagai berikut:

1) Kerugian langsung

Ini meliputi kerugian material-material yang hangus terbakar, dan mungkin luka-luka, atau kematian pada manusia.

2) Kerugian-kerugian tidak langsung

Kadang –kadang kerugian-kerugian tidak langsung ini lebih besar nilainya dari kerugian-kerugian langsung. Untuk mengadakan evaluasi mengenai bagai mana parahnya kerugian-kerugian tidak langsung ini, dapat diterangkan sebagai berikut:

a) Kerugian dalam usaha.

- Kehilangan langganan
- Kehilangan perhitungan kembali modal.
- Kerugian keuntung dari barang-barang produksi.
- Kesulitan-kesulitan dalam urusan penggantian asuransi.
- Biaya pembongkaran bekas kebakaran.
- Biaya pembangunan kembali gedung-gedung serta isi peralatannya dan bahan-bahan baku yang terbakar.
- Kehilangan catatan-catatan, dokumen, serta hasil-hasil penelitian yang susah untuk dicarikan gantinya.

b) Kerugian-kerugian pada masyarakat umumnya.

- Kerugian dalam peredaran keuangan karena pembayaran gaji terhenti.
- Penambahan tanggungan pada masyarakat karena semakin banyak pengangguran apabila ada tempat usaha yang terbakar.
- Kehilangan tenaga-tenaga terampil yang khusus, karena harus bekerja pada bidang lain.

- Kehilangan pemasukan pajak bagi pemerintah.
- c) Kerugian-kerugian secara pribadi.
 - Kehilangan mata pencaharian dan pekerjaannya.
 - Kehilangan rencana-rencana yang telah dicita-citakan semula.
 - Penderitaan mental dan emosi diwaktu menyaksikan peristiwa kebakaran yang mengejutkan dan mengerikan.

2.2. **Komponen *Fire Alarm System***

2.2.1. **Sensor/Detector**

Dalam sistem alarm kebakaran terdapat empat jenis sensor, yaitu:

- 1) *Heat Detector* (sensor panas).
- 2) *Smoke Detector* (sensor asap).
- 3) *Flame detector* (detektor lidah api).
- 4) *Linear (beam) detector* (detektor partikel).

Yang akan diterangkan/dibahas lebih lanjut dalam laporan ini adalah mengenai sensor panas (*heat detector*). Sensor panas yang banyak dipakai/pasang di bangunan-bangunan maupun gedung-gedung adalah perpaduan antara *ROR (Rate of Rise) & Fixed Temperature*. *ROR* merupakan alat yang memiliki respon cepat terhadap kenaikan temperatur, yaitu $\pm 8^\circ\text{C}$ per menit. Sedangkan *Fixed Temperature* akan merespon apabila suhu disekitarnya telah mencapai suhu yang telah ditentukan (biasanya 57°C).



Gambar 3. Penampang Sensor Panas (*Heat Detector*)

Sensor-sensor panas yang biasanya terpasang di bangunan-bangunan maupun gedung-gedung, biasanya didatangkan dari luar negeri dan didatangkan dalam keadaan jadi (siap pakai), sehingga komponen-komponen maupun rangkaian di dalamnya sulit untuk dipelajari, selain harganya yang cukup mahal. Sensor panas ini tidak dapat dibuka/dibongkar *box*nya, karena apabila *box*nya terbuka/terbongkar maka sensor ini akan rusak dan tidak dapat dipergunakan lagi.

Karena alasan tersebut dan melihat fungsinya yang sebagai saklar melalui penginderaan suhu, maka penulis membuat rangkaian sensor panas dengan menggunakan IC LM 35 sebagai salah satu komponen pengindera suhu dalam rangkaian tersebut, beberapa komponen rangkaian adalah:

1) LM 35

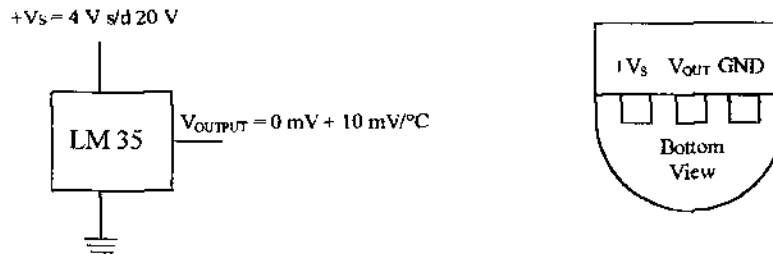
LM 35 merupakan rangkaian terintegrasi (IC) yang dirancang sebagai pengindera suhu presisi, dengan tegangan output linier yang sebanding terhadap kenaikan suhu dalam derajat celsius ($^{\circ}\text{C}$). LM 35 juga memiliki kelebihan, yaitu merupakan sebuah pengindera suhu yang dapat melebihi sensor suhu linier sehingga perangkat inipun dapat dikalibrasi dalam derajat kelvin ($^{\circ}\text{K}$). Dengan demikian pemakai tidak lagi membutuhkan tegangan konstan sebagai pengurang (referensi) dari tegangan outputnya guna

memperoleh skala per seratus (*centigrade scaling*). Dengan tingkat kerugian yang rendah yang dipastikan oleh pengkalibrasian, LM 35 memiliki impedansi output yang rendah ($0,1 \Omega$ pada beban 1 mA) dengan output linier, dan dengan proses kalibrasi yang tepat dapat dibuat antar muka (*interfacing*) pada rangkaian pencatat atau pengontrol. Perangkat ini dapat digunakan pada tegangan suplai tunggal maupun pada tegangan plus (+) dan minus (-) suplai dengan arus $60 \mu\text{A}$. Dari suplai sendiri mengalami pemanasan diri (*self-heating*) yang rendah yaitu $0,08^\circ\text{C}$

Pada udara terbuka. LM 35 beroperasi pada suhu diatas -55°C sampai dengan 150°C . IC ini beroperasi pada tegangan suplai 4 volt sampai dengan 30 volt dengan tegangan output linier akan naik 10 mV per kenaikan suhu 1°C .

Tabel 2. Karakteristik LM 35

Keterangan	Nilai
Tegangan Input/sumber	4 Volt s/d 20 Volt
Tegangan Output/keluaran	$0 \text{ mV} + 10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$
Temperatur Penyimpanan	-60°C s/d 150°C
Temperatur Penyolderan	260°C (Max. 10 detik)



Gambar 4. Penampang IC LM 35

(www.National.com)

2.2.2. ADC 0804 (A/D Konverter 8 Channel Multiplexer)

Salah satu komponen penting dalam sistem akuisisi data adalah pengubah besaran analog ke digital atau disebut juga ADC (Analog to Digital Converter). Konverter Analog ke digital yang lebih dikenal A/D Converter adalah sebuah piranti yang dirancang untuk mengubah sinyal-sinyal atau informasi-informasi yang bersifat analog menjadi sinyal-sinyal digital. Pengubah ini akan mengubah besaran-besaran analog menjadi bilangan-bilangan digital sehingga bisa diproses dengan Mikrokontroler ataupun Komputer. Peranan pengubah ini menjadi semakin penting karena sekarang sudah bisa didapatkan komputer-komputer yang "real time".

Apabila yang akan kita proses besaran analog baik sebagai masukan ataupun keluaran analog sedang unit prosesing yang kita pakai berbasis digital, maka harus dipakai converter analog - ke - digital apabila masukan adalah analog dan dibutuhkan converter digital - ke - analog jika keluaran yang dikehendaki adalah analog. Contoh besaran analog adalah temperatur, tekanan, kecepatan, suara dan lain sebagainya dimana besaran tersebut tidak dapat dinyatakan dengan nilai logika 1 ataupun logika 0, maka dibutuhkan perubah/converter. Dalam melakukan konversi yang perlu diperhatikan

adalah bagaimana menyatakan besaran itu dengan besaran lain harus betul-betul mewakili nilai yang sebenarnya.

Sistem mikroprosesor hanya dapat mengolah (memproses) data dalam bentuk biner saja, atau lebih sering disebut besaran digital, oleh sebab itu setiap data analog yang akan diproses oleh mikrokomputer harus diubah terlebih dahulu kedalam bentuk kode biner (digital).

Tegangan analog yang merupakan masukan dari ADC berasal dari transducer. Transducer inilah yang mengubah besaran kontinue seperti temperatur, tekanan, kecepatan, ataupun putaran motor menjadi tegangan listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh transducer yang berubah secara kontinyu pada suatu range tertentu disebut tegangan analog, dan tegangan analog ini diubah oleh ADC menjadi bentuk digital yang sebanding dengan tegangan analognya.

Ada 3 karakteristik yang perlu diperhatikan dalam pemilihan komponen ADC, antara lain :

- **Resolusi.**

Merupakan spesifikasi terpenting untuk ADC, yaitu jumlah langkah dari sinyal skala penuh yang dapat dibagi, dan juga ukuran dari langkah-langkah. Boleh juga dinyatakan dalam jumlah bit yang ada dalam satu kata (digital word), ukuran LSB (langkah terkecil) sebagai persen dari skala penuh atau dapat juga LSB dalam mV (untuk skala penuh yang diberikan).

