BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Arus, Tegangan dan Daya Listrik

1. Arus Listrik

Arus listrik merupakan banyaknya muatan yang melewati suatu luas penampang tertentu persatuan waktu. Secara umum, dalam suatu penampang dapat dilewati oleh muatan positif maupun negatif dalam dua arah yang berlawanan. Perpindahan elektron yang merupakan muatan negatif inilah menimbulkan terjadinya arus. Arus dalam Satuan Internasional (SI) dinyatakan dalam Ampere. Dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\boxed{I = \frac{Q}{t}} \qquad (2.1)$$

Persamaan (2.1) menyatakan bahwa arus I merupakan banyaknya muatan Q yang mengalir tiap satuan waktu t dalam detik. Sehingga 1 Ampere sama dengan setiap detik mengalir muatan sebesar 1 Coulomb. Untuk mengalirkan arus, dalam hal ini memindahkan elektron, maka diperlukan adanya beda potensial atau tegangan antar ujung-ujung penghantar. Dan arus akan mengalir dari ujung yang berpotensial tinggi ke ujung yang berpotensial rendah, sedangkan elektron bergerak sebaliknya yaitu dari ujung yang berpotensial rendah ke ujung yang berpotensial tinggi. Atau menuju ke ujung yang lebih positif.

2. Tegangan Listrik

Tegangan listrik atau potensial listrik merupakan energi atau tenaga yang diperlukan suatu muatan untuk bergerak dari suatu titik ke titik yang lain. Atau dengan kata lain, tegangan adalah kerja persatuan muatan. Dalam Satuan Internasional tegangan dinyatakan dalam Volt (V), yang menyatakan banyaknya energi (W) yang diperlukan untuk memindahkan muatan (Q). Dirumuskan sebagai berikut :

$$\boxed{V = \frac{W}{Q}} \qquad (2.2)$$

Tegangan 1 volt merupakan energi 1 Joule yang diperlukan untuk memindahkan 1 Coulomb muatan.

3. Daya Listrik

Daya merupakan ungkapan untuk menyatakan besarnya energi listrik yang mengalir pada suatu penghantar setiap satuan waktu, dan jika diturunkan dari persamaan-persamaan diatas maka daya merupakan hasil kali dari arus dan tegangan. Dalam Satuan Internasional daya (P) dinyatakan dalam Watt, dan dirumuskan sebagai berikut :

$$\boxed{P = V \cdot I} \qquad (2.3)$$

Persamaan (2.3) mengasumsikan bahwa faktor dayanya adalah 1 sehingga dalam rumusnya dapat diabaikan. Sehingga jika suatu rangkaian atau elemen listrik dinyatakan memiliki daya 1 Watt berarti rangkaian atau elemen tersebut mempunyai perbedaan tegangan 1 Volt dan dialiri arus

sebesar 1 Ampere. Maka rangkaian tersebut menyerap daya sebesar P = V . I = 1 Watt. Jika tegangan positif masuk ke rangkaian tersebut maka dinyatakan bahwa rangkaian tersebut menyerap daya, sedangkan jika terjadi sebaliknya maka rangkaian tersebut memberikan atau memancarkan daya.

Istilah daya dalam kehidupan sehari-hari dapat kita jumpai dalam bola lampu, peralatan elektronik, kipas angin dan peralatan lainnya yang menggunakan tenaga listrik. Yang umumnya peralatan tersebut disertai dengan satuan watt, yang artinya adalah ukuran penyerapan dayanya atau keluaran dayanya. Pada instalasi listrik rumah tangga, misalkan daya kontrak yang terpasang memiliki daya sebesar 450 VA, artinya daya yang dapat digunakan pada instalasi rumah tersebut maksimal yang dapat diserap adalah sebesar 450 Watt jika faktor daya pada instalasi rumah tersebut sebesar 1, dan digunakan pembatas arus atau sering disebut MCB (*Mini Circuit Breaker*) sebesar 2 Ampere yang terpasang dibawah KWH meter. Sehingga dapat dianalisa jika arus yang lewat pada MCB tersebut lebih dari 2 Ampere maka MCB ini akan memutuskan arus yang mengalir, dan aliran listrik pada instalasi rumah akan mati. Akan tetapi melihat dari rumus daya diatas yaitu bahwa daya merupakan hasil kali antara arus dan tegangan maka sebenarnya arus yang dapat dilewatkan oleh MCB tersebut hanya sebesar 2 Ampere dikali 220 Volt, yaitu sebesar 440 Watt.

