# BAB II

# DASAR TEORI

## 2.1 Umum

Telemetri berasal dari kata “Tele” yang berarti jauh dan “Metri” yang berarti pengukuran, dengan demikian telemetri adalah suatu sistem komunikasi untuk transfer data pengukuran jarak jauh yang menggunakan media transmisi sebagai *Carrier* data tersebut. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam telemetri adalah teknik modulasi dan saluran transmisi. Modulasi merupakan proses konversi sinyal informasi menjadi suatu gelombang sinus, atau penumpangan suatu sinyal (sinyal informasi) ke sinyal pembawa (*carrier*). Ada beberapa macam teknik modulasi yang biasa digunakan seperti *Amplitudo shift keying* (ASK), *frequency shift keying* (FSK), dan *phasa shift keying* (PSK) tergantung pada parameter yang dimodulasi. Saluran transmisi adalah alat (*device*) yang dipakai untuk menghubungkan antara sumber data dan penerima data (penampil). Komponen yang dipakai adalah modem *(modulator - demodulator) frequency shift keying* (FSK) dan pemancar/penerima radio FM, untuk media transmisi gelombang radio.

## 2.2 Komunikasi Data

Komunikasi data merupakan bagian dari telekomunikasi yang secara khusus berkenaan dengan transmisi atau pemindahan data dan informasi di antara komputer komputer dan piranti-piranti yang lain dalam bentuk digital yang dikirimkan melalui media komunikasi data. Data berarti informasi yang disajikan

oleh isyarat digital. Komunikasi data merupakan bagian vital dari suatu masyarakat informasi karena sistem ini menyediakan infrastruktur yang memungkinkan komputer-komputer dapat berkomunikasi satu sama lain. Komponen komunikasi data adalah sebagai berikut :

- Pengirim, adalah piranti yang mengirimkan data
- Penerima, adalah piranti yang menerima data
- Data adalah informasi yang akan dipindahkan
- Media pengiriman adalah media atau saluran yang digunakan untuk mengirimkan data
- Protokol adalah aturan-aturan yang berfungsi untuk menyelaraskan hubungan

### 2.2.1 sinyal Analog

Sinyal analog adalah sinyal data dalam bentuk gelombang yang yang kontinyu, yang membawa informasi dengan mengubah karakteristik gelombang. Dua parameter/ karakteristik terpenting yang dimiliki oleh isyarat analog adalah amplitude dan frekuensi. Isyarat analog biasanya dinyatakan dengan gelombang sinus, mengingat gelombang sinus merupakan dasar untuk semua bentuk isyarat analog. Hal ini didasarkan kenyataan bahwa berdasarkan analisis fourier, suatu sinyal analog dapat diperoleh dari perpaduan sejumlah gelombang sinus. Dengan menggunakan sinyal analog, maka jangkauan transmisi data dapat mencapai jarak yang jauh, tetapi sinyal ini mudah terpengaruh oleh noise. Gelombang pada sinyal analog yang umumnya berbentuk gelombang sinus memiliki tiga variable dasar, yaitu amplitudo, frekuensi dan phase.

- Amplitudo merupakan ukuran tinggi rendahnya tegangan dari sinyal analog

- Frekuensi adalah jumlah gelombang sinyal analog dalam satuan detik
- Phase adalah besar sudut dari sinyal analog pada saat tertentu.

### 2.2.2 Sinyal Digital

Sinyal digital merupakan sinyal data dalam bentuk pulsa yang dapat mengalami perubahan yang tiba-tiba dan mempunyai besaran 0 dan 1. Sinyal digital hanya memiliki dua keadaan, yaitu 0 dan 1, sehingga tidak mudah terpengaruh oleh derau/noise, tetapi transmisi dengan sinyal digital hanya mencapai jarak jangkau pengiriman data yang relatif dekat. Biasanya sinyal ini juga dikenal dengan sinyal diskret. Sinyal yang mempunyai dua keadaan ini biasa disebut dengan bit. Bit merupakan istilah khas pada sinyal digital. Sebuah bit dapat berupa nol (0) atau satu (1).

## 2.3 Modulasi *Frequency Shift Keying* (FSK)

Modulasi adalah proses perubahan (varying) suatu gelombang periodik sehingga menjadikan suatu sinyal mampu membawa suatu informasi. Dengan proses modulasi, suatu informasi (biasanya berfrekeunsi rendah) bisa dimasukkan ke dalam suatu gelombang pembawa, biasanya berupa gelombang sinus berfrekuensi tinggi. Terdapat tiga parameter kunci pada suatu gelombang sinusiuodal yaitu : amplitudo, fase dan frekuensi. Ketiga parameter tersebut dapat dimodifikasi sesuai dengan sinyal informasi (berfrekuensi rendah) untuk membentuk sinyal yang termodulasi.

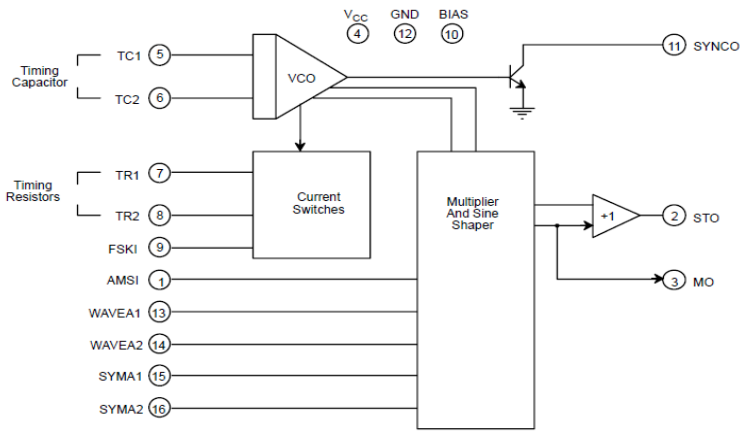
Peralatan untuk melaksanakan proses modulasi disebut modulator, sedangkan peralatan untuk memperoleh informasi informasi awal (kebalikan dari

dari proses modulasi) disebut demodulator dan peralatan yang melaksanakan kedua proses tersebut disebut modem.