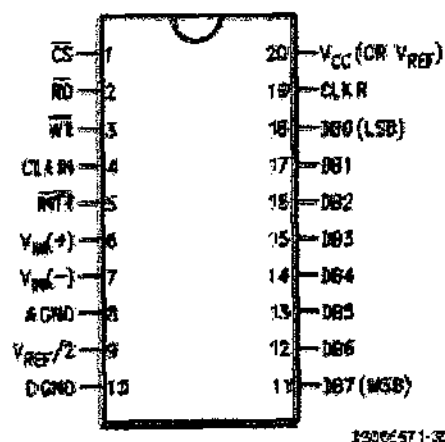
- **Akurasi.**

Adalah jumlah dari semua kesalahan, misalnya kesalahan non linieritas, skala penuh, skala nol dll. Dapat juga menyatakan perbedaan antara tegangan

input analog secara teoritis yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu kode biner tertentu terhadap tegangan input nyata yang menghasilkan tegangan kode biner tsb.

- **Waktu konversi.**

Waktu yang dibutuhkan untuk mendigitalkan setiap sampel atau yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu konversi.



Gambar 5. Susunan Konfigurasi pin pada ADC0804

Ada beberapa konsep dasar dari ADC diantaranya adalah dengan cara Counter Ramp ADC dan Successive Aproximation AD.

- **Counter - Ramp ADC**

Pada Counter Ramp ADC didalamnya tedapat DAC yang diberi masukan dari counter, masukan counter dari sumber Clock dimana sumber Clock dikontrol dengan cara meng AND kan dengan keluaran Comparator. Comparator membandingkan antara tegangan masukan analog dengan tegangan keluaran DAC, apabila tegangan masukan yang akan dikonversi belum sama dengan tegangan keluaran dari DAC maka keluaran

comparator = 1 sehingga Clock dapat memberi masukan counter dan hitungan counter naik.

Misal akan dikonversi tegangan analog 2 volt, dengan mengasumsikan counter reset, sehingga keluaran pada DAC juga 0 volt. Apabila konversi dimulai maka counter akan naik dari 0000 ke 0001 karena mendapatkan pulsa masuk dari Clock oscillator dimana saat itu keluaran Comparator = 1, karena mendapatkan kombinasi biner dari counter 0001 maka tegangan keluaran DAC naik dan dibandingkan lagi dengan tegangan masukan demikian seterusnya nilai counter naik dan keluaran tegangan DAC juga naik hingga suatu saat tegangan masukan dan tegangan keluaran DAC sama yang mengakibatkan keluaran komparator = 0 dan Clock tidak dapat masuk. Nilai counter saat itulah yang merupakan hasil konversi dari analog yang dimasukkan. Kelemahan dari counter tersebut adalah lama, karena harus melakukan trace mulai dari 0000 hingga mencapai tegangan yang sama sehingga butuh waktu.

▪ SAR (Successive Aproximation Register) ADC

ADC jenis SAR memakai konfigurasi yang hampir sama dengan counter ramp tetapi dalam melakukan trace dengan cara tracking dengan mengeluarkan kombinasi bit MSB = 1 $\implies$ 1000 0000. Apabila belum sama (kurang dari tegangan analog input maka bit MSB berikutnya = 1 $\implies$ 1100 0000) dan apabila tegangan analog input ternyata lebih kecil dari tegangan yang dihasilkan DAC maka langkah berikutnya menurunkan kombinasi bit $\implies$ 1010 0000.

Misalnya pada ADC diberi tegangan analog input sebesar 6,84 volt dan tegangan referensi ADC 10 volt sehingga apabila keluaran tegangan sbb :

Jika D7 = 1 Vout=5 volt Jika D3 = 1 Vout=0,3125 volt

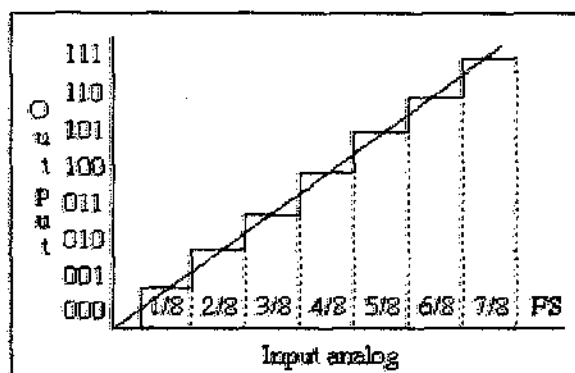
Jika D6 = 1 Vout=2,5 volt Jika D2 = 1 Vout=0,1625 volt

Jika D5 = 1 Vout=1,25 volt Jika D1 = 1 Vout=0,078125 volt

Jika D4 = 1 Vout=0,625 volt Jika D0 = 1 Vout=0,0390625 volt

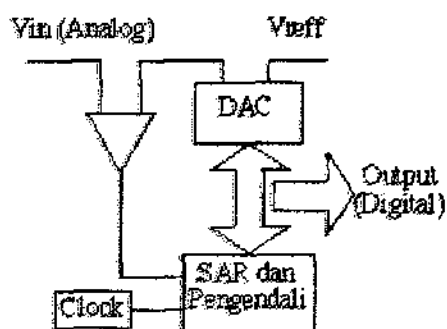
Setelah diberikan sinyal start maka konversi dimulai dengan memberikan kombinasi 1000 0000 ternyata menghasilkan tegangan 5 volt dimana masih kurang dari tegangan input 6,84 volt, kombinasi berubah menjadi 1100 0000 sehingga Vout=7,5 volt dan ternyata lebih besar dari 6,84 sehingga kombinasi menjadi 1010 0000 tegangan Vout = 7,5 volt kombinasi naik lagi 1011 0000 demikian seterusnya hingga mencapai tegangan 6,8359 volt dan membutuhkan hanya 8 clock.

Kuantitas penting dalam ADC adalah rentang tegangan terkecil yang tidak dapat mengubah hasil konversi. Rentang tegangan ini sering di sebut dengan Minimal Representable Voltage (MRV) atau LSB. $MRV = LSB = FS / 2^n$, dimana LSB menunjukan nilai analog dari suatu Least Significant Bit (LSB) dan FS (Full Scale) adalah nilai maksimum dari tegangan referensi. Karena semua tegangan dalam jangkauan ini diwakili oleh bilangan biner yang sama, maka akan terdapat ketidakpastian konversi sebesar $\pm 1/2$ LSB untuk setiap pengubahan. Masalah ini dapat dikurangi dengan menambah jumlah bit pada output pengubah. Output maksimum suatu ADC tidak berada pada nilai FS akan tetapi pada $7/8$ FS. Misalkan ADC 3 bit ideal, akan mempunyai LSB sebesar $1/8$ FS. Jangkauan input akan di kuantitaskan pada delapan tingkat dari 0 - $7/8$ kali FS.

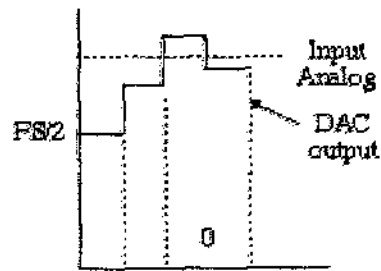


Gambar 6. Tabel perbandingan input analog dengan output digital

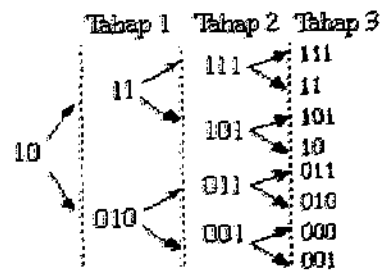
Terdapat berbagai cara untuk mengubah sinyal analog ke digital, dalam pekerjaan ini dipakai metode pendekatan berturutan atau successive approximation. Karena ADC dengan jenis ini sudah banyak di pasaran dalam bentuk chip sehingga mempermudah pemakaian. Metode ini didasari pada pendekatan sinyal input dengan kode biner dan kemudian berturut-turut memperbaiki pendekatan ini untuk setiap bit pada kode sampai didapatkan pendekatan yang paling baik. Untuk menyimpan kode biner pada setiap tahapan dalam proses digunakan Successive Approximation Register (SAR).