Penulisan tugas akhir ini akan merancang dan merealisasikan perhitungan tegangan dan arus sekaligus mengalikan kedua besaran

tersebut sehingga didapatkan daya. Dengan alat ini dapat diketahui berapa tegangan yang masuk ke peralatan listrik, arus yang masuk keperalatan listrik serta daya yang diserap oleh peralatan listrik tersebut. Tampilannya menggunakan LCD dengan tujuan agar dapat dengan mudah dilihat hasil pengukurannya. Power Meter Digital inipun dibuat portabel sehingga dapat dengan mudah dipindah-pindah untuk mengukur peralatan yang berlainan tempat.

B. Pengertian Pengukuran

1. Instrumen Pengukuran

Proses pengukuran memerlukan instrumen sebagai sarana untuk menentukan suatu besaran atau variabel. Tanpa bantuan instrumen, manusia tidak akan dapat menentukan nilai dari suatu besaran yang tidak diketahui. Instrumen elektronis bekerja berdasarkan prinsip-prinsip listrik atau elektronika. Instrumen elektronis ini dapat berupa alat dengan konstruksi yang sederhana dan tidak rumit seperti sebuah alat ukur untuk arus searah dan bolak-balik. Dengan berkembangnya teknologi maka tuntutan kebutuhan akan sebuah instrumen yang lebih terpercaya dan teliti semakin meningkat. Agar dapat menggunakan instrumen-instrumen ini dengan tepat maka harus dipahami prinsip-prinsip kerjanya dan harus mampu memperkirakan apakah instrumen tersebut sesuai dengan

pemakaian yang telah direncanakan. Instrumen merupakan sebuah alat untuk menentukan nilai atau besaran suatu kuantitas atau variabel.[1)]

Beberapa istilah dalam pengukuran adalah sebagai berikut :

a. Ketelitian *(Accuracy)* merupakan harga terdekat yang dicapai suatu pembacaan instrumen terhadap harga sebenarnya dari variabel yang diukur.
b. Ketepatan *(precision)* merupakan suatu ukuran kemampuan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang serupa dari pengukuran yang berulang.
c. Resolusi *(resolution)* adalah perubahan kecil dalam nilai yang diukur yang masih dapat ditanggapi oleh instrumen.

2. Jenis-jenis kesalahan

Tidak ada pengukuran yang menghasilkan ketelitian yang sempurna, tetapi penting untuk mengetahui ketelitian yang sebenarnya dan bagaimana kesalahan yang berbeda digunakan dalam pengukuran. Langkah pertama yang diperlukan untuk menguranginya adalah mempelajari kesalahan-kesalahan tersebut, dari hal ini juga dapat ditentukan ketelitian hasil akhir.

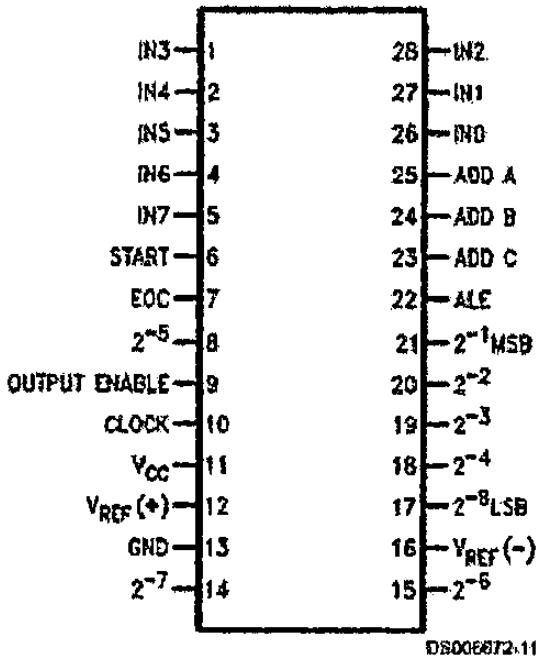
Kesalahan dapat terjadi karena berbagai sebab dan umumnya dibagi dalam tiga jenis utama yaitu :

