BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Osiloskop

Osiloskop adalah alat ukur elektronika yang berfungsi memproyeksikan bentuk sinyal listrik agar dapat dilihat dan dipelajari. Pada awalnya osiloskop terdiri dari tabung sinar katode dan peranti pemancar elektron yang berfungsi untuk memproyeksikan sorotan elektron ke layar tabung sinar katode, sehingga sorotan elektron membekas pada layar dan dengan bantuan beberapa rangkaian khusus didalam osiloskop tersebut maka akan menyebabkan sorotan bergerak berulang-ulang dari kiri ke kanan layar. Pengulangan sorotan tersebutlah yang menyebabkan bentuk sinyal kontinyu pada layar sehingga sinyal tersebut dapat dilihat dan dipelajari.

Dalam bidang elektronika, perangkat osiloskop merupakan instrumen alat ukur yang memiliki posisi yang sangat vital mengingat sifatnya yang mampu menampilkan bentuk gelombang yang dihasilkan oleh rangkaian yang sedang diamati. Dewasa ini secara prinsip terdapat 2 (dua) tipe osiloskop, yakni osiloskop analog dan osiloskop digital. Masing-masing tipe osiloskop tersebut memiliki kelebihan dan keterbatasannya.

2.1.1 Osiloskop Analog

Osiloskop analog bekerja dengan cara menggambarkan bentuk-bentuk gelombang listrik melalui gerakan pancaran elektron (*electron beam*) dalam

sebuah tabung sinar katode yang berjalan dari kiri ke kanan. Pancaran elektron yang dipancarkan oleh bagian *electron gun* akan membentur dinding layar tabung sinar katode sehingga elektron pada lapisan fosfor layar akan ter-eksitasi dan mengakibatkan perpendaran atau nyala pada layar, hal tersebutlah yang akan menjadi gambar bentuk dasar gelombang yang di ukur oleh osiloskop.

Pada osiloskop analog, pembetuk gelombang yang akan ditampilkan pada layar diatur oleh sepasang lapisan pembelok (*deflector plate*) secara vertikal maupun secara horizontal, pembelokan pancaran elektron dilakukan oleh lapisan tersebut dimana ketika lapisan pembelok tersebut diberi sebuah tegangan tertentu maka akan mengakibatkan pancaran elektron berbelok dengan harga tertentu pula. Sebagai contoh apabila tegangan pada semua pelat tersebut adalah 0 (nol) Volt, maka pancaran elektron akan bergerak lurus membentur layar sehingga pada layar hanya akan terlihat sebuah nyala titik ditengah layar. Pengaturan tegangan pada lapisan pembelok tersebut akan berkaitan terhadap pengaturan *Time/Div* untuk lapisan pembelok horizontal, dan berkaitan terhadap pengaturan *Volt/Div* untuk lapisan pembelok vertikal.

Cahaya yang dihasilkan oleh fosfor mempunyai waktu hidup yang sangat pendek setelah pancaran elektron berlalu. Untuk fosfor yang sering digunakan pada tabung sinar katode (CRT) adalah jenis P31, dimana fosfor jenis tersebut untuk cahaya yang dihasilkan akan turun hingga ke suatu harga yang masih dapat dilihat dengan nyaman dalam ruang yang bercahaya sedang dalam waktu 38 mikrodetik. Jika laju pancaran elektron untuk meng-eksitasi ulang terjadi dibawah 1/38 mikrodetik atau sekitar 26 kHz, maka akan terjadi penurunan cahaya secara dramatis pada layar.

Kedipan (*flicker*) merupakan suatu fenomena lain yang membatasi kinerja CRT. Jika laju eksitasi ulang jatuh dibawah harga minimum tertentu, umumnya sekitar 15 sampai 20 Hz, maka akan terjadi kedipan yang mengakibatkan peragaan di layar akan tampak nyala dan padam secara bergantian.

2.1.2 Osiloskop Digital

Jika pada osiloskop analog gelombang yang ditampilkan pada layar langsung diberikan dari rangkaian lapisan pembelok pancaran elektron vertikal sehingga berkesan "*real time*", maka pada osiloskop digital gelombang yang akan ditampilkan terlebih dahulu melalui tahap *sampling* (pencuplikan sinyal) dan kemudian data hasil *sampling* tersebut diolah secara digital. Osiloskop digital menyimpan nilai-nilai tegangan hasil *sampling* tersebut bersama dengan skala waktu gelombangnya pada memory sementara sebelum kemudian ditampilkan. Pada prinsipnya osiloskop digital bekerja dengan cara mencuplik sinyal (*sampling*), menyimpan data, memproses data, kemudian menampilkan data hasil pemrosesan dan kemudian akan berulang kembali seperti itu.

Osiloskop digital mempunyai 2 (dua) cara untuk mencuplik sinyal masukan, yakni dengan cara *single shot* atau *real time sampling*. Dengan kedua teknik ini, osiloskop memperoleh semua cuplikan sinyal dengan satu *event* picu. Sayangnya laju cuplik osiloskop digital akan membatasi lebar pita (*bandwidth*) osiloskop ketika beroperasi dalam waktu nyata (*realtime*). Secara teori osiloskop digital membutuhkan masukan dengan minimal 2 (dua) cuplikan per periode sinyal (gelombang) untuk merekonstruksi suatu bentuk gelombang. Namun pada

praktiknya, 3 (tiga) atu lebih cuplikan setiap periode gelombang akan memberikan akurasi akuisisi yang lebih baik.