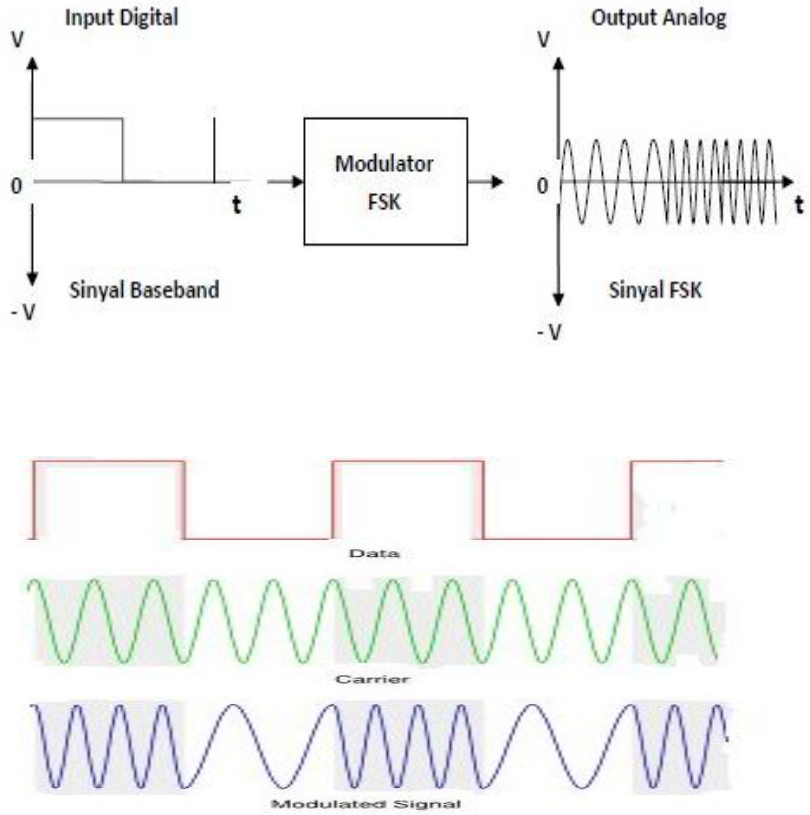
*Frequency shift keying* (FSK) merupakan sistem modulasi digital yang relatif sederhana, dengan mengubah pulsa-pulsa biner menjaadi gelombang harmonis sinusoidal.

### 2.3.1 Modulator FSK

Pada sebuah modulator FSK *center* dari frekuensi *carier* tergeser oleh masukan data biner, maka keluaran pada modulator FSK adalah sebuah fungsi *step* pada domain frekuensi. Sesuai perubahan sinyal masukan biner dari suatu logika "0" ke logika "1" dan sebaliknya, dalam metode FSK angka tersebut kemudian dipresentasikan ke dalam bentuk frekuensi, dan keluaran FSK bergeser diantara dua frekuensi tersebut, yaitu *mark frequency* atau logika "1" dan *space frequency* atau logika "0". Terdapat perubahan frekuensi output setiap adanya perubahan kondisi logic pada sinyal input. Sebagai konsekuensinya, laju perubahan output adalah sebanding dengan laju perubahan input, maka perubahan output pada FSK sebanding dengan perubahan yang terjadi pada sinyal inputnya.




Gambar 2.1 Blok Diagram Modulator FSK




Gambar 2.2 Sinyal Modulator FSK

Modulasi FSK memiliki persamaan matematis sinyal binary yaitu:

$$V_{(t)} = Vc \cos[(\omega c + \frac{V_{m(t)}\,\Delta\omega}{2})\,t] \quad \text{……..……(1)}$$

dimana:

**V(t)** = gelombang FSK

**Vc** = amplitude carrier tanpa modulasi

**ωc** = frekuensi carrier dalam radian

**Vm(t)** = sinyal pemodulasi digital

**Δω** = perubahan frekuensi Ouput dalam radian

Amplitudo carier Vc tetap konstan. Sedangkan frekuensi carier radian output **ωc** berubah-ubah sebesar **± Δω/2**. perubahan frekuensi tersebut sebanding dengan amplitude dan polaritas sinyal input biner. Modulator FSK direalisasikan

dengan VCO (*Voltage Control Oscilator*). Frekuensi output VCO jika sinyal input berlogika satu adalah **fm** dan jika berlogika nol adalah **fs**.

Laju perubahan sinyal input disebut bit rate (bps) sedangkan laju perubahan sinyal output (FSK) disebut baud rate (symbol/sec). Untuk sistem FSK bit rate sama dengan baud rate.

Indeks modulasi sinyal FSK adalah :

$$MI = \frac{\Delta f}{fa} \quad \text{.....(2)}$$

dimana:

**MI** = Indeks Modulasi (tanpa satuan)

**Δf** = deviasi frekuensi (Hz)

**fa** = frekuensi pemodulasi

$$\Delta f = fc - fs = fm - fc = \frac{(fm - fs)}{2}$$

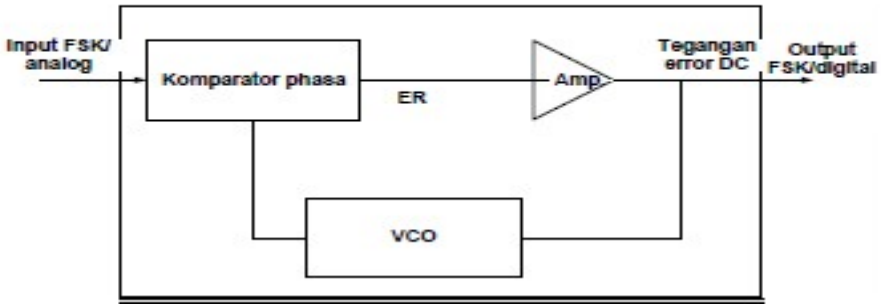
$$fa = \frac{fb}{2}, \; fb = \text{bit rate sinyal input} \quad \text{.....(3)}$$

### 2.3.2 Demodulator FSK

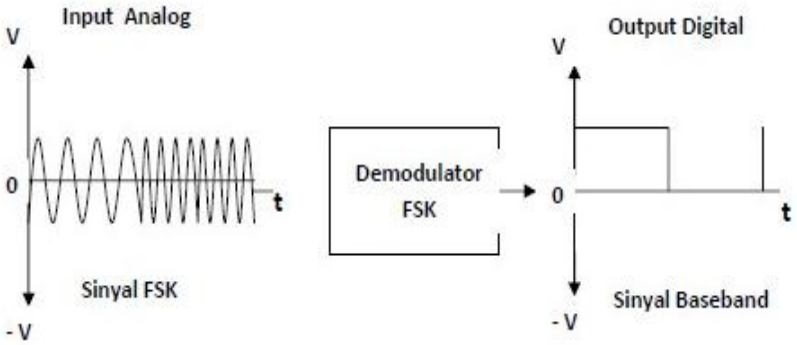
Fungsi demodulator FSK adalah untuk mengubah sinyal analog kedalam sinyal digital yang berasal dari Radio Transceiver sebelum masuk ke Port Serial Komputer. Prosesnya disebut demodulasi.