a. Kesalahan-kesalahan umum, yaitu kesalahan yang diakibatkan oleh kesalahan manusia yang diantaranya adalah kesalahan dalam pembacaan alat ukur, penyetelan yang tidak tepat dan pemakaian instrumen yang tidak sesuai dan kesalahan penafsiran.
b. Kesalahan-kesalahan sistematis, yaitu kesalahan yang disebabkan oleh kekurangan pada instrumen sendiri seperti kerusakan atau adanya bagian-bagian yang aus dan pengaruh lingkungan terhadap peralatan.
c. Kesalahan-kesalahan yang tidak disengaja, yaitu kesalahan yang diakibatkan oleh penyebab-penyebab yang tidak dapat langsung

C. *Analog to Digital Converter* (ADC) 0809

ADC 0809 merupakan IC ADC dengan keluaran 8 bit yaitu 2^{-1} (MSB) sampai 2^{-8} (LSB), dan dengan 8 buah masukan sinyal analog yaitu IN0 sampai IN7 yang dapat dipilih secara digital dengan memasukkan nilai alamat (ADD A – ADD C) yang diinginkan selayaknya sebuah multiplexer.

Dual-In-Line Package



Order Number ADC0808CCN or ADC0809CCN
See NS Package J28A or N28A

Gambar 2.1 Konfigurasi pin IC ADC 0809 [2)]

Adapun fungsi kaki-kaki (pin) ADC 0809 :

- IN0 – IN7 adalah fasilitas 8 masukan tegangan analog yang dapat

- 2^{-1} MSB – 2^{-8} LSB adalah keluaran dari ADC 0809 yang berupa kode digital 8 bit.
- ADD A, ADD B, ADD C adalah masukan 3 bit kode alamat untuk memilih masukan analog yang akan diproses.
- START adalah masukan aktif tinggi agar ADC memulai pengubahan.
- EOC adalah keluaran untuk mengetahui hasil dari sebuah pengubahan, selama proses pengubahan berlogika rendah, jika sudah selesai berlogika tinggi.
- OE (Output Enable) adalah masukan aktif tinggi untuk membuka penahan keluaran sehingga dapat dibaca.
- CLOCK adalah masukan pewaktu (timing) bagi ADC 0809.
- V_{REF} (+) adalah masukan untuk mengatur tegangan kerja atas ADC 0809.
- V_{REF} (-) adalah masukan untuk mengatur tegangan kerja bawah ADC 0809.
- Vcc adalah masukan untuk mengatur tegangan catu daya ADC 0809.

Pengubah analog ke digital merupakan aspek yang sangat penting dalam pemrosesan data digital. Proses pengubahan suatu sinyal analog ke dalam sinyal digital ekivalennya dilaksanakan dengan menggunakan ADC. Sebagai contoh pengubah A/D digunakan untuk mengubah sinyal-sinyal keluaran analog dari tranduser (yang mengukur suhu, tekanan, getaran dan sebagainya) ke dalam sinyal digital ekivalennya. Dengan demikian sinyal-sinyal ini akan berada dalam bentuk

yang sesuai untuk dimasukkan ke dalam suatu sistem digital. Pengubah A/D seringkali disebut sebagai piranti pengkode karena digunakan untuk mengkodekan sinyal-sinyal yang akan dimasukkan ke dalam suatu sistem digital.

Ada metode yang dapat digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yaitu *Metode Succesive Approximation ADC* yang mempunyai kemampuan mengkonversi lebih cepat dari *digital-ramp* dan waktu konversinya bernilai tetap, tidak tergantung pada nilai masukan analog.