(a)



(b)

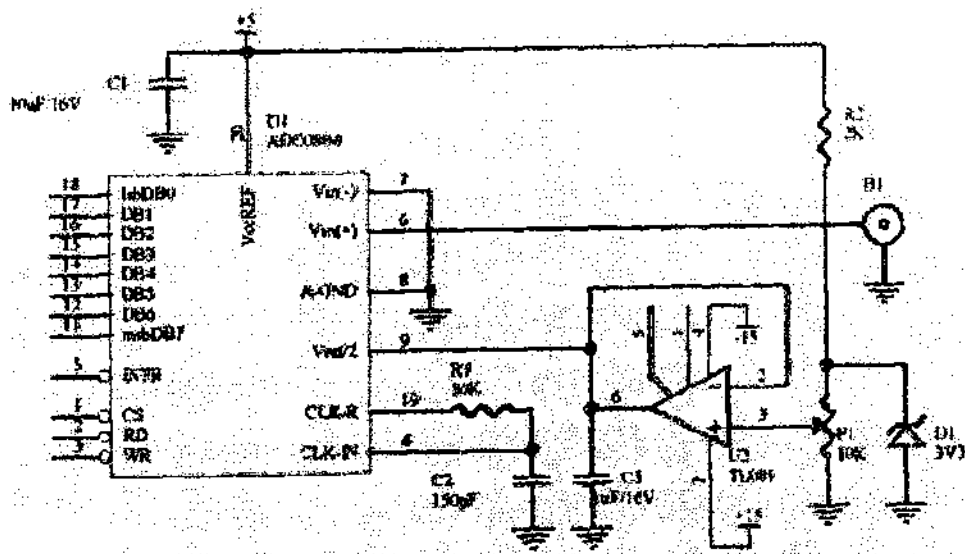


(c)

Gambar 7. Diagram langkah pengubahan untuk 3bit SAR-ADC

Konversi diawali dengan Most Significant Bit (MSB) diset tinggi, ini identik dengan memperkirakan nilai input adalah $\frac{FS}{2}$. Komparator akan membandingkan output DAC dengan tegangan input dan memerintahkan pengendali untuk mematikan MSB jika perkiraan mula-mula ternyata lebih besar dari tegangan input. Pada periode Clock selanjutnya pengendali menyalakan MSB berikutnya, kemudian kembali membandingkan output dari DAC dengan sinyal input. Proses ini terus diulang sampai pada LSB. Setelah sampai pada tahap ini nilai konversi yang berada pada SAR adalah pendekatan yang terbaik dari sinyal input. Dari proses ini diambil asumsi bahwa sinyal input konstan selama konversi.

Sebenarnya rangkaian pengubah analog ke digital dapat dibuat dengan memakai komponen-komponen lepasan, akan tetapi ini akan memakan tempat dan kelinierannya juga tidak bagus, karena itu dipilih pengubah dalam bentuk IC (Integrated Circuit) yang sudah ada di pasaran. Salah satunya adalah type ADC0804. Komponen ini memakai metode pendekatan berturutan dan hanya memerlukan sedikit komponen luar.



Gambar 8. Rangkaian lengkap pengubah analog ke digital

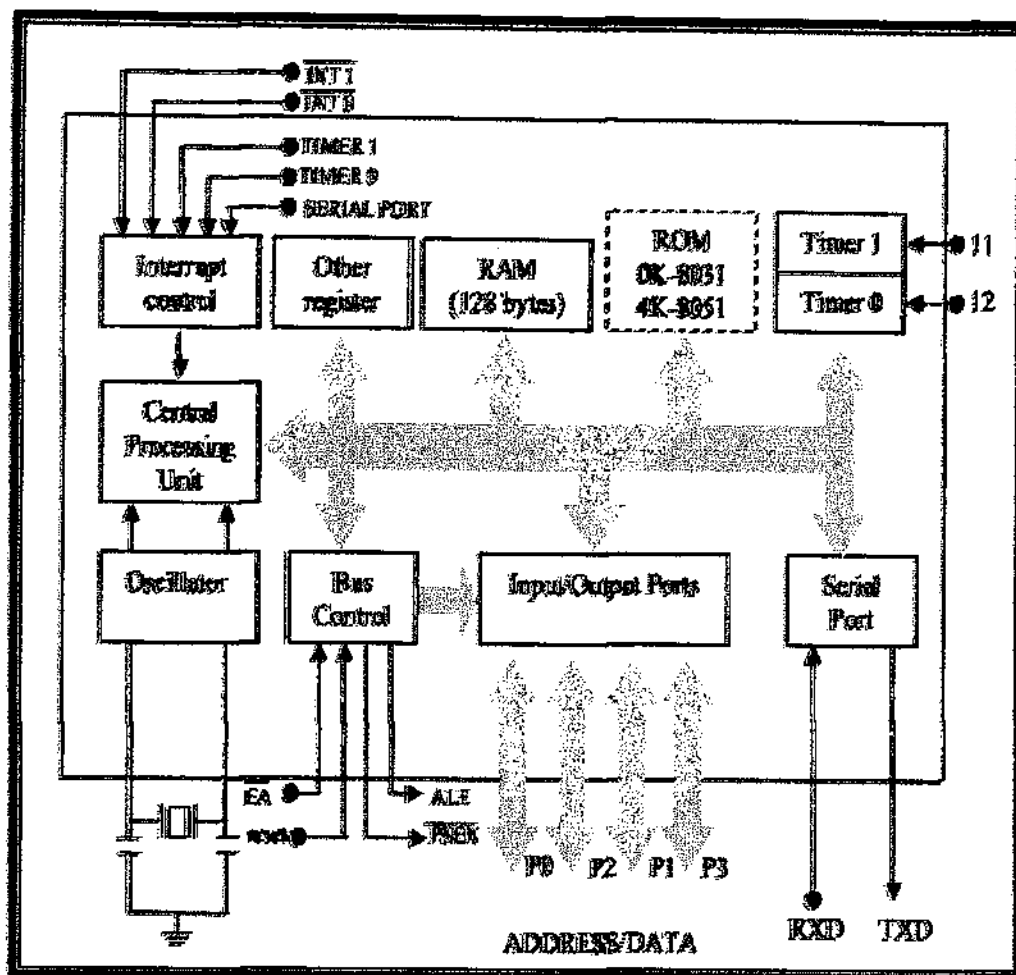
Op-amp U2 dan sekitarnya berfungsi sebagai sumber tegangan referensi bagi IC ADC0804. Tegangan referensi ini diset pada 2,5 Volt dengan variabel resistor P1. Semua proses konversi dilaksanakan dalam ADC 0804. Input dengan batas

tegangan antara 0 sampai 5 volt diberikan di kaki nomor 6, R1 dan C2 adalah komponen luar oscilator yang dipakai oleh IC. Kaki CS dan RD dihubungkan ke Ground. ADC dioperasikan dalam metode free-running dengan menghubungkan kaki WR dan kaki INTR. Untuk meyakinkan mode ini berjalan dengan baik hubungan antara kaki WR dan INTR ini harus dihubungkan ke ground sesaat dengan memakai saklar digital.

2.2.3. Mikrokontroler AT89C51

Mikrokontroler AT89C51 adalah mikrokontroler yang memiliki daya rendah, performansi yang tinggi dan merupakan jenis IC CMOS 8 bit *microcomputer* dengan 4 Kbytes Flash memori (PEROM). Perangkat ini dibuat dengan menggunakan teknologi Atmel (*high nonvolatile memory technology*) yang disesuaikan dengan standar instruksi dan pin-pin keluaran (*pinout*) mikrokontroler keluarga MCS-51. Pada *chip Flash* program memori diperkenankan untuk kembali diprogram ulang didalam sistem yang telah diprogram atau dengan sebuah pemrogram konvensional memori *nonvolatile*. Dengan mengkombinasikan 8-bit CPU serbaguna dengan *flash* memori pada sebuah *chip monolithic*, AT89C51 merupakan sebuah mikrokomputer yang menyediakan fleksibilitas yang tinggi dan solusi harga yang efektif untuk berbagai aplikasi kendali (*control*).