Deteksi sinyal FSK biasa menggunakan PLL (*phase looked loop*). PLL merupakan rangkaian osilator yang terkontrol, dalam hal ini yang terkontrol adalah pada bagian keluaran yang berupa frekuensi, sehinga dengan menggunakan PLL ini frekuensi keluaran menjadi konstan. Frekuensi *input* PLL ini berubah-ubah antara $f_m$ dan $f_s$. Tegangan error DC *Ouput* komparator phasa mengikuti

perubahan dari frekuensi *input*. Gambar 2.10 memperlihatkan diagram blok dari Demodulator FSK dan Gambar 2.11 memperlihatkan sinyal *input* dan sinyal *output* dari Demodulator FSK.




Gambar 2.3 Diagram Blok Demodulator FSK



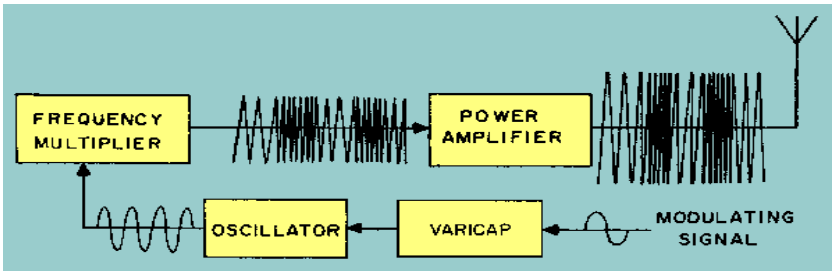

Gambar 2.4 *Input* dan *Ouput* Demodulator FSK

## 2.4 Transmitter FM dan Receiver FM

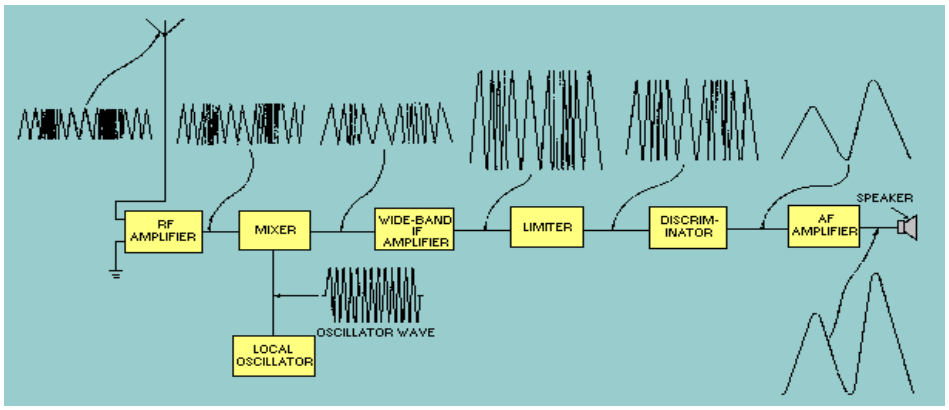
Pemancar merupakan suatu pesawat yang digunakan untuk menyiarkan atau memancarkan informasi atau multimedia kepada penerima untuk keperluan tertentu. Gelombang modulasi dapat diperoleh dari penumpangan frekuensi informasi pada frekuensi *carrier*, pada FM amplitudo dari frekuensi informasi mengubah-ubah frekuensi *carrier*. Dalam sistem modulasi frekuensi, amplitude

dari sinyal pembawa dibuat konstan, sedangkan frekuensinya dinamis sebanding dengan sinyal yang memodulasinya.

Pesawat penerima merupakan suatu pesawat yang dipergunakan untuk menerima frekuensi yang dipancarkan pemancar, kemudian diubah menjadi frekuensi rendah sehingga dapat diterima oleh penerima.




Gambar 2.5 Blok Diagram Pemancar FM




Gambar 2.6 Blok Diagram Penerima FM dan *Waveforms*

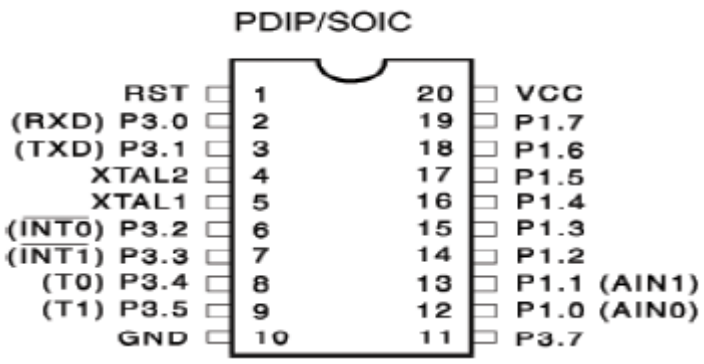
## 2.5 Mikrokontroler AT89C2051

Mikrokontroler jenis AT89C2051 adalah sebuah CMOS mikrokomputer 8-bit bervoltase rendah yang memiliki performa tinggi dengan 2 Kbyte Flash *Programmable Erasable Read Only Memory* (PEROM). Perangkat ini dihasilkan oleh teknologi *high density nonvolatile memory technologi* yang terus dikembangkan pabrik ATMEL. Mikrokontroler ini kompatibel dengan standar

industri MCS-51dari segi instruksi setnya. Dengan mengkombinasi sebuah CPU 8-bit *versatile* dengan Flash pada sebuah *monolithic* Chip, ATMEL 89C2051 merupakan sebuah mikrokomputer yang sangat kuat dan memiliki fleksibilitas yang tinggi.

Mikrokontroler AT89C2051 menyediakan beberapa fitur standar, antara lain 2 Kbyte Flash memori, RAM 128 byte, 15 jalur input/output, 2 timer/counter 16-bit, 5 arsitektur interupsi jenis *two-level*, sebuah serial port yang dapat membaca dan mengirim sinyal dua arah (*Full Duplex*), sebuah analog komparator yang sangat presisi, oscilator on-chip dan sirkuit clock. Mikrokontroler AT89C2051 juga didesain dengan logika statis untuk operasi penurunan frekuensi sampai titik nol (*frequency down to zero operation*) dan mendukung 2 macam *power saving* software operasional mode. Pertama adalah mode *Idle* yang melakukan penghentian CPU dengan mengijinkan RAM, timer/counter, serial port, dan sistem interupsi untuk terus melanjutkan operasinya. Kedua adalah mode *Power-down* yang melakukan penyimpanan isi dari RAM, melakukan pembekuan *oscilator* serta menghentikan semua proses pada fungsi-fungsi chip yang lain sampai hardware *reset* berikutnya.

### 2.5.1 Konfigurasi Pin AT89C2051




Gambar 2.7 Konfigurasi Pin AT89C2051

Mikrokontroler AT89C2051 memiliki beberapa port yang dapat dipakai sebagai port input maupun output, di samping port pendukung lainnya, yaitu port P1.0 sampai P1.7 dan port P3.0 sampai P3.7. Pemakaiannya harus disesuaikan dengan peraturan yang telah ditetapkan oleh produsen mikrokontroler ini.