Apabila proses pencuplikan sinyal tidak dapat sama cepat dengan sinyal masukan yang disamplingnya, maka osiloskop tidak akan dapat mengumpulkan suatu jumlah yang cukup untuk merekonstruksi bentuk sinyal yang dicupliknya sehingga akan berakibat menghasilkan suatu peragaan yang lain dari bentuk gelombang aslinya.

Dengan menggunakan metode alternatif lain yakni menggunakan *equivalent-time sampling* osiloskop digital secara akurat dapat menangkap sinyal-sinyal yang sifatnya repetitif. Dengan menggunakan teknik ini, osiloskop digital menerima cuplikan-cuplikan pada banyak *event-event* picu yang kemudian secara berangsur-angsur merekonstruksi keseluruhan bentuk gelombangnya. Namun hal ini hanya dapat diterapkan pada *bandwidth analog* pada frekuensi tertentu saja.

Pada umumnya osiloskop digital baik menggunakan teknik *realtime* maupun *equivalent time sampling* tetap akan mencuplik sinyal pada laju maksimum tanpa mengacu terhadap berapa dasar waktu (*time base*) yang digunakan.

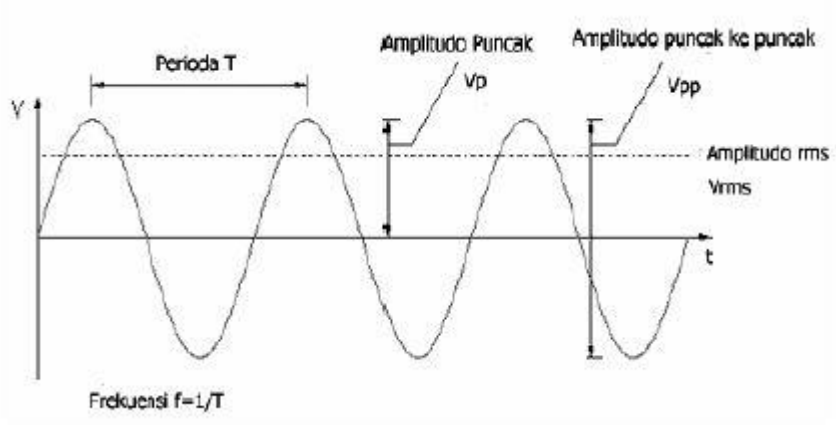
2.2 Konsep Dasar Sinyal

Sinyal merupakan besaran fisis fungsi waktu yang berisikan informasi. Sinyal biasanya rentan terhadap gangguan dan interferensi dari sinyal-sinyal lain baik dari dalam sistem maupun dari luar sistem. Dalam dunia elektronika terdapat 2 (dua) jenis sinyal yang secara umum dikenal, yaitu :

1. sinyal analog, dan
2. sinyal digital

Kedua sinyal tersebut memiliki karakteristik masing-masing, dan dalam penggunaannya pun berbeda antara satu dengan yang lainnya, karena masing-masing sinyal tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan sesuai dengan media transmisi dan jenis komunikasi yang digunakannya.

2.2.1 Sinyal Analog



Gambar 2.1 Sinyal Analog

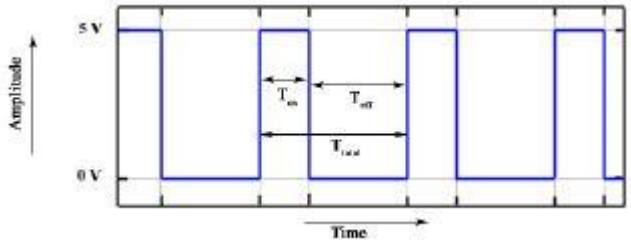
Sinyal analog adalah sinyal data dalam bentuk gelombang yang bersifat kontinyu, yang membawa informasi dengan mengubah karakterisitik gelombang. Dua parameter/karakteristik terpenting yang dimiliki oleh gelombang isyarat analog adalah amplitudo dan frekuensi. Isyarat analog ini biasanya dinyatakan dengan gelombang sinus, mengingat gelombang sinus merupakan dasar untuk

semua bentuk isyarat analog. Gelombang pada sinyal analog umumnya berbentuk gelombang sinus yang memiliki 3 (tiga) variabel dasar, yaitu :

1. **amplitudo** merupakan ukuran tinggi rendahnya tegangan dari sinyal analog,
2. **frekuensi** adalah jumlah gelombang sinyal analog dalam satuan detik, dan
3. **fasa** adalah besar sudut sinyal analog pada saat-saat tertentu.

2.2.2 Sinyal Digital

Sinyal digital merupakan sinyal data dalam bentuk pulsa yang dapat mengalami perubahan yang tiba-tiba dan mempunyai harga “0” (logika *low*) dan “1” (logika *high*). Sinyal digital hanya memiliki 2 (dua) keadaan, yaitu “0” dan “1”, sehingga tidak mudah terpengaruh oleh derau (*noise*). Pada umumnya sinyal digital disebut juga sebagai sinyal diskrit. Karena sinyal digital hanya memiliki dua keadaan saja maka nilai sinyal digital ini biasanya disebut juga dengan bit. Bit merupakan istilah khas pada sinyal digital. Kemungkinan nilai untuk sebuah bit adalah 2 buah, dan kemungkinan nilai untuk 2 (dua) bit adalah 4 buah (00, 01, 10, dan 11). Secara umum jumlah kemungkinan yang dapat terbentuk dari suatu kombinasi *n* bit adalah sebesar 2*n* buah.