1. Diagram Blok Mikrokontroler MCS-51



Gambar 9. Diagram Blok keluarga MCS-51

Perbedaan antara seri yang satu dengan yang lain pada keluarga MCS-51 dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan antar-IC keluarga MCS-51

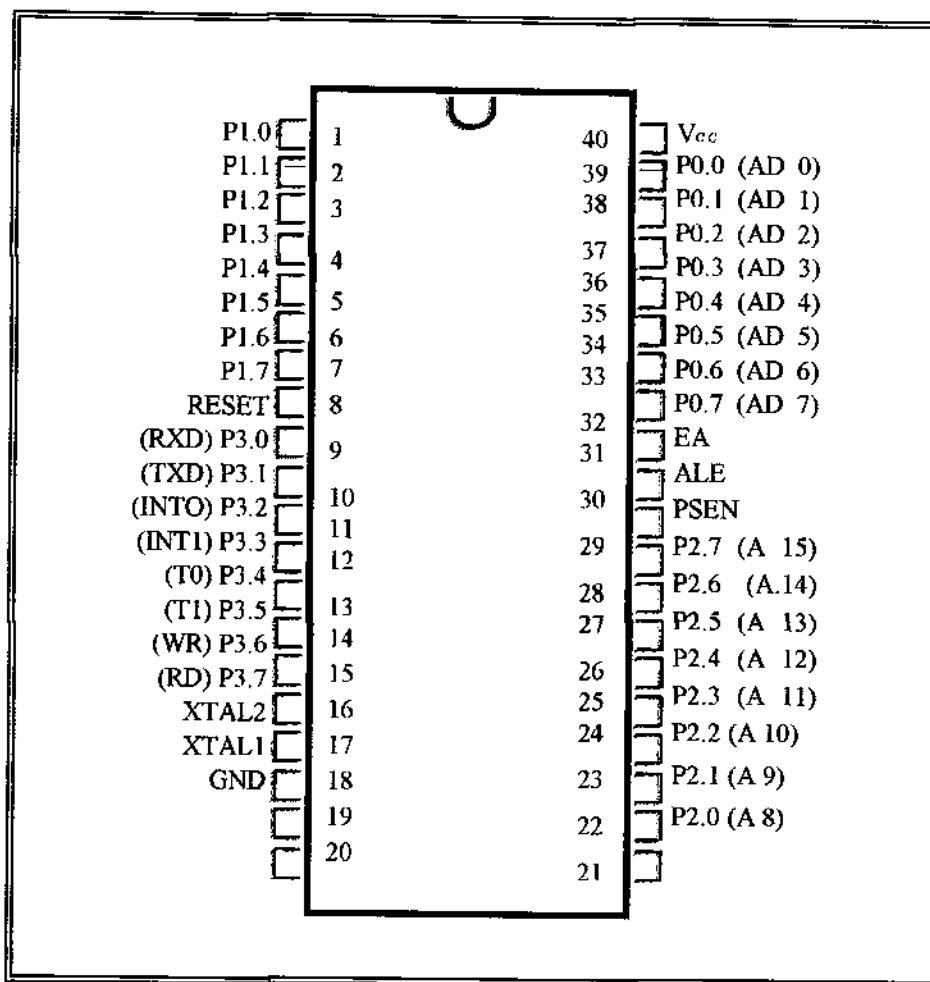
PART NUMBER	ON-CHIP CODE MEMORY	ON-CHIP DATA MEMORY	TIMERS
8051	4 KB ROM	128 bytes	2
8031	0	128 bytes	2
8751	4 KB EPROM	128 bytes	2
8052	8 KB ROM	128 bytes	2
8032	0	128 bytes	2
8752	8 KB EPROM	128 bytes	2
8951	4 KB EEPROM	128 bytes	2

Tipe 89C51 ini yang digunakan dalam tugas kahir ini karena memiliki fasilitas *on-chip flash memory*. Berikut adalah kelebihan-kelebihan dari mikrokontroler 89C51 buatan Atmel.

- 4K bytes Flash ROM
- Daya tahan : 1000 kali tulis/hapus.
- 128 bytes RAM
- 4 buah 8-bit I/O (Input/Output) port
- 2 buah 16 bit timer
- Antarmuka (*Interface*) komunikasi serial
- 64K pengalamatan code (program) memori
- 64K pengalamatan data memori
- Prosesor Boolean (satu bit-satu bit)
- 210 lokasi bit-addressable
- 4 bus operasi pengalihan/pembagian.

2. Konfigurasi Pin-Pin Mikrokontroler MCS-51

IC mikrokontroler dikemas dalam bentuk yang berbeda. Namun pada dasarnya fungsi kaki yang ada pada IC memiliki persamaan. Gambar bentuk IC seri mikrokontroler AT8951 dapat dilihat pada gambar 10 berikut ini.



Gambar 10. Konfigurasi Kaki IC Mikrokontroler MCS-51

Berikut adalah penjelasan fungsi tiap kaki yang biasa ada pada seri mikrokontroler.

a) Port 0

Merupakan *port* yang memiliki dua kegunaan (*dual -purpose port*).

Pada desain yang minimum (sederhana) digunakan sebagai port I/O (Input/Output). Pada desain yang lebih lanjut pada perancangan dengan memori eksternal digunakan sebagai data dan alamat yang di-*multiplex*. Port 0 terdapat pada pin 32-39.

b) Port 1

Merupakan *port* yang hanya berfungsi sebagai *port I/O*, kecuali pada IC 8032/8052 yang menggunakan P1.0 dan P1.1 sebagai input eksternal untuk *timer* ketiga (T3). Port 1 terdapat pada pin 1 – 8.

c) Port 2

Merupakan *dual -purpose port*. Pada desain minimum digunakan sebagai *port I/O*. pada desain lebih lanjut digunakan sebagai *high byte* dari alamat (*address*). Port 2 terdapat pada pin 21-28.

d) Port 3

Merupakan *dual -purpose port*. Selain sebagai *port I/O* juga mempunyai fungsi khusus yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Fungsi Khusus Port 3

PORT PIN	ALTERNATE FUNCTIONS
P3.0	RXD (<i>serial input port</i>)
P3.1	TXD (<i>serial output port</i>)
P3.2	INT0 (<i>external interrupt 0</i>)
P3.3	INT1 (<i>external interrupt 1</i>)
P3.4	T0 (<i>timer 0 external input</i>)
P3.5	T1 (<i>timer 1 external input</i>)
P3.6	WR (<i>external data memory write strobe</i>)
P3.7	RD (<i>external data memory read strobe</i>)

e) PSEN (Program Store Enable)

PSEN adalah kontrol sinyal yang memungkinkan untuk mengakses program (*code*) memori eksternal. Pin ini dihubungkan ke pin OE (*Output Enable*) dari EPROM. Sinyal PSEN akan 0 pada tahap penjemputan (*fetch*) intruksi. PSEN akan selalu bernilai 0 pada pembacaan program memori internal. PSEN terdapat pada pin 29.

f) ALE (Address Latch Enable)

Digunakan untuk men-*demultiplex* alamat (*address*) dan data bus. Ketika menggunakan program memori eksternal port 0 akan berfungsi sebagai alamat (*address*) dan data bus. Pada setengah paruh pertama *cycle* ALE akan bernilai 1 sehingga memungkinkan penulisan alamat pada register eksternal dan pada setengah paruh berikutnya akan bernilai satu hingga port 0 dapat digunakan sebagai data bus. ALE terdapat pada pin 30.

g) EA (External Access)

Jika EA diberi masukan 1 maka akan menjalankan program memori internal saja dan akan melaksanakan instruksi dari ROM/EPROM ketika isi program hitung (*counter*) kurang dari 4096 atau 1000H. Jika EA diberi masukan 0 (*ground*) maka hanya akan menjalankan program memori eksternal (PSEN akan bernilai 0). EA terdapat pada pin 31.

h) RST (Reset)

RST pada pin 9 merupakan *reset* dari AT89C51. Jika pada pin ini diberi masukan 1 selama minimal 2 *machine cycle* maka system akan di-*reset* dan register-register internal pada AT89C51 akan berisi nilai *default* tertentu. Nilai *default* setelah sistem reset tersebut dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai Register Setelah di-Reset

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

i) On-Chip Oscillator

AT89C51 memiliki *on-chip oscillator* yang dapat bekerja jika di-*drive* menggunakan kristal. Tambahan kapasitor diperlukan untuk menstabilkan sistem. Nilai kristal yang biasa digunakan pada keluarga AT89C51 adalah 12 MHz walaupun pada jenis 80C31BH-1 dapat menggunakan kristal dengan menggunakan frekuensi sampai dengan 16 MHz. *On-chip oscillator* tidak hanya dapat di-*drive* dengan menggunakan kristal, tapi juga dapat digunakan TTL *oscillator*.

j) Koneksi Power

AT89C51 beroperasi pada tegangan 5 Volt. Pin Vcc terdapat pada pin 40 sedangkan Vss (GND) terdapat pada pin 20.