### 2.5.2 Deskripsi Pin AT89C2051

- **VCC**

  Suplai tegangan (+) mikrokontroler

- **GND**

  Suplai tegangan ( - ) mikrokontroler

- **Port 1**

  Port 1 adalah sebuah 8-bit input/output port yang 2 arah (*bidirectional I/O port*). Pin port P1.2 sampai P1.7 menyediakan *pull-ups* secara internal. P1.0 dan P1.1 juga berfungsi sebagai input positif (AIN0) dan input negatif (AIN1) yang bertanggung jawab pada pembanding sinyal analog yang ada di dalam chip. Keluaran port 1.0 membuat arus sebesar 20 mA dan dapat digunakan untuk menyalakan LED secara langsung. Jika sebuah program mengakses Port pin1, maka port ini digunakan sebagai port input. Ketika port pin 1.2 sampai 1.7 digunakan sebagai port input dan port-port tersebut diset secara *pulled-low*, maka port-port tersebut dapat menghasilkan arus (IIL) karena adanya interaksi *pull-ups* tadi. Port 1 juga dapat menerima kode/data saat memori flash dalam kondisi deprogram atau saat proses verifikasi dilakukan.

- **Port 3**

  Port 3 pin P3.0 sampai P3.5 adalah 6 input/output pin yang dapat menerima kode/data secara 2 arah (*bidirectional I/O port*) yang mempunyai fasilitas *internal pull-ups.* P3.6 adalah sebuah *hardware* yang digunakan sebagai input dan output dari komparator on chip, tetapi pin tersebut tidak dapat diakses sebagai port input/output standar. Port pin 3 dapat mengeluarkan arus sebesar 20 mA. Port 3 juga menyediakan fungsi dari fitur spesial yang bervariasi dari Mikrokontroler AT89C2051. Fungsi dan fitur spesial dari Mikrokontroler AT89C2051 dapat dilihat pada Tabel di bawah ini :

  Tabel 2.1 Fungsi dan fitur spesial Port 3 yang bervariasi

| Port Pin | Alternate Functions |
|---|---|
| P3. 0 | RXD (serial input port) |
| P3. 1 | TXD (serial output ) |
| P3. 2 | INT0 (external interrupt 0) |
| P3. 3 | INT1 (external interrupt 1) |
| P3. 4 | T0 (timer 0 external input) |
| P3. 5 | T1 (timer 1 external input) |

  Port 3 juga dapat menerima beberapa sinyal kontrol untuk keperluan pemrograman Flash memory dan verifikasi data.

- **RST**

  RST berfungsi sebagai kaki untuk input sinyal *reset*. Semua input/output (I/O) akan kembali pada posisi nol (*reset*) secepatnya ketika kaki *reset* (RST) tersebut berlogika tinggi/*high condition.* Menahan pin RST untuk dua *cycle machine* ketika suatu oscilator sedang bekerja akan

mengakibatkan *reset*nya semua sistem device yang ada ke dalam *zero position*.

- **XTAL1**

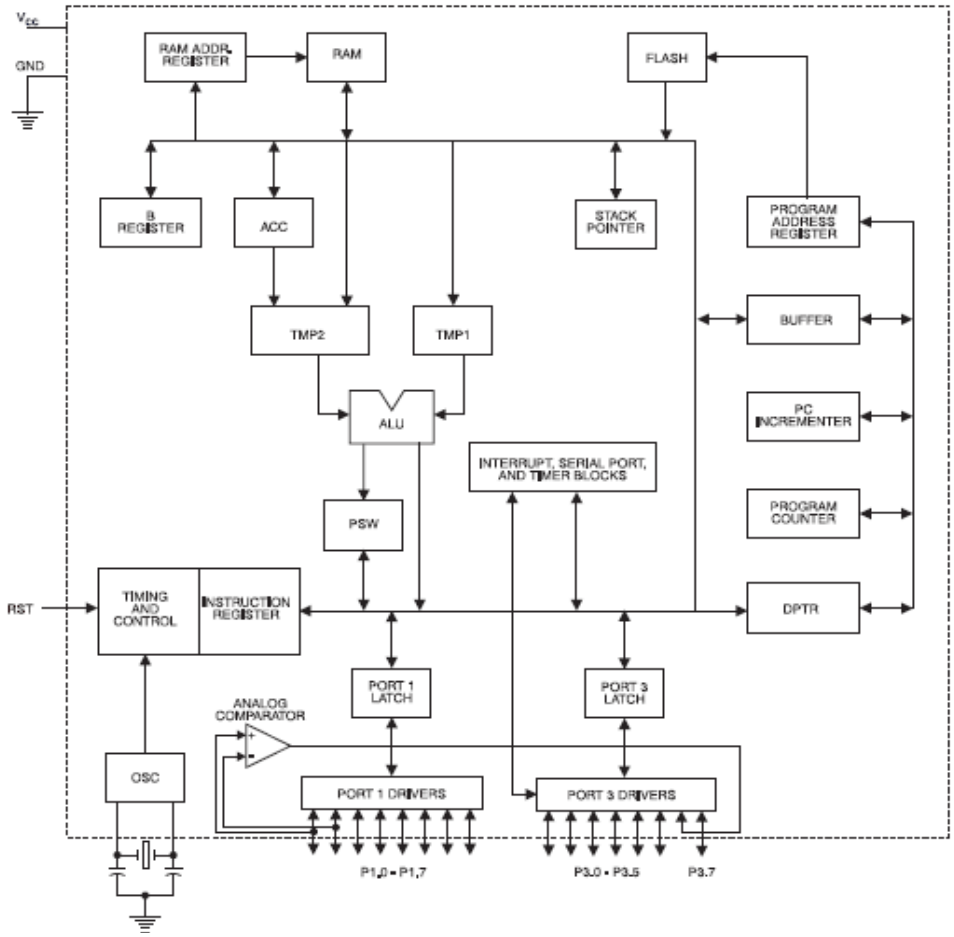
  Sebagai input kepada inverting amplifier oscilator dan memberi input kepada internal clock operating sirkuit.

- **XTAL2**

  Sebagai kaki output dari rangkaian inverting amplifier oscilator.