Gambar 2.2 Sinyal Digital

Sistem sinyal digital merupakan hasil pencuplikan dari sinyal analog. Sinyal digital pada dasarnya di kode-kan kedalam bentuk biner atau kedalam bentuk hexadecimal. Besar nilai suatu sinyal digital dibatasi oleh lebar pita *(bandwidth)* data atau jumlah bit yang digunakannya. Semakin besar jumlah bit yang digunakan maka nilai pembacaan hasil *sampling* akan semakin akurat.

Berikut merupakan beberapa keistimewaan dari sistem sinyal digital yang tidak dimiliki oleh sistem sinyal analog yaitu :

1. mampu mengirimkan informasi dengan kecepatan tinggi,
2. penggunaan yang berulang-ulang terhadap informasi tidak akan mempengaruhi kualitas informasi itu sendiri,
3. informasi dapat dengan mudah diproses dan dimodifikasi kedalam bentuk lain,
4. dapat memproses informasi dalam jumlah besar dan dapat mengirimkannya secara interaktif antar sistem, dan
5. lebih kebal terhadap noise.

Dari keistimewaan maka sistem sinyal digital lah yang biasanya digunakan pada perangkat-perangkat modern masa kini seperti : *mikrokontroler*,

mikroprosesor, komputer, *handphone*, dan perangkat lainnya. Agar sinyal analog dapat diolah secara digital oleh perangkat-perangkat tersebut, maka besaran sinyal analog harus terlebih dahulu dikonversikan ke dalam besaran sinyal digital dengan menggunakan perangkat ADC (*Analog to Digital Converter*).

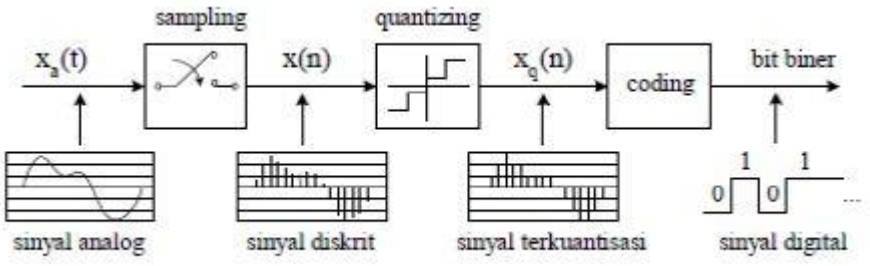
2.3 ADC (*Analog to Digital Converter)*

Analog to Digital Converter atau yang biasa disebut dengan ADC merupakan suatu rangkaian yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Dengan menggunakan ADC, kita dapat mengamati perubahan sinyal-sinyal seperti sinyal suara, sinyal radar, sinyal sonar, dan berbagai sinyal-sinyal lain yang merupakan sinyal analog. Hal yang paling penting dari suatu rangkaian ADC adalah resolusi, yaitu besaran analog terkecil yang dapat dikonversikan menjadi satuan digital.

Untuk memproses sinyal analog dengan perangkat digital, pertama-tama perlu mengkonversikan terlebih dahulu dari besaran analog kedalam besaran digital yaitu dengan mengkonversi menjadi suatu deret angka yang mempunyai presisi terbatas yang dilambangkan kedalam bentuk biner. Prosedur ini dinamakan konversi analog-ke-digital (*A/D converter*).

Sebuah sinyal mengandung informasi tentang amplitudo, frekuensi dan sudut fasa. Untuk mendapatkan informasi tersebut dari sebuah sinyal menggunakan perangkat analog adalah rumit dan kurang akurat. Oleh karena itu biasanya untuk memprosesnya digunakan metode pengolahan secara digital. Agar sinyal digital yang didapatkan cukup akurat untuk dapat dikembalikan menjadi

sinyal analog maka perlu diperhatikan jumlah cuplikan (*sampling*) oleh perangkat ADC dan besarnya angka yang dipakai untuk mewakili tiap cuplikannya.



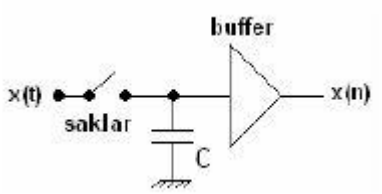
Gambar 2.3 Proses Konversi Sinyal Analog ke Digital

Secara umum proses pengkonversian sinyal terbagi menjadi 3 (tiga) langkah seperti yang digambarkan pada Gambar 2.3 yaitu :

1. pencuplikan (*sampling*),
2. kuntisasi (*quantizing*), dan
3. pengkodean (*coding*).

2.3.1 *Sampling* (Pencuplikan)

Proses pencuplikan secara sederhana ditunjukkan oleh Gambar 2.4. Apabila saklar ditutup sebentar kemudian dibuka kembali maka kapasitor C akan terisi muatan yang sama besar dengan besar sinyal x(t) saat saklar ditutup. Rangkaian *buffer* ditambakan agar muatan pada kapasitor tetap terjaga ketika sedang digunakan oleh proses yang berikutnya.