3. Organisasi Memori

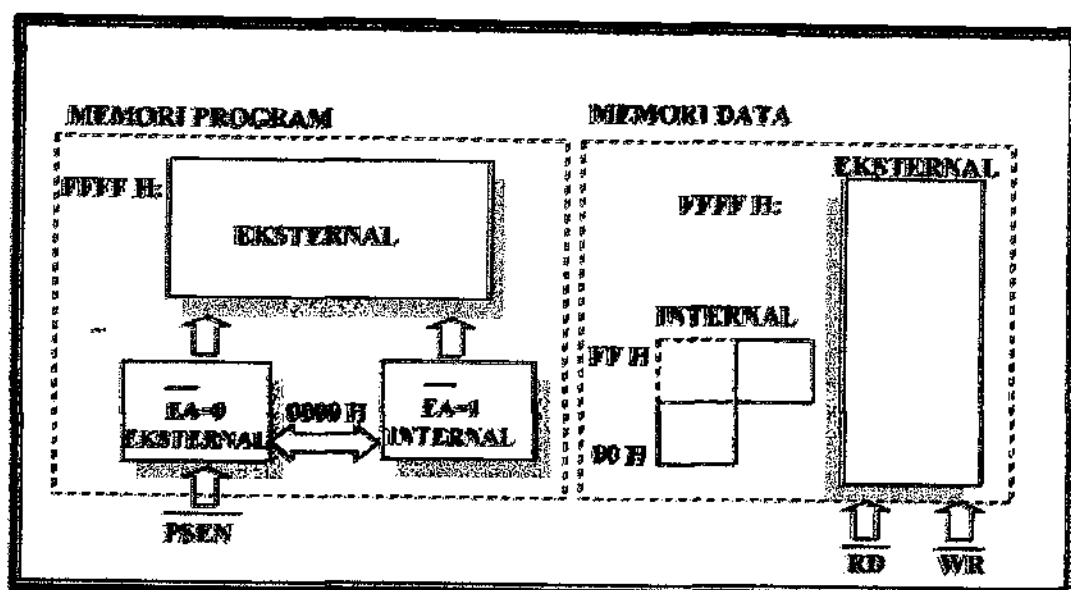
Program-program dan data-data pada komputer maupun mikrokontroler disimpan pada memori. Memori yang diakses oleh prosesor ini terdiri dari RAM dan ROM. Perbedaan antara RAM dan ROM ini adalah:

- 1) RAM bisa ditulis dan dibaca sedangkan hanya bisa dibaca.
- 2) RAM bersifat *volatile* (isinya hilang jika *power*/sumber tegangan dihilangkan) sedangkan ROM bersifat *non-volatile* (isinya tidak hilang jika *power*/sumber tegangan dihilangkan).

Biasanya mikrokontroler berarsitektur MCS-51 mengimplementasikan pembagian ruang memori untuk data dan program. ROM biasanya berisi kode/program untuk mengendalikan kerja dari mikrokontroler, sedangkan RAM biasanya berisi data yang akan dieksekusi oleh mikrokontroler.

Pada gambar 11 dapat dilihat gambaran secara lengkap dari *on-chip data memory* yang ada dari mikrokontroler berarsitektur MCS-51. Seperti yang ditunjukkan, ruang internal memori dibagi menjadi register banks (00H-1FH), bit addressable RAM (20H-2FH), general purpose RAM (30H-7FH) dan *special function register* (80H-FFH). Tiap-tiap bagian ini akan dijelaskan dibawah ini.

Pemisahan memori program dan memori data membolehkan memori data untuk diakses oleh alamat 8 bit. Sekalipun demikian, alamat data memori 16 dapat dihasilkan melalui register DPTR (*Data Port Register*). Memory program hanya dapat dibaca (tidak dapat ditulis) karena disimpan dalam EPROM. Dapat dibuat hingga 64 Kbyte. Dalam hal ini EPROM yang tersedia di dalam serpih tunggal ATMEL 89C51 adalah 4 Kbyte.

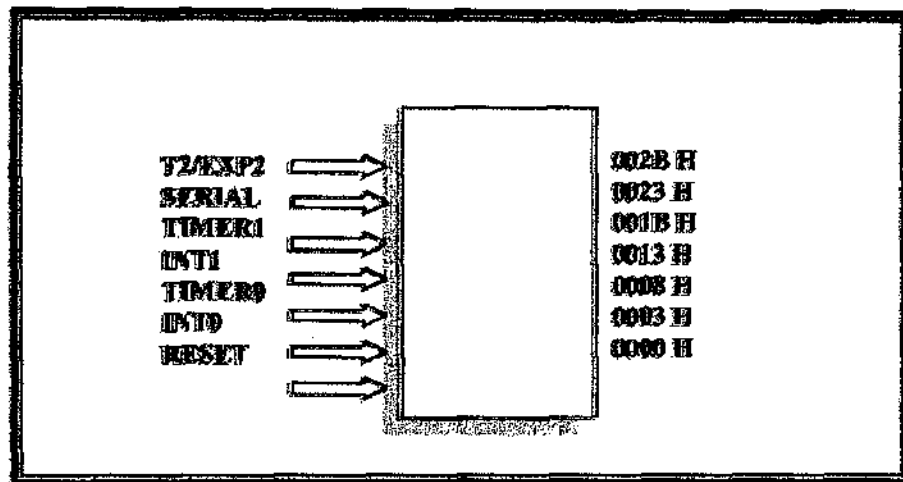


Gambar 11. Organisasi memori MCS-51

Sinyal yang membolehkan pembacaan dari memori program eksternal adalah dari kanal **PSEN** (*Program Store Enable*). Memori data terletak pada ruang alamat terpisah dari memori data eksternal. CPU membangkitkan sinyal baca (**RD**) dan tulis (**WR**) selama menghubungi memori data eksternal.

a. Memori Program

Gambar 12 memperlihatkan bagian bawah dari memori program. Setelah *reset*, CPU memulai eksekusi dari lokasi **0000 H**.

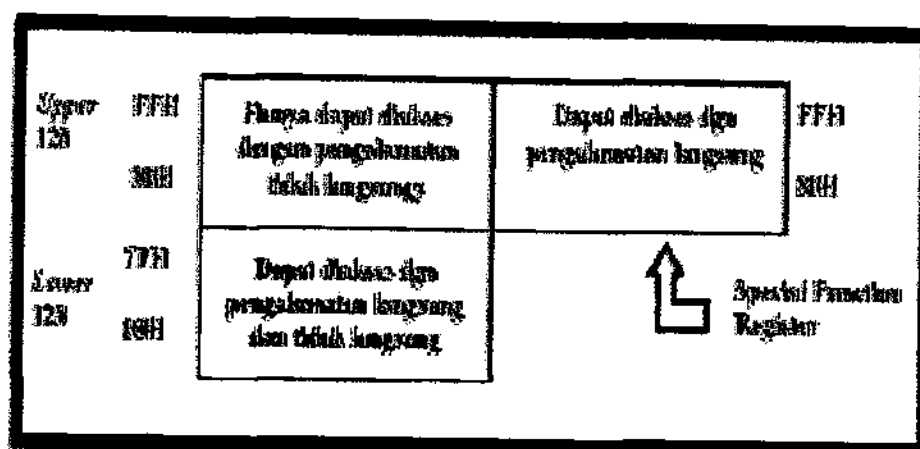


Gambar 12. Memori Program

Setiap interupsi mempunyai lokasi tetap dalam memori program. Interupsi menyebabkan CPU melompat ke lokasi terdapatnya sub-rutin yang harus dilaksanakan. Pada EPROM 4 Kbyte, jika EA (*eksternal Access*) bernilai tinggi, maka program akan menempati alamat 0000 H sampai 0FFF H secara internal. Jika EA bernilai rendah maka program akan mengalami 1000 H sampai FFFF H ke program eksternal.

b. Memori Data

Memori data internal dipetakan seperti pada gambar 13. Ruang memorinya dibagi menjadi tiga blok yaitu sebagai *Lower 128*, *upper 128*, dan ruang SFR (*Special Function Register*).



Gambar 13. Memori Data Internal

1. General Purpose RAM

General purpose RAM berfungsi sebagai tempat penyimpanan data yang akan dieksekusi maupun hasil eksekusi yang dapat diakses secara langsung melalui mode pengalamatan secara langsung maupun tidak langsung. *General purpose* RAM ini diakses secara *byte per byte*.

2. Bit Addressable Location

Pada *addressable* RAM ini memiliki fungsi yang sama dengan *general purpose* RAM, tetapi memiliki keistimewaan untuk bisa diakses secara bit per bit.. Organisasi Memori Mikrokontroler AT89C51 secara lengkap terdapat pada lampiran.

3. Register Banks

Set instruksi dari AT89C51 mendukung 8 register, yaitu dari R0-R7, dan *default*-nya (setelah sistem direset) menunjukkan bahwa register ini berada pada alamat 00H-07H. Pada A89C51 ini terdapat 4 banks register yang terdiri

dari Bank 0, Bank 1, Bank 2 dan Bank 3. Bank yang aktif dapat dipilih setelah kita mengubah *select bit register banks* pada program status word yang akan dibahas kemudian.

4. Spesial Function Register

Pada spesial function register ini terdapat accumulator dan B register. Selain itu terdapat bagian lainnya yang akan dibahas dibawah ini.

5. Program Status Word

Pada program status word terdapat pada alamat D0H dan terdiri dari status bit seperti yang tercantum di bawah ini.