### 2.5.3 Diagram Blok AT89C2051

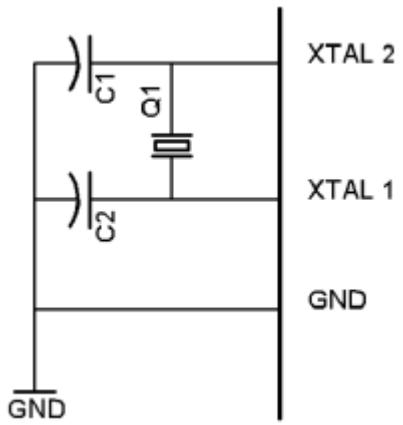
Berikut blok diagram dari AT89C2051 :



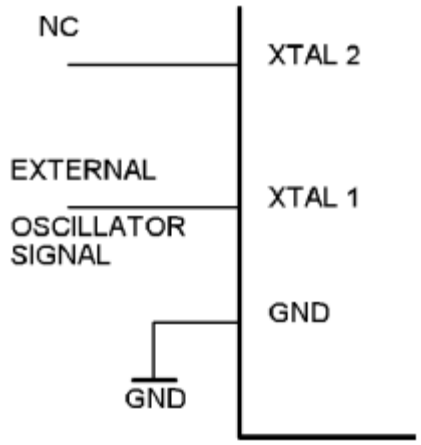

Gambar 2.8 Blok Diagram AT89C2051

### 2.5.4 Karakteristik Oscilator

XTAL 1 dan XTAL 2 adalah suatu input dan output yang bertanggung jawab penuh dari sebuah amplifier inverting di mana XTAL – XTAL tersebut dapat dikonfigurasikan untuk digunakan sebagai on-chip oscilator. Gambar 2.9 menunjukkan rangkaian oscilator yang terbuat dari sebuah kristal quatrz atau resonator keramik. Dalam rangka pengaktifan perangkat ini dari sebuah *external clock source*, XTAL 2 harus dikondisikan tidak tersambung ketika XTAL 1 sedang diberi suatu sinyal/tegangan seperti yang ditunjukkan Gambar 2. 10. Dalam posisi ini rangkaian tidak dibutuhkan lagi untuk mengkondisikan mikrokontroler ‘sedang proses’ atau *duty cycle* dalam menerima sinyal clock eksternal. Selama input, pada sirkuit *clocking internal* ada suatu sinyal dari sebuah *device* yang dibagi menjadi dua flip-flop. Namun tegangan minimum dan maksimum serta time pada posisi rendah (low) maupun tinggi (high) harus dianalisis terlebih dahulu.




Gambar 2.9 Rangkaian Oscilator




Gambar 2.10 Rangkaian oscilator

### 2.5.5 Register Fungsi Khusus

Sebuah peta memori yang terdapat pada *on-chip memory area* dan disebut sebagai *Special Function Register* (SFR) *space memory* pada Tabel 2. 2. Sebagai catatan, tidak semua alamat memori ditunjukkan pada table karena terbatasnya media. Alamat memori yang tidak terdapat dalam tabel biasanya sangat jarang digunakan atau diimplementasikan dalam suatu proyek.

Akses baca (*road access*) pada alamat memori ini akan menghasilkan suatu data general yang bernilai acak atau random, sedangkan akses tulis (*write access*) akan mempunyai efek yang *indeterminate*. Program user tidak boleh ditulis pada alamat yang tidak tercantum dalam tabel. Dalam kasus tersebut, memori *reset* atau nilai *inactive* dari bit yang baru akan selalu nol (0).

Tabel 2.2 Peta Memori SFR dan *Reset* value

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0F8H | | | | | | | | 0FFH |
| 0F0H | B<br>00000000 | | | | | | | 0F7H |
| 0E8H | | | | | | | | 0EFH |
| 0E0H | ACC<br>00000000 | | | | | | | 0E7H |
| 0D8H | | | | | | | | 0DFH |
| 0D0H | PSW<br>00000000 | | | | | | | 0D7H |
| 0C8H | | | | | | | | 0CFH |
| 0C0H | | | | | | | | 0C7H |
| 0B8H | IP<br>XXX00000 | | | | | | | 0BFH |
| 0B0H | P3<br>11111111 | | | | | | | 0B7H |
| 0A8H | IE<br>0XX00000 | | | | | | | 0AFH |
| 0A0H | | | | | | | | 0A7H |
| 98H | SCON<br>00000000 | SBUF<br>XXXXXXXX | | | | | | 9FH |
| 90H | P1<br>11111111 | | | | | | | 97H |
| 88H | TCON<br>00000000 | TMOD<br>00000000 | TL0<br>00000000 | TL1<br>00000000 | TH0<br>00000000 | TH1<br>00000000 | | 8FH |
| 80H | | SP<br>00000111 | DPL<br>00000000 | DPH<br>00000000 | | | | PCON<br>0XXX0000 87H |

### 2.5.6 Batasan-batasan pada Instruksi Tertentu

Mikrokontroler AT89C2051 dan beberapa variannya adalah suatu jenis mikrokontroler yang terkenal cukup murah tetapi handal dari keluarga mikrokontroler ATMEL. Mikrokontroler tersebut memiliki 2 Kbyte Flash memori program mikrokontroler.

- **Instruksi-insruksi branching:**

  **LCALL, LJMP, ACALL, AJMP, SJMP, JMP@+DPTR**

  Beberapa instruksi *unconditional branching* di atas akan dieksekusi secara benar selama software programmer selalu mengingat bahwa alamat *destination branching* harus jatuh di dalam batas ukuran memori kontroler (lokasi 00H sampai 7FFH digunakan untuk

AT89C2051). Pelanggaran atas aturan pengalamatan memori di atas akan mengakibatkan program menjadi bertingkah laku aneh.

CJNE [...]. DJNZ [...], JB, JNB, JC, JNC, JBC, JZ, JNZ dengan instruksi kondisional branching tersebut di atas juga harus juga mematuhi aturan-aturan pengalamatan memori yang telah disebutkan. Apabila programmer melanggar aturan di atas, hal itu mungkin akan mengakibatkan hasilnya menjadi tidak menentu.

Beberapa penerapan yang menyertakan interupsi pada lokasi alamat servis rutin pada keluarga mikrokontroler ATMEL 80C51 dapat dipelajari pada manual-manual masing-masing.

- **MOVX – related instruction, Data Memori:**

  Mikrokontroler AT89C2051 mempunyai 128 byte internal data memori. Dengan kata lain, mikrokontroler AT89C2051 mempunyai batas stack sebesar 128 byte, yaitu sebesar jumlah RAM dari mikrokontroler tersebut. Akses eksternal data memori dan eksekusi eksternal program memori tidak terdapat dalam mikrokontroler jenis ini. Oleh karena itu, instruksi MOVX [...] tidak diperbolehkan dalam memprogram mikrokontroler AT89C2051.

  Kode assambler jenis 80C51 akan tetap dieksekusi sebagai instruksi assambler, meskipun instruksi tersebut ditulis dengan kondisi yang melanggar aturan pengalamatan. Tingkah laku *device* atau alat yang kita buat, bertanggungjawab terhadap kesalahan eksekusi logika program, bukan pada program yang kita tulis.