Gambar 2.4 Pencuplikan Sinyal

Secara matematis proses konversi suatu sinyal analog waktu-kontinyu x*n*(t) menjadi sinyal waktu-diskrit yang bernilai kontinyu x(n) diperoleh dengan cara mengambil "cuplikan" sinyal waktu-kontinyu pada saat waktu diskrit. Sehingga dapat dipresentasikan kedalam persamaan :

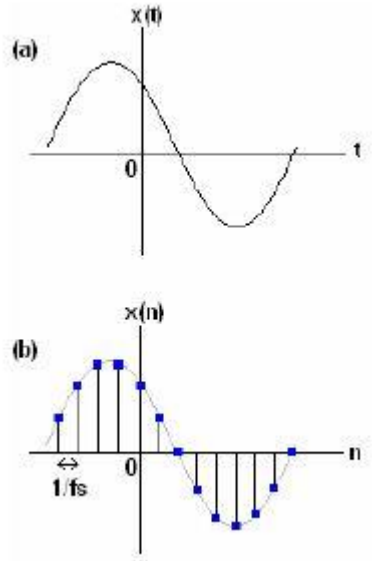
$$x_a(t) = x_a(t)|_{t=nT} = x_a(nT) = x_a\left({}^{n}/_{f_s}\right) \Rightarrow x(n) \qquad (2.1)$$

Dimana :

T = interval pencuplikan (detik)

Fs = laju pencuplikan (Hz) = 1/T

n = bilangan bulat, $-\infty < n < \infty$



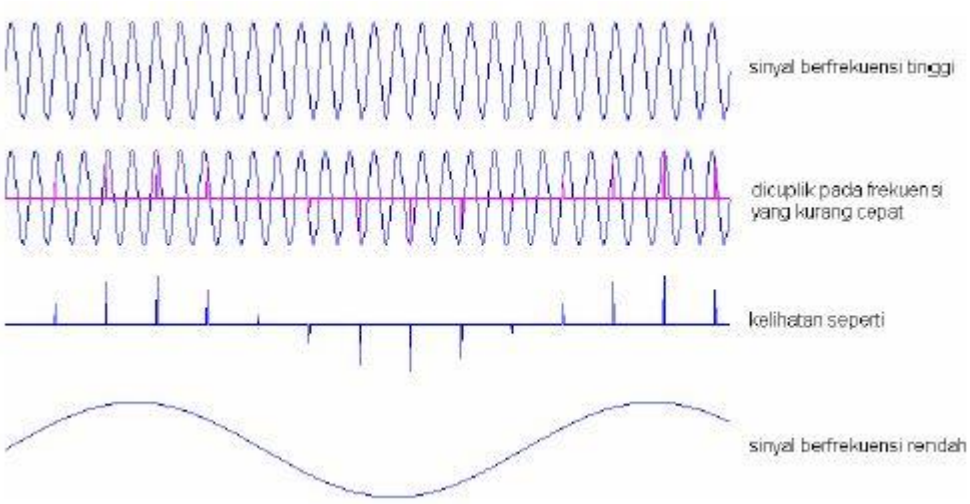
Gambar 2.5 Proses Penculpikan. (a) Sinyal Analog, (b) Proses Pencuplikan Sinyal

2.3.2 Kaidah Pencuplikan Sinyal

Kecepatan pengambilan sampel sinyal (pencuplikan) dari sinyal analog yang akan dikonversi haruslah memenuhi kriteria *Nyquist* yaitu :

$$f_s > 2f_{in\,max} \tag{2.2}$$

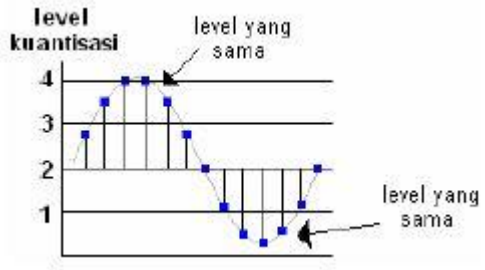
Dimana frekuensi *sampling* (Fs) minimum adalah 2 (dua) kali frekuensi sinyal analog maksimum yang akan dikonversikan (Finmax). Misalnya apabila sinyal analog yang akan dikonversi mempunyai frekuensi sebesar 100 Hz maka frekuensi *sampling* dari ADC minimal 200 Hz. Atau bila dibalik, apabila frekuensi *sampling* ADC sebesar 200 Hz maka sinyal analog yang akan dikonversi harus mempunyai frekuensi maksimum sebesar 100 Hz. Apabila kriteria *Nyquist* ini tidak dipenuhi maka akan timbul efek yang disebut *aliasing* karena frekuensi tertentu terlihat sebagai frekuensi yang lain.



Gambar 2.6 *Aliasing* Sinyal Karena Tidak Sesuai dengan Kaidah Pencuplikan Sinyal

2.3.3 Kuantisasi (*Quantizing)*

Sinyal digital merupakan sebuah deretan angka hasil pencuplikan yang diwakili oleh beberapa digit dengan jumlah tertentu yang menentukan keakuratan pencuplikan sinyal. Proses melakukan konversi sinyal yang telah dicuplik menjadi sinyal digital yang diwakili oleh sebuah nilai dengan jumlah digit tertentu disebut dengan kuantisasi.