Tabel 6. Program Status Word

BIT	SYMBOL	ADDRESS	BIT DESCRIPTION
PSW.7	CY	D7H	Carry flag
PSW.6	AC	D6H	Auxillary Carry flag
PSW.5	F0	D5H	Flag 0
PSW.4	RS1	D4H	Register Bank Select 1
PSW.3	RS0	D3H	Register Bank select 0 - 00 = bank 0; alamatnya pada 00H-07H - 01 = bank 1; alamatnya pada 08H-0FH - 10 = bank 2; alamatnya pada 10H-17H - 11 = bank 3; alamatnya pada 18H-1FH
PSW.2	OV	D2H	Overflow Flag
PSW.1	-	D1H	Reserved
PSW.0	P	D0H	Even Parity Flag

6. Stack Pointer

Stack pointer adalah 8 bit register yang berada pada alamat 81H. Stack ini berisi alamat dari data yang berada paling awal yang masuk ke dalam stack. Operasi stack terdiri dari memasukan data (*push*) pada stack dan mengeluarkan data (*pop*) dari stack. Memasukkan data ke stack ini akan

mengakibatkan peningkatan nilai dari SP sebelum menulis data, dan mengeluarkan data akan mengakibatkan penurunan nilai dari SP.

7. Data pointer

Data pointer digunakan untuk mengakses program dan data eksternal merupakan 16 bit register yang terletak pada alamat 82H (DPL, lowbyte) dan 83H (DPH, highbyte).

8. Port register

Pada AT89C51 I/O port terdiri pada alamat 80H, port 1 pada alamat 90H, port 2 pada alamat A0H, dan port 3 pada alamat B0H, port 0, 2 dan 3 mungkin tidak cocok untuk I/O jika digunakan eksternal memori. Seluruh *port* adalah *bit addressable*.

9. Timer Port Register

Pada AT89C51 terdiri dari 2 buah 16 bit *timer/counter* untuk interval waktu atau menghitung kejadian. *Timer 0* berada pada alamat 8AH (TL0, low byte) dan 8CH (TH0, highbyte), dan *Timer 1* berada pada alamat 8BH (TL1, low byte) dan 8DH (TH1, high byte). Operasi timer diset oleh Timer Mode Register (TMOD) pada alamat 89H dan *Timer Control Register* (TCON) pada alamat 88H. hanya TCON yang *bit-addressable*.

10. Serial Port Register

AT89C51 berisi *serial port on-chip* untuk komunikasi dengan peralatan serial seperti terminal atau modern, atau untuk antar muka (*interface*) dengan IC lainnya dengan *serial interface* seperti A/D converter. Satu register, *Serial Data Bufer* (SBUF) pada alamat 99H menangani antara menerima data dan

mengirimkan data. Menulis ke SBUF mengambil data untuk dikirimkan; membaca SBUF mengakses data yang diterima.

11. Interrupt Register

AT89C51 mempunyai 5 sumber, struktur 2 tingkat prioritas *interrupt*. *Interrupt* akan di-*disable* setelah sistem di-*reset* dan akan di-*enable* dengan menulis pada *interrupt enable register* (IE) pada alamat A8H. level/ tingkat prioritas ini di set melalui *Interrupt Priority* (IP) pada alamat B8H.

4. Interupsi

Apabila CPU pada AT89C51 sedang melaksanakan suatu program, program tersebut dapat dihentikan sementara dengan menggunakan fasilitas interupsi. Apabila CPU mendapat permintaan interupsi, PC (*Program Counter*) akan diisi alamat dari vector interupsi. CPU kemudian melaksanakan rutin pelayanan interupsi mulai dari alamat tersebut. Bila rutin pelayanan interupsi selesai dilaksanakan. CPU kembali ke pelaksanaan program yang ditinggalkan.

Tabel 7. Alamat layanan rutin interupsi.

<i>Nama</i>	<i>Lokasi</i>	<i>Alat interupsi</i>
<i>Reset</i>	00H	<i>Power on reset</i>
INT0	03H	INT0
<i>Timer 0</i>	0BH	<i>Timer 0</i>
INT1	13H	INT1
<i>Timer 1</i>	1BH	<i>Timer 1</i>
Sint	23H	Port I/O serial

Pada mikrokontroler MCS-51 terdapat beberapa saluran interupsi. Interupsi pada MCS-51 dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

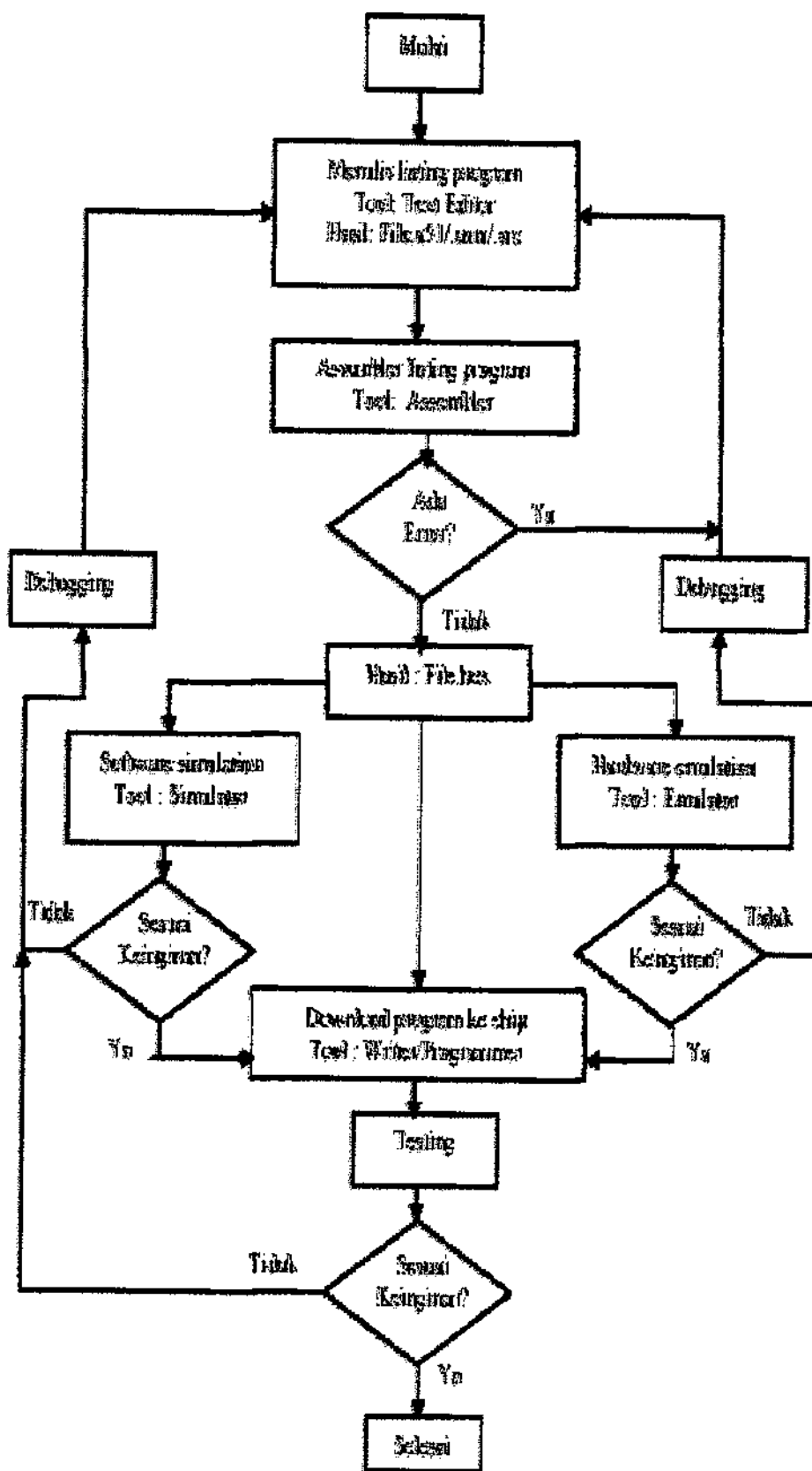
1. Interupsi yang tidak dapat dihalangi oleh perangkat lunak (*Non maskable interrupt*), misalnya Reset.
2. Interupsi yang dapat dihalangi perangkat lunak (*Maskable interrupt*). Contoh interupsi jenis ini adalah INT0 dan INT1(eksternal) serta *Timer/Counter 0*, *Timer/Counter 1* dan interupsi dari port serial (Internal).

Interupsi RETI (*Return from interrupt routine*) harus digunakan untuk kembali dari layanan rutin interupsi. Dengan instruksi ini, saluran interupsi dapat digunakan kembali. Alamat awal layanan interupsi dari setiap sumber interupsi diperlihatkan pada tabel 7

Serpih tunggal keluarga MCS-51 menyediakan lima sumber interupsi yaitu dua interupsi eksternal, dua interupsi timer, dan satu interupsi *port* serial. Interupsi eksternal INT0 dan INT1 masing-masing dapat diaktifkan berdasarkan *level* atau transisi, tergantung pada bit TCON. *Flag* yang menghasilkan interupsi ini adalah bit dalam IEO dari TCON. Interupsi *timer 0* dan *timer 1* oleh TF0 dan TF 1. ada dua buah register yang mengontrol interupsi yaitu IE (*Interrupt Enable*) dan IP (*interrupt Priority*). Prosesor MCS-51 tidak akan menanggapi permintaan interupsi jika suatu instruksi belum dilaksanakan secara lengkap.