### 2.5.7 Memprogram Flash Memori

Pada Mikrokontroler AT89C2051 terdapat memori Flash sebesar 2 Kbyte. Memori ini digunakan sebagai memori kode program dan dikondisikan pada keadaan array, yang bisa ditulis dan dibaca (*read-write*) dan siap untuk diberi program. Memori array tersebut hanya dapat diprogram per byte pada tiap satuan waktu. Sekali memori array tersebut diberi program, maka untuk memprogram ulang harus dilakukan penghapusan data program yang telah ada secara elektrikal. Dengan kata lain, memori array tersebut tidak dapat langsung ditimpa dengan program yang baru, tetapi harus dihapus terlebih dahulu.

**Urutan Pemrograman Chip**

- Power-up sequence: Berikan tegangan antara Vcc dan GND dan SET, XTAL 1, ke posisi GND.
- Set pin RST dengan nilai logika High, set pin P3.2 juga dengan nilai High.
- Berikan nilai level logika kombinasi High dan Low pada pin-pin P3.3, P3.4, P3.5, P3.7 sesuai mode operasi yang akan kita lakukan, apakah operasi pembacaan memori atau operasi memasukkan program ke memori.
- Alamatkan data program yang kita buat pada range alamat memori 000H, yaitu pada pin P1.0 sampai P1.7.
- Berikan tegangan Vcc 12 Volt pada pin RST ketika akan melakukan program chip (mode operasi pemrograman).
- Masukkan pulsa kode program yang akan kita masukkan pada pin 3.2. Waktu penulisan program pada memori array akan memakan waktu sekitar 1,2 ms (milisecond).

- Untuk verifikasi data program yang kita masukkan, ubah logika pada pin RST dari Vcc 12 Volt menjadi level logika High lalu set pin P3.3 sampai P3.7 menjadi level prioritas. Data output dapat dibaca melalui port pin P1.
- Untuk memasukkan program ke alamat memori berikutnya supaya tidak tumpang tindih, berikan pulsa positif pada pin XTAL 1. Langkah ini untuk menaikkan addres counter dengan increment satu (+1 pada addres counter). Masukkan data program yang baru pada port pin P1.
- Ulangi langkah 5 sampai 8, ubah data dan alur range memori mikrokontroler sampai batas 2 Kbyte.
- Power-off sequence: Set XTAL1 dengan logika Low dan RST juga dengan logika Low, lalu matikan tegangan pada mikrokontroler AT89C2051.

## 2.6 Sensor

Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk mendeteksi ataupun mengukur ukuran dari sebuah obyek penelitian, yaitu dengan mengubah besaran fisis menjadi suatu sinyal listrik. Sensor umumnya dikategorikan menurut obyek yang diukur dan memiliki peranan penting, baik dalam sebuah proses monitoring maupun proses pengendalian modern.

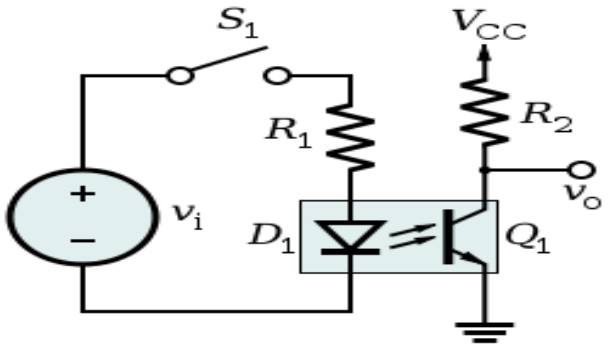
Sensor yang akan digunakan sebagai pengukur kecepatan dari motor DC adalah sensor Optocoupler. Prinsip kerja dari optocoupler adalah ketika ada benda yang berada di antara celah sensornya, maka cahaya yang dikirimkan tidak bisa diterima oleh bagian penerimanya, sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang nilainya mendekati VCC, begitu juga sebaliknya, jika tidak ada benda

diantara celah sensor maka akan menghasilkan tegangan keluaran yang nilainya mendekati 0 Volt.

Optocoupler merupakan gabungan dari LED infra merah dengan fototransistor yang terbungkus menjadi satu chips. Cahaya infra merah termasuk dalam gelombang elektromagnetik yang tidak tampak oleh mata telanjang. Sinar ini tidak tampak oleh mata karena mempunyai panjang gelombang berkas cahaya yang terlalu panjang bagi tanggapan mata manusia. Sinar infra merah mempunyai daerah frekuensi 1 x 1012 Hz sampai dengan 1 x 1014 GHz atau daerah frekuensi dengan panjang gelombang 1µm – 1mm.

Proses terjadinya pancaran cahaya pada LED infra merah dalam optocoupler adalah sebagai berikut. Saat dioda menghantarkan arus, elektron lepas dari ikatannya karena memerlukan tenaga dari catu daya listrik. Setelah elektron lepas, banyak elektron yang bergabung dengan lubang yang ada di sekitarnya (memasuki lubang lain yang kosong). Pada saat masuk lubang yang lain, elektron melepaskan tenaga yang akan diradiasikan dalam bentuk cahaya, sehingga dioda akan menyala atau memancarkan cahaya pada saat dilewati arus. Cahaya infra merah yang terdapat pada optocoupler tidak perlu lensa untuk memfokuskan cahaya karena dalam satu chip mempunyai jarak yang dekat dengan penerimanya. Pada optocoupler yang bertugas sebagai penerima cahaya infra merah adalah fototransistor. Fototransistor merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai detektor cahaya infra merah. Detektor cahaya ini mengubah efek cahaya menjadi sinyal listrik, oleh sebab itu fototransistor termasuk dalam golongan detektor optik.

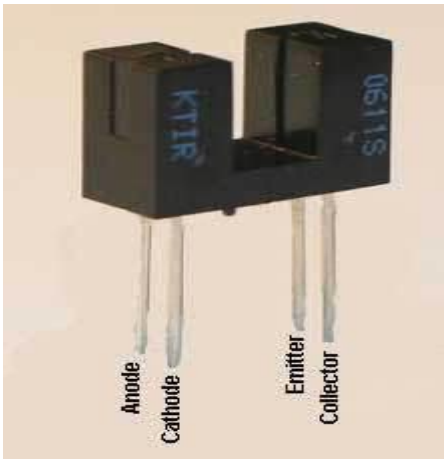
Fototransistor memiliki bahan utama yaitu germanium atau silikon yang sama dengan bahan pembuat transistor. Tipe fototransistor juga sama dengan transistor pada umumnya yaitu PNP dan NPN. Perbedaan transistor dengan fototransistor hanya terletak pada rumahnya yang memungkinkan cahaya infra merah mengaktifkan daerah basis, sedangkan transistor biasa ditempatkan pada rumah logam yang tertutup.