Gambar 2.7 Proses Kuantitasi

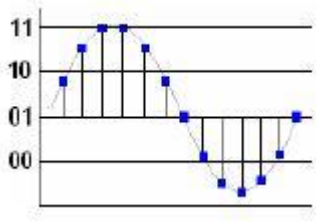
Gambar 2.7 menunjukan contoh proses kuantisasi yang menggunakan empat level. Pada gambar tersebut terdapat 4 buah sinyal yang menempati level yang sama, yang artinya keempat sinyal tersebut dikelompokkan kedalam level yang sama walaupun pada sinyal yang sebenarnya terdapat perbedaan meski perbedaan tersebut tidak terlalu jauh. Selisih antara nilai kuantisasi dengan sinyal sebenarnya disebut dengan galat kuantisasi (*quantization error*). Dimana galat tersebut dapat ditunjukkan pada persamaan (2.3).

$$e_q = x_q(n) - x(n) \tag{2.3}$$

Jarak antar level kuantisasi tersebut dinamakan resolusi. Sebagai contoh apabila suatu peranti ADC memiliki resolusi 10-bit, maka level kuantisasi dari rentang tegangan maksimum peranti ADC hingga teganan minimumnya tersebut terdapat 1023 level. Kuantisasi merupakan proses yang tidak dapat dibalik sehingga menyebabkan distorsi sinyal yang tidak dapat diperbaiki. Untuk mengurangi galat kuatisasi tersebut maka hal yang perlu dilakukan adalah dengan memilih peranti ADC yang memiliki tingkat resolusi yang tinggi sehingga akan memiliki level kuantisasi yang lebih banyak lagi.

2.3.4 Pengkodean (*coding)*

Proses pengkodean dalam peranti ADC menetapkan bilangan biner tertentu pada setiap level kuantisasi. Bila terdapat level kuantisasi sejumlah *N*, maka bilangan biner yang diperlukan setidaknya $2^b \geq N$.



Gambar 2.8 Proses Pengkodean

Pada Gambar 2.8 terdapat 4 (empat) level kuantisasi, sehingga pengkodean yang dibutuhkan hanya 2-bit, dimana dari 2-bit tersebut akan didapatkan 4 keadaan yaitu : 00, 01, 10, 11.

2.4 *Attenuator*

Rangkaian *atteuator* atau sering disebut rangkaian pelemahan sinyal ini berfungsi untuk sebagai pelemah atau penurun level sinyal listri dari suatu output rangkaian. Disamping sebagai pelemah sinyal, *attenuator* juga dapat digunakan sebagai penyesuai (matching) impedansi. Sebagai rangkaian penyesuai impedansi, diharapkan kedua tipe ini dapat selalu mengikuti perubahan-perubahan besarnya impedansi keluaran (out put). Rangkaian *attenuator* berfungsi untuk melemahkan sinyal masukan, sehingga sinyal dipastikan tidak melebihi kemampuan pembacaan oleh ADC mikrokontroler, karena apabila tegangan sinyal masukan melebihi kemampuan tegangan masukan untuk ADC maka dapat merusak ADC pada mikrokontroler.

Rangkaian *attenuator* pada prinsipnya bekerja selayaknya resistor pembagi tegangan, dimana sinyal masukan akan dilemahkan sehingga sinyal yang tadinya

memiliki amplitudo yang besar akan dilemahkan pada sisi tersebut. Karena ADC mikrokontroler hanya dapat bekerja pada rentang tegangan 0 hingga 5 Volt, maka diperlukan juga sebuah rangkaian penggeser nilai offset, dimana hal tersebut akan menggesser sinyal yang berada dibagian tegangan negatif untuk naik ke bagian positif (tegangan dibuat lebih besar dari 0 Volt) karena biasanya sinyal analog memiliki amplitudo simetris di daerah positif dan negatif. Rangkaian attenuator ini terdapat dimasing-masing sinyal masukan pada kedua kanal yang disediakan di sistem tersebut.

2.5 Op-Amp (*Operasional Amplifier)*

Operasional amplifier atau yang biasa disebut sebagai op-amp merupakan sejenis IC yang di dalamnya terdiri dari beberapa komponen pasif seperti transistor, resistor, dan dioda yang telah didesain sedemikian rupa sehingga menjadi sebuah komponen yang dapat digunakan untuk berbagai macam fungsi.

Beberapa aplikasi op-amp yang sering digunakan diantaranya rangkaian dasar penguat diferensial, rangkaian *buffer* sinyal, rangkaian penguat tak-membalik (*non-inverting amplifier*), rangkaian penguat membalik (*inverting amplifier*) dan rangkaian penjumlah (*adder*).

Op-amp memiliki 2 (dua) rangkaian umpan balik (*feedback*) yaitu rangkaian *feedback* positif dan rangkaian *feedback* negatif, rangkaian *feedback* negatif memiliki peranan yang sangat penting karena rangkaian tersebut dapat

menghasilkan penguatan yang dapat terukur sedangkan rangkaian *feedback* positif dapat menghasilkan osilasi (sinyal yang berosilasi).

2.5.1 Op-amp Ideal

Pada dasarnya op-amp adalah sebuah penguat diferensial (*differential amplifier*) yang memiliki 2 (dua) masukan yaitu masukan membalik (*inverting input*) dan masukan tak-membalik (*non-inverting input*). Op-amp yang ideal seharusnya memiliki penguatan loop terbuka (*open loop gain*) yang tak terhingga besarnya. Penguatan yang sangat besar tersebut membuat op-amp menjadi tidak stabil, dan penguatan yang keluarnya pun mejadi tidak terukur (*infinite*). Maka diperlukanlah peran rangkaian *feedback* negatif, sehingga op-amp dapat dirangkai menjadi aplikasi dengan nilai penguatan yang terukur (*finite*).