5. Dasar Pemrograman MCS-51

Dalam pemrograman komputer dikenal dua jenis tingkatan bahasa, jenis yang pertama adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi (*High Level Language*) dan jenis yang kedua adalah bahasa pemrograman tingkat rendah (*Low Level Language*). Bahasa pemrograman tingkat tinggi lebih berorientasi kepada manusia yaitu bagaimana agar pernyataan-pernyataan yang ada dalam program mudah dimengerti oleh manusia. Sedangkan bahasa tingkat rendah lebih berorientasi ke mesin, yaitu bagaimana agar komputer dapat langsung menginterpretasikan pernyataan program. Untuk mengerjakan suatu tugas tertentu, program yang ditulis dalam bahasa tingkat rendah relatif panjang dan sulit untuk dipahami, namun kelebihanannya adalah lebih efisien dan lebih cepat untuk dieksekusi oleh mesin. Bahasa assembly memerlukan program assembler untuk mengkonversi instruksi-instruksi ke dalam bahasa mesin.



Gambar 14. Diagram alir pemrograman mikrokontroler

Format penulisan program dalam bahasa rakitan (*assembly*) adalah sebagai berikut

Label : mnemonic operand[,operand2] ; komentar

Contoh penulisan program adalah sebagai berikut ;

```
Mulai:      MOV      A, R1          ; kopi isi R1 ke A
            MOV      R1,R2          ; kopi isi R2 ke R1
```

6. Instruksi MCS-51

Dalam pemrograman *assembly* AT89C51 terdapat dua macam instruksi, yang pertama adalah *INSTR UCTION SET*, yaitu instruksi yang digunakan untuk memprogram mikrokontroller AT89C51 dengan bahasa rakitan (*assembly*) dan yang kedua adalah *ASSEMBLER DIRECTIVES*, yaitu instruksi-instruksi untuk mengarahkan program assembler.

a. Instruksi Set

Instruksi-instruksi bahasa *assembly* MCS-51 dapat dibagi menurut fungsinya menjadi lima kelompok, yaitu :

1. Instruksi transfer data (MOV, dll)
2. Instruksi aritmatika (INC, DEC, dll)
3. Instruksi logika (AND, OR, NOT dll)
4. Instruksi Boolean (ANL, ORL, dll)
5. Instruksi percabangan. (JMP, SJMP, LJMP, AJMP, dll)

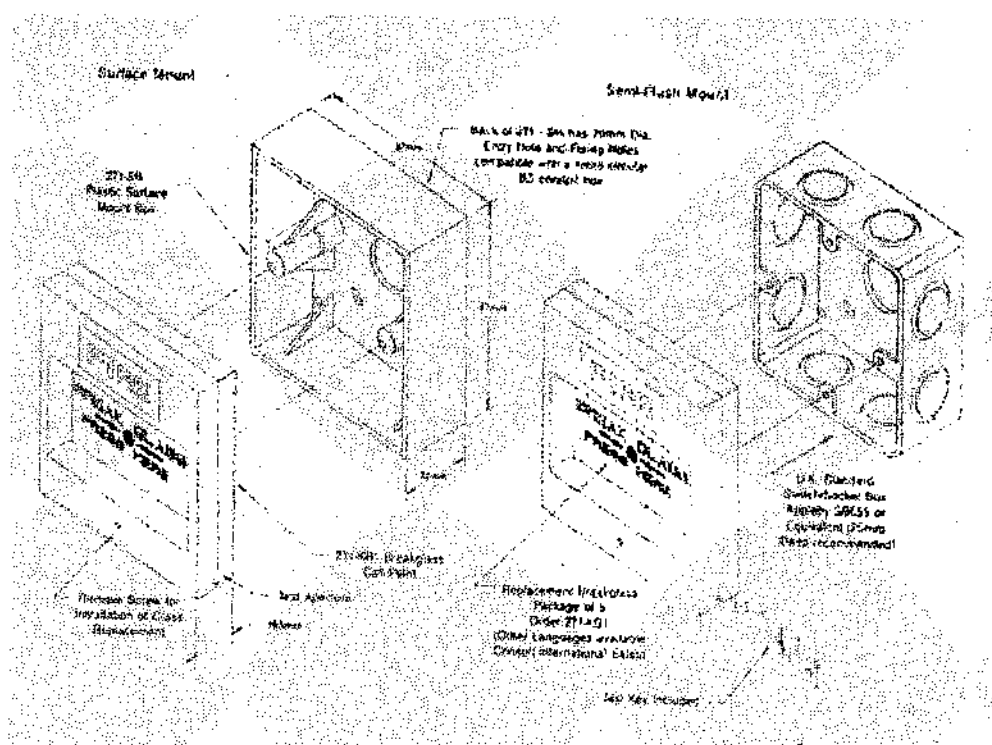
b. Assembler Directive

Assembler Directives adalah instruksi-instruksi yang ditujukan kepada program assembler sebagai suatu arahan dalam mengubah program yang ditulis dalam bahasa *assembly* ke bahasa mesin. Assembler Directives yang akan dijelaskan adalah *assembler directives* yang berlaku deprogram assembler ASM51 buatan Intel. *Assembler Directives* tersebut terbagi menjadi lima jenis yaitu :

1. *Directive* untuk kontrol kondisi assembler (ORG, END, USING).
2. *Directive* untuk pemilihan segmen (SEGMENT, EQU)
3. *Directive* untuk pendefinisian symbol (CSEG, DSEG, ISEG, BSEG, XSEG)
4. *Directive* untuk reservasi memori penyimpanan (DS, DBIT, DB, DW)
5. *Directive* untuk penggabungan program (PUBLIC, EXTRN)

2.2.4. *Manual Call Point/Break Glass* (titik panggil manual)

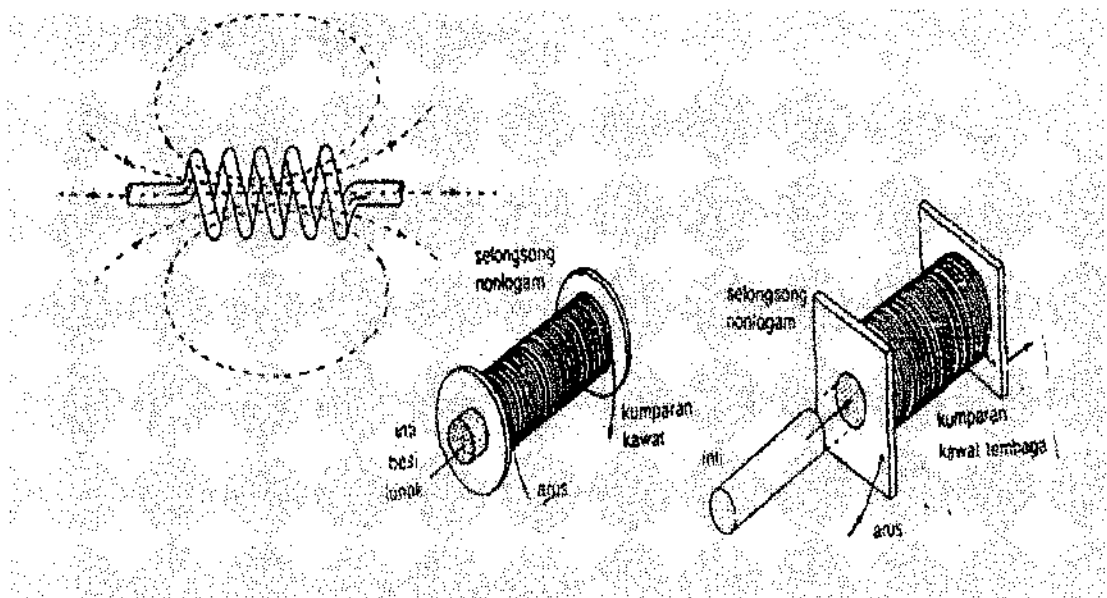
Manual call point merupakan saklar yang dioperasikan dengan cara memecahkan kaca yang ada pada alat tersebut. Alat ini merupakan saklar biasa yang tombolnya tertahan oleh kaca pada alat tersebut. Apabila kaca dipecahkan, maka tombol saklar pada alat ini akan bekerja (ON), dan akan bekerja seperti sensor yang mengirimkan sinyal ke panel kontrol untuk menyalakan *alarm* sebagai indikasi adanya kebakaran. Dengan kata lain saklar ini bekerja secara *Normally Open* (NO).