Ketelitian dan Resolusi ADC

Karena pengubah A/D atau juga ADC merupakan suatu sistem simpal tertutup yang mencakup baik sistem analog maupun digital, ketelitian keseluruhan harus mencakup kesalahan-kesalahan dari posisi analog maupun digital. Dalam menentukan ketelitian keseluruhan, cara yang termudah adalah memisahkan kedua sumber kesalahan tersebut.

Jika diasumsikan bahwa semua komponen beroperasi sebagaimana mestinya, sumber kesalahan digital hanya ditentukan oleh resolusi sistem. Dalam mendigitalisasi suatu tegangan analog, biasanya langkah yang harus dilakukan adalah mengupayakan untuk suatu tegangan analog kontinue dengan seperangkat bilangan ekivalennya. Bila peringkat-peringkat digital diubah kembali ke dalam bentuk analog oleh rangkaian tangga, keluarannya adalah bentuk gelombang tangga. Bentuk gelombang ini merupakan representasi tegangan masukan namun jelas bukan merupakan suatu sinyal tak-kontinue yang tersusun atas sejumlah jenjang-jenjang diskrit. Dalam berupaya untuk mereproduksi sinyal masukan

analog, hal terbaik yang dapat dilakukan adalah menggunakan jenjang yang paling mendekati tegangan masukan dalam amplitudonya.

Kenyataannya adalah jenjang-jenjang pada tegangan tangga mengakibatkan timbulnya kesalahan dalam sistem. Jenjang digital terkecil atau *kuantum*, berkaitan dengan LSB dan hanya dapat terkecil dengan meningkatkan banyaknya bit dalam pencacah. Kesalahan yang merupakan pembawaan seringkali disebut kesalahan kuantisasi dan pada umumnya sebesar +1 bit.

Sumber utama kesalahan analog adalah dalam pengubah A/D kemungkinan besar adalah pembanding. Sumber-sumber kesalahan lainnya adalah tahanan-tahanan dalam tangga , kerut (*ripple*) pada penyedia tegangan acuan serta derau. Namun demikian, pada umumnya semua ini dapat dianggap sumber kesalahan sekunder dibandingkan kesalahan dalam pembanding.

Sumber-sumber kesalahan terpusat disekitar perubahan-perubahan titik perpindahan DC. Titik perpindahan DC adalah perbedaan antara peringkat-peringkat tegangan masukan yang mengakibatkan keluaran berubah keadaan. Perubahan-perubahan titik perpindahan terutama diakibatkan oleh *offset* (pengimbangan), penguat dan linieritas penguat yang digunakan dalam pembanding. Parameter-parameter ini pada umumnya sedikit berubah dengan berubahnya peringkat-peringkat tegangan masukan dan seringkali juga dengan berubah temperaturnya. Perubahan ini yang mengakibatkan kesalahan analog

D. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan bentuk minimum dari sebuah mikro komputer, ada perangkat kerasnya dan ada perangkat lunaknya, juga ada memori, CPU, RAM, ROM dan lain sebagainya yang terintegrasi dalam keping IC. Sebagai teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan ruang yang kecil serta dapat diproduksi secara massal membuat harga mikrokontroler lebih murah. Hal ini yang menyebabkan mikrokontroler dapat memenuhi kebutuhan pasar yang lebih baik dan canggih. Tidak seperti komputer yang mampu menangani berbagai macam program aplikasi, mikrokontroler hanya bisa digunakan untuk suatu aplikasi tertentu saja, hanya satu program saja yang dapat disimpan.