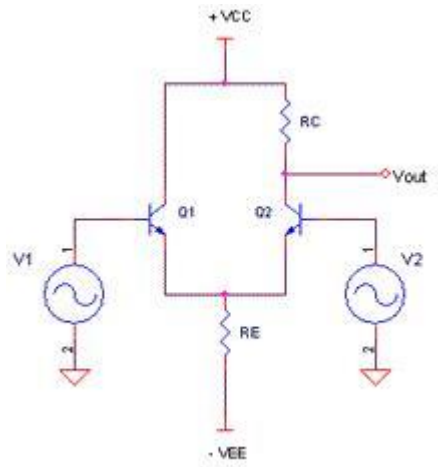
Impedansi masukan op-amp yang ideal seharusnya memiliki besar impedansi yang tak terhingga sehingga arus yang masuk kedalam rangkaian op-amp tersebut sekitar ~0 Volt. Sebagai contoh jenis op-amp LF-353 memiliki besar impedansi masukan sebesar 10^{12} Ohm. Nilai impedansi tersebut relatif sangat besar sehingga arus masukan terhadap op-amp LF-353 sangatlah kecil.

Terdapat 2 (dua) aturan penting dalam melakukan analisis terhadap rangkaian op-amp berdasarkan karakteristik op-amp ideal. Dalam beberapa literatur, aturan ini dinamakan sebagai *golden rule* yang isinya adalah sebagai berikut :

1. perbedaan tegangan antara tegangan V+ dan V- pada op-amp adalah nol (V+ - V- = 0 atau V+ = V-)
2. arus pada rangakaian masukan op-amp adalah nol (i+ = i- = 0).

2.5.2 Karakteristik Dasar Op-amp

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa pada dasarnya op-amp merupakan penguat diferensial (*differential amplifier*) dimana op-amp juga memiliki 2 (dua) unit masukan yaitu masukan pembalik (*inverting input*) dan masukan tak-membalik (*non-inverting input*). Rangkaian dasar dari penguat diferensial adalah sebagai berikut.



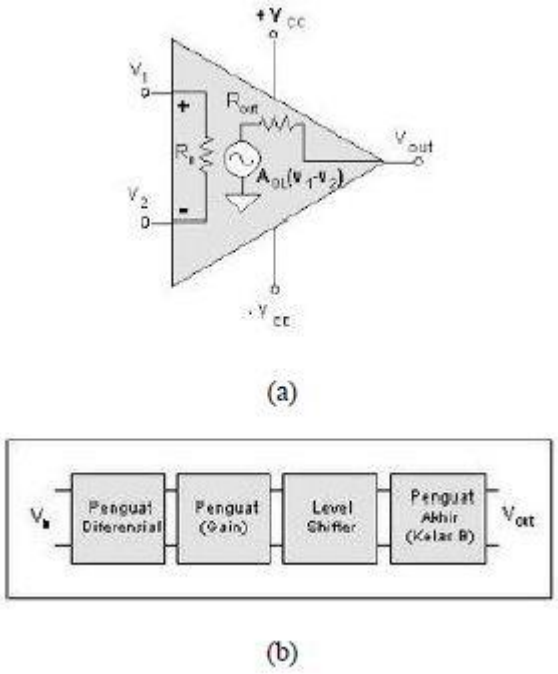
Gambar 2.9 Rangkaian Penguat Diferensial

Pada Gambar 2.9 ditunjukkan bahwa tegangan output dari rangkaian tersebut adalah Vout = A(V1 – V2), dengan A adalah nilai penguatan dari penguat diferensialnya. Masukan pada titik V1 dikatakan sebagai masukan tak-membalik karena fasa tegangan keluaran pada Vout sama dengan fasa tegangan masukan

pada V1, sedangkan masukan pada titik V2 dikatakan sebagai masukan pembalik karena fasa tegangan keluaran pada Vout berlawanan dengan fasa tegangan masukan pada V2.

2.5.3 Blok Diagram Op-amp

Berikut ini adalah gambar diagram skematik op-amp dan blok diagram op-amp.



Gambar 2.10 (a) Diagram Skematik Op-Amp, (b) Blok Diagram Op-Amp

Didalam op-amp terdapat beberapa bagian, pertama adalah penguat diferensial, lalu bagian penguatan (*gain*), kemudian rangkaian penggeser level (*level shifter*) dan yang terakhir adalah penguatan akhir yang biasanya dibuat menggunakan metode *push-pull amplifier* kelas b.

Pada Gambar 2.10 (a) dapat dilihat terdapat 2 (dua) buah masukan yaitu masukan tak-membalik (+) dan masukan pembalik (-). Umumnya op-amp bekerja dengan menggunakan catu daya simetrik (+Vcc dan –Vcc) namun ada juga beberapa jenis op-amp yang bekerja hanya menggunakan catu daya tunggal (+Vcc dan *Ground*). Rin adalah resistansi masukan yang nilai idealnya tak berhingga, sedangkan Rout adalah resistansi keluaran yang besarnya ~ 0 Ohm. AOL adalah nilai penguatan loop terbuka dari op-amp tersebut yang biasanya besar penguatannya tak berhingga.

2.6 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu terobosan teknologi *prosesor* yang hadir untuk memenuhi kebutuhan akan perkembangan teknologi yang begitu pesat di masa kini. *Mikrokontroler* dibuat dengan teknologi semikonduktor dimana *mikrokontroler* tersebut dibangun oleh transistor-transistor dengan jumlah yang sangat banyak dan dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat bekerja sebagai unit pemroses (kontroler).