Gambar 2.11 Gambar Rangkaian Sensor Optocoupler

Prinsip kerja dari rangkaian optocoupler pada gambar 2.11 adalah sebagai berikut:

1. Jika S1 terbuka maka LED akan mati, sehingga phototransistor tidak akan bekerja.
2. Jika S1 tertutup maka LED akan memancarkan cahaya,sehingga phototransistor akan bekerja
3. Jika antara phototransistor dan LED terhalang maka phototransistor tersebut akan off sehingga output dari kolektor akan berlogika high. Sebaliknya jika antara phototransistor dan LED tidak terhalang maka phototransistor dan LED tidak terhalang maka phototransistor tersebut akan on sehingga output-nya akan berlogika low.




Gambar 2.12 Gambar Fisik Sensor Optocoupler

## 2.7 Motor

Motor listrik merupakan suatu perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalaan *torque* yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.

Keuntungan utama motor DC adalah sebagai pengendali kecepatan, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan dua cara :

a. Tegangan dinamo

Dengan meningkatkan tegangan dinamo maka akan meningkatkan kecepatan

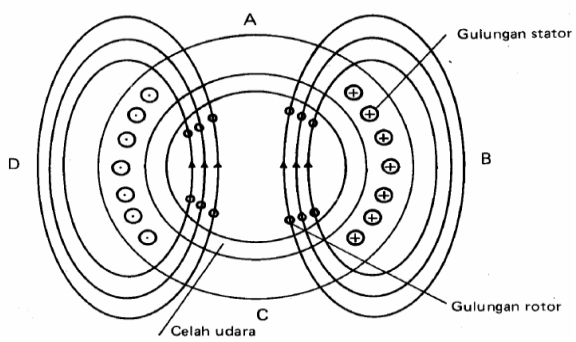
b. Arus medan

Dengan menurunkan arus medan maka akan meningkatkan kecepatan.

Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaan pada umumnya dibatasi untuk beberapa aplikasi berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang seperti peralatan mesin dan *rolling mills,* sebab sering

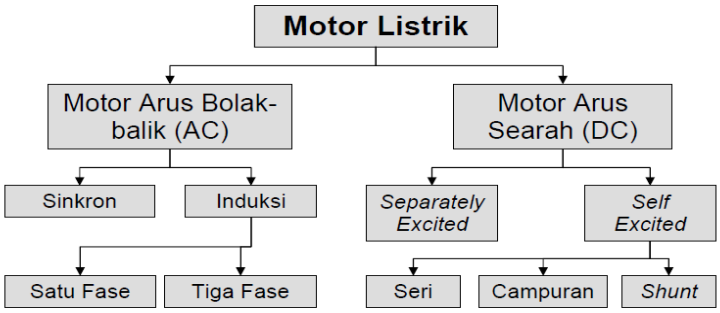
terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya. Motor DC juga relatif mahal dibanding motor AC.

Pada dasarnya motor AC sama dengan motor DC dimana masing-masing sama menghasilkan suatu gerakan mekanis yaitu berupa putaran. Akan tetapi disini terdapat suatu perbedaan didalam sumber tegangannya. Dimana motor AC dapat bekerja didalam hubungan dengan tegangan sumber AC seperti digambarkan pada gambar 2.1 sehingga konstruksi dari motor AC juga berbeda pada gulungan rotor maupun statornya. Dimana kumparan statornya dibuat hanya untuk satu fasa yang digulung sedemikian rupa sehingga apabila dialiri arus akan membentuk kutub-kutub yang berpasangan. Sedangkan rotornya digunakan rotor sangkar. Apabila motor AC diberikan sumber tegangan DC maka motor tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya.



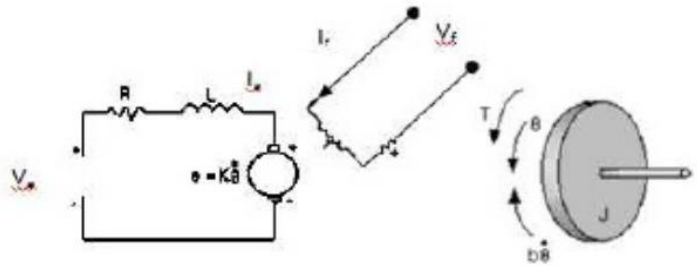

Gambar 2.13 Hubungan Sumber AC dengan Motor AC

Berikut ini gambar klasifikasi motor, blok diagram motor DC dan bagian-bagian motor DC:




Gambar 2.14 Klasifikasi Motor Listrik

Motor DC bekerja berdasarkan prinsip gaya elektromagnetik sehingga apabila motor tersebut diberi catu daya,arus akan mengalir ke dalam motor kemudian menghasilkan torsi putar yang sebanding dengan arus tersebut. Pemodelan Rangkaian internal motor DC secara sederhana dan analisisnya adalah sebagai berikut :




Gambar 2.15 Motor DC penguatan terpisah

Keterangan :

Va= tegangan yang diberikan ke jangkar

Ia= arus yang melewati jangkar

Vf = tegangan eksitasi

If = arus eksitasi

ɵ= putaran poros rotor

Vb=Potensial ggl (gaya gerak listrik) balik

ω= Kecepatan putar poros motor = dθ/dt

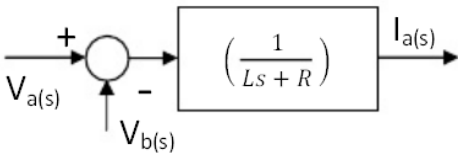
Untuk pemodelan motor DC penguatan terpisah ini, terlebih dahulu ditentukan persamaan differensial dari masing-masing bagian sistem tersebut :

- Persamaan arus-tegangan pada jangkar (armature)

$$V_a(t) = V_R(t) + V_L(t) + V_b(t)$$
$$= Ri_a(t) + L\frac{di_a(t)}{dt} + V_b(t)$$

Transformasi Laplace :

$$V_a(s) = (\mathrm{R} + \mathrm{sL}).\mathrm{Ia(s)} + V_b(s)$$
$$I_a(s) = (V_a(s) - V_b(s))\left(\frac{1}{Ls + R}\right)$$