Perbedaan lain terletak pada perbandingan RAM dan ROM. Pada sistem komputer perbandingan RAM dan ROM besar, artinya program-program pengguna disimpan dalam ruang RAM yang relatif besar sedangkan rutin-rutin antarmuka perangkat keras disimpan dalam ruang ROM yang kecil. Sedangkan pada mikrokontroler, perbandingan ROM dan RAM nya yang besar, artinya program kontrol disimpan dalam ROM yang ukurannya relatif lebih besar, sedangkan RAM digunakan sebagai tempat penyimpan data sementara, termasuk register-register yang digunakan pada mikrokontroler yang bersangkutan. Dengan demikian dalam aplikasinya mikrokontroler dapat digunakan sebagai pengganti komputer dalam menjalankan berbagai macam aplikasi.[3)]

[3)] Agfianto Eko Putra, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55*, Gava Media, Yogyakarta, 2004, hal

Mikrokontroler ATMEL AT89S51 merupakan sebuah Mikrokontroler CMOS 8 bit dengan memori 4-kbyte EPROM *(Programmable and Erasable Read Only Memory)*, yaitu sebuah IC mikrokontroler yang memorinya dapat dihapus dan dapat diisi program baru lagi secara berulang -ulang.

Mikrokontroler AT89S51 memiliki beberapa keunggulan standar :

a. Memori PEROM 4-kbyte

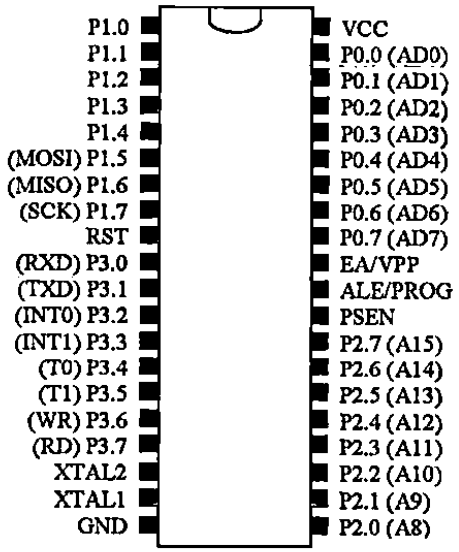
b. Memori RAM 128-byte

c. 32 *line* I/O

d. 16-bit *timer/counter*

e. Transfer data yang sifatnya *fullduplex serial port*

f. Pada *chip* terdapat rangkaian osilator dan *clock*



Gambar 2.2. Diagram pin dari mikrokontroler AT89S51.[4)]

[4)] http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2487.pdf

Fungsi-fungsi kaki (PIN)

- VCC : *Supply* tegangan
- GND : *Ground* atau pentanahan
- RST : *Reset*
- ALE/PROG : Keluaran ALE (*Address Latch Enable*) menghasilkan pulsa-pulsa untuk mengancing *byte* rendah (*low byte*) alamat selama mengakses memori eksternal. Pin ini juga berfungsi sebagai masukan pulsa program atau PROG selama pemrograman flash.
- PSEN : PSEN (*Program Store Enable*) merupakan sinyal baca untuk memori program eksternal.
- EA/Vpp : EA/Vpp (*Eksternal Akses Enable*) harus selalu dihubungkan ke ground jika mikrokontroler akan mengeksekusi program dari memori eksternal. EA harus dihubungkan ke VCC jika mikrokontroler akan mengeksekusi program dari memori internal.
- X-TAL 1 : Masukan ke penguat osilator pembalik dan masukan ke rangkaian pengoperasian *clock internal*.
- X-TAL 2 : Keluaran dari penguat pembalik osilator.

Spesifikasi Port

Pada Mikrokontroler AT89S51 terdapat 4 buah port I/O yang dapat digunakan dalam pengisian program dan pengoperasian alat. Masing-masing port

1. Port 0

Port 0 merupakan port keluaran/masukan bertipe *open drain bidirectional.* Sebagai port keluaran, masing-masing kaki dapat menyerap arus *(sink)* 8 masukan TTL (sekitar 3.8 mA). Pada saat "1" dituliskan ke kaki port 0 ini, maka kaki-kaki port 0 ini dapat digunakan sebagai masukan berimpedansi tinggi.

Port 0 juga dikonfigurasikan sebagai bus alamat/data bagian rendah *(low byte)* selama proses pengaksesan memori data dan dan program eksternal.jika digunakan dalam mode ini port 0 memiliki *pullup internal* (tapi lemah).