Mikrokontroler berbeda dengan *mikroprosesor*, perbedaan tersebut dapat dilihat dari kecepatan proses, cara menangani tugas, dan unit-unit pendukung lain yang bertugas sesuai dengan fungsinya. Pada *mikrokontroler* sudah terdapat RAM, ROM, dan CPU di dalam IC-nya, sedangkan pada *mikroprosesor* hanya terdapat CPU saja dan bagian RAM dan ROM nya terpisah sehingga agar *mikroprosesor* dapat bekerja sesuai dengan fungsinya perlu ditambahkan perangkat penunjang lain seperti rangkaian RAM dan ROM. Karena perbedaan

dalam arsitekturnya maka untuk kecepatan proses masih tetap lebih unggul *mikroprosesor*, namun untuk proses-proses yang tidak memiliki kompleksitas kerja yang besar *mikrokontroler* lebih dibutuhkan karena dalam segi biaya lebih murah *mikrokokntroler* dan dalam segi ergonomisnya pun lebih praktis menggunakan *mikrokontroler*, karena di dalam *mikrokontroler* telah terdapat rangkaian RAM, ROM, CPU, dan unit I/O yang siap digunakan untuk keperluan apapun.

2.7 Komunikasi USB

USB (*Universal Serial Bus*) adalah sebuah standard komunikasi serial yang digunakan untuk komunikasi antar perangkat. Pada awalnya sistem USB didesain dari perkembangan sebuah antarmuka untuk berkomunikasi dengan bermacam-macam tipe periferal tanpa batasan dan kesulitan dalam penggunaanya, tidak seperti pada perangkat antarmuka sebelumnya. Perangkat antarmuka USB memiliki banyak kelebihan dibanding perangkat antarmuka sebelumnya, seperti :

- mudah untuk digunakan, sehingga tidak perlu lagi mengotak-atik konfigurasi-konfigurasi dan *setup* yang rumit ;
- cepat, sehingga tidak akan terjadi kemacetan komunikasi pada peranti antarmukanya ;
- dapat dipercaya, karena tingka kesalahan komunikasi (galat) jarang terjadi, karena menggunakan metode *automatic retries* (pengulang otomatis) ketika terjadi kesalahan ;

- serbaguna, banyak macam perangkat periferal yang dapat menggunakan peranti antarmuka ini ;
- biaya yang minim, sehingga dalam pembuatan peralatannya tidak memerlukan dana yang banyak ;
- daya rendah, artinya dapat menghemat penggunaan daya pada *portable computer* (laptop) ;
- didukung oleh sistem operasi Windows dan sistem operasi yang lain, sehingga dapat mempermudah pengembang untuk mengembangkan perangkat antarmuka yang diinginkannya.

Pada setiap komputer masa kini telah terdapat *port* USB yang dapat digunakan untuk menghubungkan perangkat lain (periferal) seperti *keyboard*, *mouse*, *scanner*, *digital camera*, *printer* dan peralatan lain sebagai perangkat tambahan dengan masing-masing kegunaanya.

USB merupakan solusi komunikasi antara komputer dengan perangkat lain yang dibutuhkan oleh sistem komputer tersebut, karena sistem antarmukanya cocok untuk semua tipe perangkat yang standard. Suatu sistem USB pada umumnya terdiri dari beberapa bagian diantaranya :

- *host controller*, pada sistem USB terdapat beberapa *host* yang bertanggung jawab pada keseluruhan protokol sistem USB. *Host controller* bertugas mengendalikan penggunaan jalur *bus* data, sehingga tidak ada satu pun peralatan USB yang dapat menggunakan jalur *bus* data kecuali mendapat persetujuan dari *host controller* ;

- *hub*, seperti halnya hub untuk jaringan komputer, USB hub menyediakan titik interkoneksi yang dapat memungkinkan banyak peralatan USB untuk dapat terhubung terhadap *host controller*. Topologi jaringan yang digunakan oleh sistem USB adalah topologi *star*, semua perangkat USB secara logika terhubung langsung dengan *host controller*. Hub terhubung dengan USB *host controller* secara *upstream* (data mengalir menuju ke host) dan terhubung dengan peralatan USB secara *downstream* (data mengalir dari *host* ke perangkat USB). Fungsi utama dari hub adalah bertanggungjawab untuk mendeteksi pada pemasangan dan pelepasan peralatan USB dengan *port* USB ;
- *peralatan USB*, semua hal pada sistem USB selain *host controller* merupakan peralatan USB. Dalam kecepatan transfer datanya peralatan USB dikelompokan menjadi 3 (tiga) yaitu : *low speed* (kecepatan transfer hingga 1,5 Mbps), *full speed* (kecepatan transfer hingga 12 Mbps), dan *high speed* (kecepatan transfer data hingga 480 Mbps).