Gambar 15. Penampang *Break Glass* (Titik Panggil Manual)

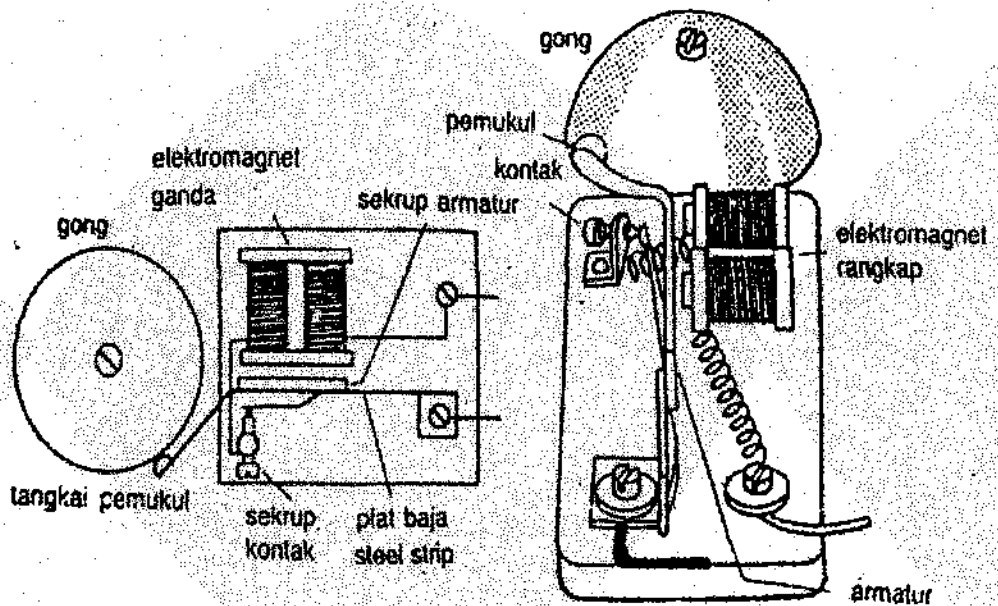
2.2.5. Bell Alarm

Setelah sensor atau *break glass* memberikan sinyal ke panel kontrol, maka arus akan mengalir dan memberikan tegangan untuk menyalakan bel/alarm. Bell/alarm yang dipakai dalam rangkaian ini adalah menggunakan prinsip kerja selenoid. Selenoid adalah alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, yang muncul dalam bentuk gerak lurus. Selenoid ini berupa kumparan yang dialiri arus. Arus yang lewat dalam kumparan ini menghasilkan medan magnet disekitar kumparan, seperti terlihat dalam Gambar 16. Kuat medan magnet dapat diperbesar dengan menyisipkan inti besi lunak dalam kumparan. Bila arus melewati gulungan, maka inti besi lunak akan menjadi magnet, alat ini disebut elektromagnet. Kumparan selenoid biasanya dililitkan pada selongsong non logam. Waktu arus listrik mengalir lewat kumparan dalam selenoid, medan magnet yang dihasilkan menekan inti besi ke pusat kumparan. Gaya tarik yang dialami inti besi ini menghasilkan gerak lurus.



Gambar 16. Medan Magnet Dan Penampang Sederhana Selenoid

Prinsip kerja selenoid ini dapat diterapkan dalam sebuah bel listrik yang mempergunakan dua buah elektromagnet (lihat Gambar. 17).



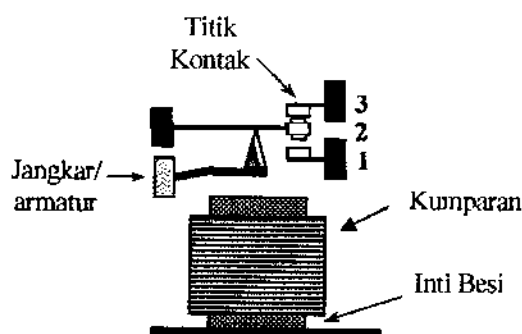
Gambar 17. Penampang Bel Listrik

(Paul Fay, Roy Pickup, Clive Braithwaite, Jeffrey Hall, 1988)

Sebuah tangkai pemukul ditaruh pada armatur yang berfungsi sebagai dua elektromagnet. Kontak akan terbuka dan tertutup pada waktu armatur ditarik oleh pasangan elektromagnet. Pada saat rangkaian terputus, armatur segera terlepas dari elektromagnet tersebut, akibatnya diperoleh gerakan maju mundur pada pemukul. Perbedaan antara bel listrik yang menggunakan arus AC dan arus DC adalah jika menggunakan arus AC maka pada bel listrik tidak diperlukan pemutus arus karena apabila dialiri arus AC maka tungkai pemukul akan tertarik dan terpental secara otomatis, sedangkan apabila menggunakan arus DC tungkai pemukul akan terus tertarik dan diperlukan pemutus untuk membuatnya terpental.

2.2.6. Relay

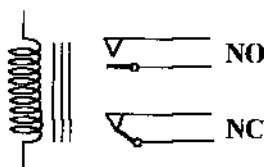
Relay adalah sebuah alat elektromagnetik yang dapat mengubah kontak-kontak saklar sewaktu alat ini menerima sinyal listrik. Alat ini tersusun atas sebuah kumparan kawat beserta sebuah inti besi lunak (seperti terlihat pada Gambar 18). Sewaktu arus kontrol kecil melewati kumparan, maka inti besi lunak akan dimagnetisasi. Kemudian inti besi ini akan menarik armatur/jangkar, sehingga armatur/jangkar ini akan menutup kontak 1 dan 2 (lihat Gambar 18) dan akan membuka kontak 2 dan 3. Dengan kata lain gerakan armatur tadi telah mengubah kontak 1 dan 3. Kontak-kontak ini dapat dipakai untuk mengontrol arus yang lebih besar dalam rangkaian sekunder.



Gambar 18. Konstruksi Relay.

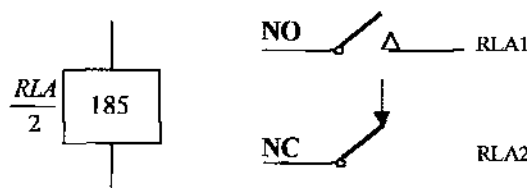
(Wasito S, *Pelajaran Elektronika*, 1983)

Relay adalah saklar yang sesungguhnya, fungsi utamanya adalah untuk mengontrol arus yang lebih besar dalam rangkaian dengan arus kecil yang melewati kumparan. Simbol yang dipakai pada Gambar 19 dipakai untuk menggambarkan relay dalam diagram rangkaian. Simbol ini terdiri atas sebuah kumparan dan 2 set kontak, satu biasanya terbuka (*normally open* atau NO), satu kontak lainnya biasanya tertutup (*normally close* atau NC). Sewaktu arus melewati kumparan, kontak NO tertutup dan sebaliknya kontak NC terbuka.



Gambar 19. Simbol Diagram Rangkaian Untuk Relay

Cara lain untuk menggambarkan relay adalah dengan menggunakan simbol diagram rangkaian seperti pada Gambar 20. Resistansi kumparan relay nampak dalam kotak simbol relay, yang dalam contoh besarnya 185 ohm. Bila dalam rangkaian terdapat beberapa buah relay, maka relay ini mungkin diberi label RLA, RLB, RLC. Banyaknya kontak yang dipakai relay ditunjukkan di bawah label relay tersebut.

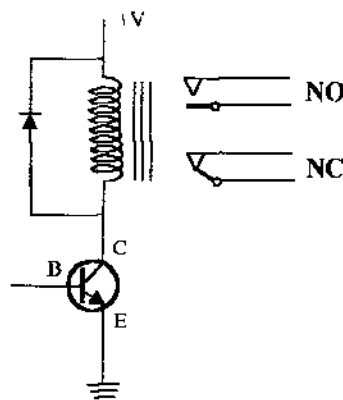


Gambar 20. Simbol Diagram Rangkaian Untuk Relay Dengan Dua Kontak

Dengan demikian $\frac{RLA}{2}$ adalah relay A dengan 2 kontak. Terlihat bahwa relay ini mempunyai 1 kontak RLA1, yang biasanya terbuka (NO), dan kontak RLA2 yang biasanya tertutup (NC).

Relay berisi sebuah elektromagnet. Waktu relay tidak bekerja, akan menghasilkan suatu tegangan mundur yang cukup besar yang disebut gaya gerak listrik (ggl) mundur. Perubahan medan magnet menghasilkan tegangan dalam kumparan yang menyebabkan arus mengalir dalam arah

yang berlawanan dengan arus relay semula, dengan kata lain arusnya terbalik. Medan magnet berubah dengan cepat, beda tegangan sesaat yang makin besar dihasilkan oleh ujung-ujung kumparan. Beda tegangan ini disebut ggl mundur dan beda tegangan ini dapat merusak transistor dalam rangkaian. Bila relay dipakai dalam rangkaian, maka dioda dipasang melintasi kumparan relay. Dioda memungkinkan ggl mundur yang arahnya berlawanan dengan tegangan baterai melewatinya, sehingga tidak merusak transistor.



Gambar 21. Pemasangan Dioda Pada Relay