Port 0 juga menerima kode-kode yang dikirimkan kepadanya selama proses pengisian program dan mengeluarkan kode-kode selama proses verifikasi program yang telah tersimpan dalam *flash.* Dalam hal ini dibutuhkan *pullup eksternal* selama proses verifikasi program.

2. Port 1

Port 1 merupakan port I/O dwi-arah yang dilengkapi dengan *pullup internal.* Penyangga keluaran port 1 mampu memberikan/menyerap arus 4 masukan TTL (sekitar 1.6 mA).

Jika "1" dituliskan ke kaki-kaki port 1, maka masing-masing kaki akan *di-pulled high* dengan *pullup internal* sehingga dapat digunakan sebagai masukan. Sebagai masukan, jika kaki-kaki port 1 dihubungkan ke *ground (di-pulled low),* maka masing-masing kaki akan memberikan arus *(source)* karena *di-pulled high* secara internal. Port 1 juga menerima alamat bagian rendah *(low byte)* selama pengisian program dan verifikasi *flash*

3. Port 2

Port 2 merupakan port I/O dwi-arah yang dilengkapi dengan *pullup internal.* Penyangga keluaran port 2 mampu memberikan/menyerap arus 4 masukan TTL (sekitar 1.6 mA).

Jika "1" dituliskan ke kaki-kaki port 2, maka masing-masing kaki akan *di-pulled high* dengan *pullup internal* sehingga dapat digunakan sebagai masukan. Sebagai masukan, jika kaki-kaki port 2 dihubungkan ke *ground (di-pulled low),* maka masing-masing kaki akan memberikan arus *(source)* karena *di-pulled high* secara *internal.*

Port 2 akan memberikan byte alamat bagian tinggi (high byte) selama pengambilan instruksi dari memori *eksternal* dan selama pengaksesan memori data *eksternal* yang menggunakan perintah dengan alamat 16-bit.

4. Port 3

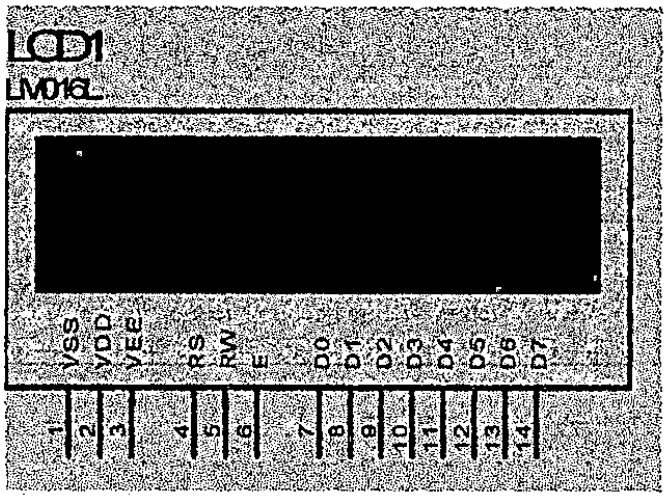
Port 3 merupakan port I/O dwi-arah yang dilengkapi dengan *pullup internal.* Penyangga keluaran port 3 mampu memberikan/menyerap arus 4 masukan TTL (sekitar 1.6 mA).

Jika "1" dituliskan ke kaki-kaki port 2, maka masing-masing kaki akan *di-pulled high* dengan *pullup internal* sehingga dapat digunakan sebagai masukan. Sebagai masukan, jika kaki-kaki port 2 dihubungkan ke *ground (di-pulled low),* maka masing-masing kaki akan memberikan arus *(source)* karena *di-pulled high*

Port 3 sebagaimana port 1, memiliki fungsi-fungsi alternatif, antara lain menerima sinya-sinyal kontrol (p3.6 dan p3.7), bersama-sama port 2 (p2.6 dan p2.7) selama program dan verifikasi *flash*. (Agfianto, 2004)

E. LCD 16x2

LCD *(Liquid Crystal Display)* merupakan alat yang digunakan untuk menampilkan suatu karakter huruf atau angka tertentu. 16x2 menunjukkan banyaknya karakter yang dapat ditampilkan oleh LCD tersebut, jika 16x2 maka terdapat 2 larik karakter atas dan bawah sebanyak 16x2 karakter, jadi dapat ditampilkan 32 buah karakter yang dibagi 16 karakter pada bagian atas dan 16 karakter pada bagian bawah.