- Persamaan torsi motor dan arus jangkar eksitasi

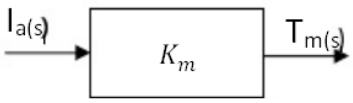
Pada stator diberikan tengangan eksitasi konstan sehingga akan muncul arus eksitasi if yang konstan, maka torsi motornya adalah :

$$T_m(t) = \underbrace{(K_1 K_f i_f)}_{\text{Konstan}} i_a(t)$$

Transformasi Laplace :

$$T_m(s) = K_m I_a(s),$$

$$K_m = Permealibilitas\ maksimal\ magnetik$$



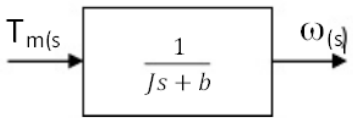

- Persamaan kecepatan pada beban :

$$T_L(t) = J\frac{d\omega(t)}{dt} + b\omega(t)$$

Transformasi Laplace :

$$T_L(s) = Js\omega(s) + b\omega(s)$$

$$\omega(s) = \frac{1}{Js+b}T_m(s)$$

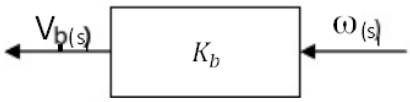



- Persamaan potensial GGL balik

$$V_b(t) = K_b\omega(t)$$

Transformasi Laplace :

$$V_b(s) = K_b\omega(s)$$




Dari hasil pemodelan masing-masing bagian sistem tersebut, maka model diagram blok dari motor DC penguatan terpisah tersebut dapat diperoleh dengan menggabungkan diagram kotak dari masing-masing bagian sistem tersebut. Pada pemodelan sistem motor DC penguatan terpisah ini, noise/disturbane dianggap

tidak ada Diagram blok dari motor DC terpisah tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah. Fungsi transfer dari diagram blok tersebut adalah :

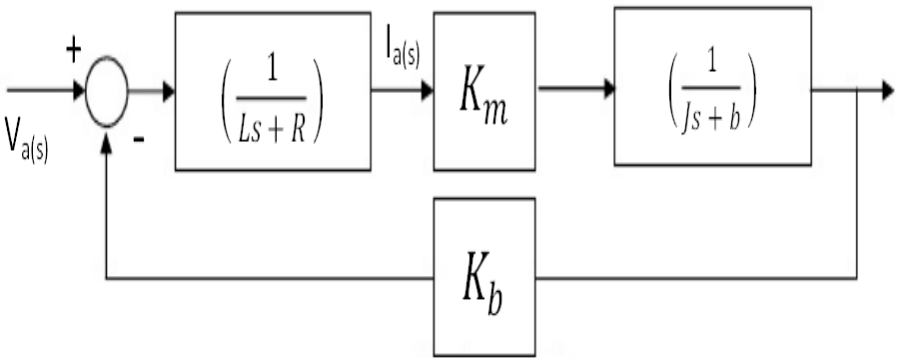
$$\frac{\omega(s)}{V_a(s)} = \frac{\frac{K_m}{(Ls+R)(Js+b)}}{1+\frac{K_m}{(Ls+R)(Js+b)}K_b}$$

$$= \frac{K_m}{(Ls+R)(Js+b)+K_mK_b}$$

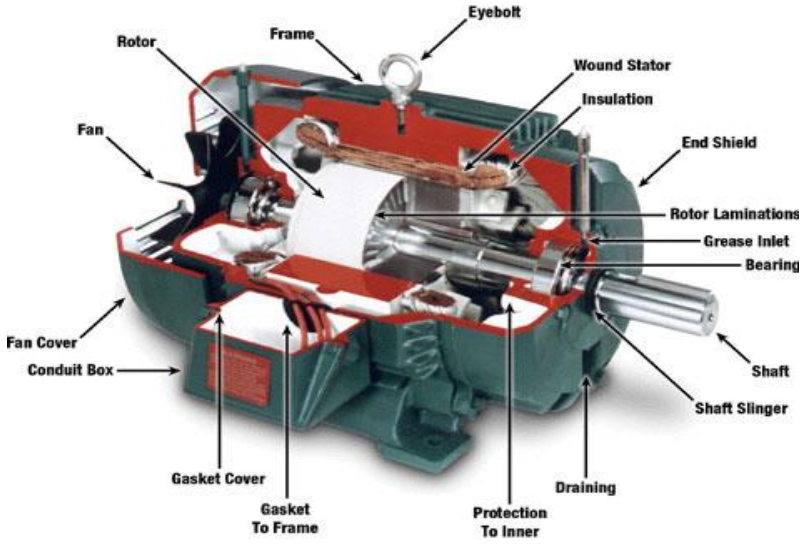
Dari persamaan fungsi transfer tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk persamaan ruang keadaan (*state space) :*

$$\frac{d}{dt}\begin{pmatrix}\dot{\omega}\\ i\end{pmatrix} = \begin{bmatrix}-\frac{b}{J} & \frac{K_m}{J}\\ -\frac{K_b}{L} & -\frac{R}{L}\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}0\\ 1/L\end{bmatrix} v$$

$$y = [1 \quad 0]\begin{bmatrix}\dot{\omega}\\ i\end{bmatrix}$$




Gambar 2.16 Blok Diagram Motor DC

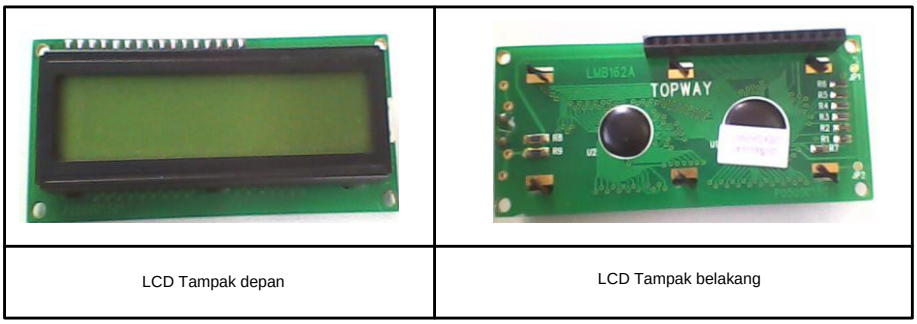



Gambar 2.17 Bagian-bagian Motor DC

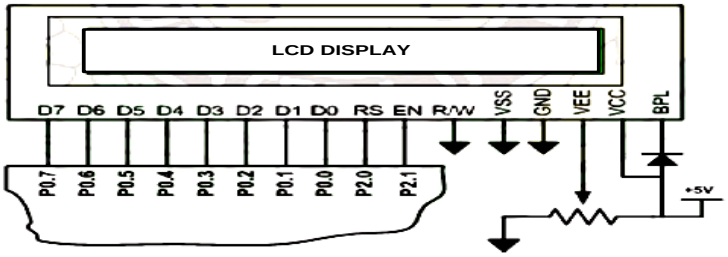
## 2.8 Display

Display adalah perangkat yang digunakan sebagai indikator untuk menampilkan data hasil pengukuran dan pengolahan sinyal. Display dapat berupa LCD ataupun 7-segmen.

LCD LM8162A merupakan modul LCD matrix dengan konfigurasi 16 karakter 2 baris dengan setiap karakternya dibentuk oleh 8 baris pixel dengan 5 kolom pixel. Adapun bentuk fisik dan skematik rangkaian dari LCD LM8162A adalah sebagai berikut:




Gambar 2.18 Bentuk fisik *Liquid Crystal Display* (LCD)




Gambar 2.19 Rangkaian skematik pada *Liquid Crystal Display* (LCD)