Gambar 2.3. LCD 16x2 [5)]

Adapun fungsi dari kaki-kaki LCD tersebut adalah :

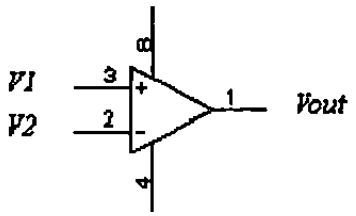
- VSS : *Ground*
- VDD : *Supply* tegangan 5 volt

[5)] http://www.vishay.com/docs/37217/016m002b.pdf

- VEE : *Supply LCD Drive* (untuk mangatur kontras LCD)
- RS : *Register Select (high = data, low = instruksi)*
- RW : *Read/Write Signal (high = read, low = write)*
- E : *Enable Clock LCD* (logika 1 setiap kali pengiriman atau pembacaan data)
- D0 – D7 : *Data Bus*

F. Operasional *Amplifier*

Operational amplifier atau Op-Amp adalah suatu rangkaian terpadu yang terdiri atas beberapa komponen aktif rangkaian elektronika. Op-Amp dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan di bidang elektronika. Terdapat banyak tipe Op-Amp yang masing-masing mempunyai keunggulan untuk rangkaian tertentu. Simbol dari Op-Amp diberikan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Simbol dan konfigurasi kaki-kaki Op-Amp

Jika pada V_1 diberikan sinyal sedangkan V_2 dihubungkan ke pentanahan, maka bentuk outputnya (V_{out}) akan sefase dengan input. Tetapi jika pada V_2 diberikan sinyal dan V_1 dihubungkan ke pentanahan, maka fase V_{out} akan berlawanan (berbeda fase 180°). Oleh karena itu terminal V_1 disebut sebagai

terminal *non inverting*, sedangkan terminal V_2 disebut terminal *inverting* (pembalik).

Op-Amp dapat dikatakan ideal apabila memenuhi karakteristik pokok sebagai berikut:

1. Faktor penguatannya sangat besar (tak berhingga)
2. Impedansi inputnya sangat besar
3. Impedansi outputnya sangat kecil (sama dengan nol)
4. Tegangan *offset*-nya nol
5. *Bandwith* (lebar pita/jalur) tak berhingga
6. Tidak terpengaruh oleh perubahan temperatur
7. Waktu tanggap (respon) sama dengan nol
8. Tidak menimbulkan derau
9. Pada saat V_{in} sama dengan nol, maka V_{out} sama dengan nol pula
10. Faktor penguat *common mode* sama dengan nol

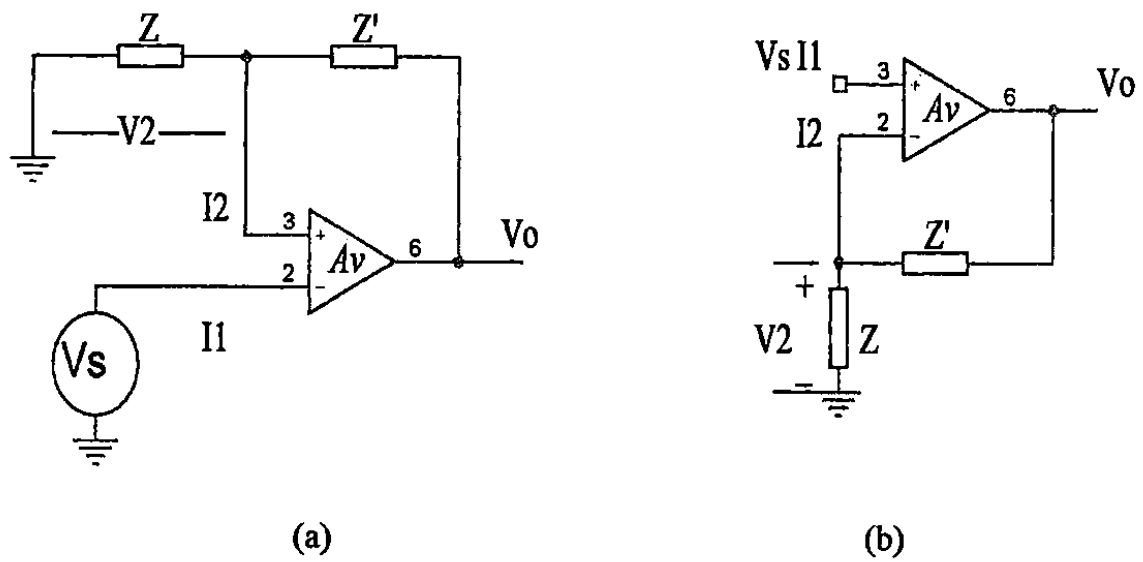
Tetapi dalam prakteknya, hal-hal bersifat ideal tersebut tidak akan tercapai karena keterbatasan dari bahan yang dipergunakan. Dengan demikian Op-Amp akan mempunyai batasan-batasan tertentu sehingga akan dijumpai adanya penyimpangan dari hasil yang diinginkan.

Penguat operasional (Op-Amp) merupakan suatu penguat berperolehan tinggi di kopel langsung, kemana umpan balik ditambahkan untuk mengendalikan karakteristik tanggapan keseluruhannya. Op-Amp digunakan untuk membentuk fungsi-fungsi linier yang bermacam, juga operasi operasi tak linier dan sering

Sejumlah besar penguat Op-Amp mempunyai sebuah masukan differensial dengan tegangan V_2 dan V_1 yang diberikan pada terminal pembalik (*inverting*) dan bukan pembalik (*noninverting*). Perolehan antara V_O dan V_1 positif (bukan pembalik/*noninverting*), sedangkan penguatan antara V_O/V_2 negatif (pembalik/*inverting*).

Suatu penguat dengan satu ujung dapat dianggap sebagai suatu peristiwa khusus, dimana salah satu terminal masuk dibumikan. Hampir semua Op-Amp hanya mempunyai satu terminal keluaran. Sangat sering dibutuhkan sebuah penguat yang mempunyai keluaran sefasa dengan masukan. Dalam rangkaian penyearah ini digunakan Op-Amp yang dirangkai sebagai bukan pembalik (*noninverting*) untuk sinyal dan terminal pembalik untuk umpan balik.

Bentuk ini adalah konfigurasi penguat umpan balik tegangan seri dengan tegangan umpan balik $V_f = V_o$. Untuk $I_b = 0$, faktor umpan balik sama dengan :



(a) (b)

Gambar 2.5. Penguat Op-Amp yang dirangkai *inverting* dan *noninverting*

Jika $A_V\beta$ » 1, maka :

$$A_{Vf} \approx \frac{1}{\beta} = \frac{Z+Z'}{Z} = 1 + \frac{Z'}{Z} \tag{2-5}$$

Hasil yang didapat dari persamaan diatas mungkin didapat tanpa melihat kembali keteori umpan balik. Karena bila potensial dari dua masukan sama, Vs = V_2 dan dari Gambar 2.5 (a) :

$$A_{Vf} \equiv \frac{Vo}{Vs} = \frac{Vo}{V_2} = \frac{Z+Z'}{Z} \tag{2-6}$$

Perhatikan, jika Z' « Z, sebagai contoh, jika Z merupakan rangkaian terbuka atau jika Z' dari sebuah hubungan singkat, maka A_{vf} = 1. Bentuk ini adalah sebuah pengikut tegangan (*voltage follower*) (Vo = Vs), yang mempunyai resistansi masukan yang tinggi sekali dan resistansi keluaran yang rendah.