2.7.1 Tugas Komputer sebagai *Host*

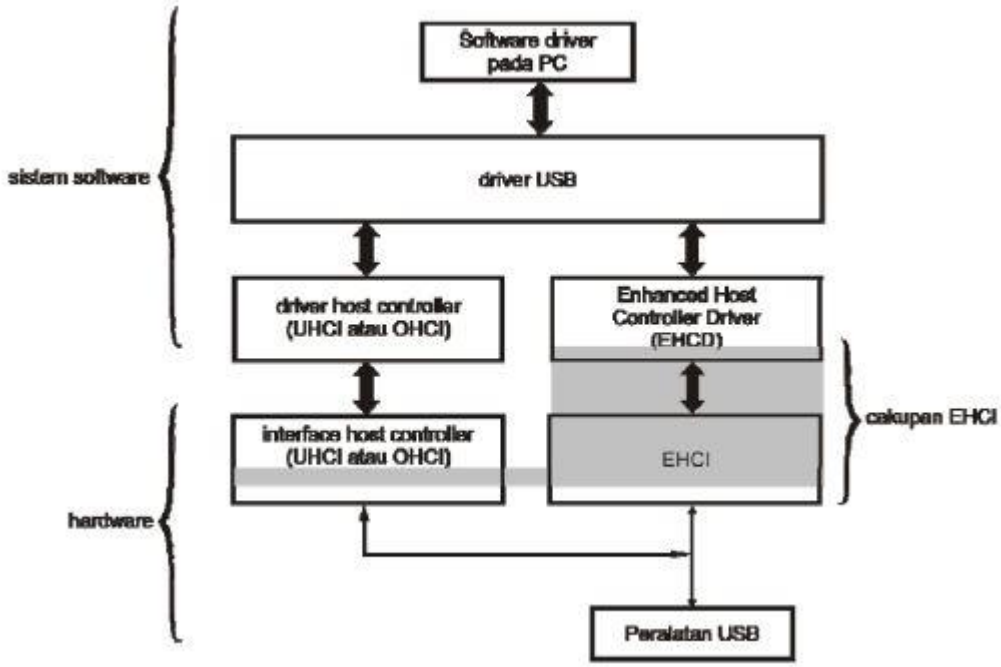
Dalam hal ini komputer akan bekerja sebagai penyedia (*host*) sedangkan perangkat akan bekerja sebagai periferal yang memiliki peranan yang telah ditentukan masing-masing sesuai dengan tugasnya. Untuk dapat berkomunikasi dengan perangkat USB, sebuah komputer memerlukan suatu perangkat keras

(*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang dapat membuat komputer bekerja sebagai penyedia (*host*) USB.

Perangkat keras (*hardware*) yang dibutuhkan oleh bagian penyedia (*host*) diantaranya adalah USB *host controller* dan USB hub yang dapat membuat *port* USB menjadi lebih dari 1 (satu). Sedangkan perangkat lunak (*software*) yang dibutuhkan oleh bagian penyedia (*host*) adalah *host controller driver*, dan USB *driver*-nya masing-masing sesuai dengan perangkat USB yang dihubungkan dengan komputer.

Pada awalnya USB *host controller* didesain untuk menangani satu peralatan USB saja, namun dalam perkembangannya muncullah *Universal/Open Host Controller Intreface* (UHCI/OHCI) yang terdiri dari 2 (dua) bagian yaitu : *host controller driver* , dan *host controller*. *Host controller driver* adalah suatu program perangkat lunak komputer yang bertanggung jawab dalam penjadwalan lalu lintas data pada jalur *bus* data dengan cara menempatakan dan menjaga transaksi data dalam sistem memori, sementara *host controller* bekerja memindahkan data dari sistem memori ke peralatan USB dengan cara memproses struktur data.

Selanjutnya untuk dapat memenuhi kebutuhan transfer data dengan kecepatan tinggi, maka dikembangkan *Enhanced Host Controller Interface* (EHCI). EHCI mampu mendukung peralatan USB *high speed* karena memang didesain untuk efisiensi dalam penggunaan memori pada peranti *host controller*.



Gambar 2.11 Blok Diagram Sistem USB

Sistem USB *host controller* terdiri atas sejumlah lapisan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang ditunjukkan pada Gambar 2.11. Secara umum penjelasan singkat dari setiap lapisan-lapisan tersebut adalah :

- ***software driver pada PC***, bertugas mengeksekusi perintah dari *host controller* yang bersesuaian dengan peralatan USB tertentu sesuai fungsinya. *Driver* peralatan USB secara khusus merupakan bagian dari sistem operasi atau yang disertakan dengan peralatan USB yang kemudian di-*install* pada PC sehingga peralatan USB tersebut dapat digunakan sesuai fungsinya ;
- ***driver USB***, adalah suatu perangkat lunak *bus driver* yang memisahkan detil *host controller* tertentu untuk sistem operasi tertentu ;

- ***host controller driver***, berfungsi menyediakan *driver* perangkat lunak diantara lapisan perangkat keras *host controller* dengan pealatan USB. Detil dari *host controller driver* tergantung kepada sistem antarmuka perangkat keras USB *host controller ;*
- ***host controller***, adalah lapisan implementasi perangkat keras yang spesifik. Terdapat 1 (satu) spesifikasi *host controller* yang digunakan untuk peralatan USB *high speed* yaitu *Enhanced Host Controller Interface* (EHCI), dan terdapat 2 (dua) spesifikasi *host controller* yang digunakan untuk peralatan USB *full speed* dan *low speed* yaitu *Universal Host Controller Interface* (UHCI) dan *Open Host Controller Interface* (OHCI) ;

- ***peralatan USB***, adalah suatu perangkat keras yang akan melaksanakan fungsinya dengan pengguna. Interaksi antara pengguna dengan peralatan USB mengalir dari aplikasi melalui lapisan-lapisan perangkat lunak dan perangkat keras sesuai dengan diagram pada Gambar 2.11.

2.8 FTDI (*Future Technology Devices Internasional*)

FTDI adalah perangkat semikonduktor dari sebuah perusahaan swasta Skotlandia yang mengkhususkan diri dalam *Universal Serial Bus* (USB). Teknologi ini mengembangkan, memproduksi, dan mendukung perangkat dari driver perangkat lunak dan tekait untuk mengkonversi RS-232 atau TTL transmisi

seri sinyal USB, juga memungkinkan dukungan untuk perangkat warisan dengan komputer modern.

FTDI menyediakan (ASIC) yaitu aplikasi spesifik sirkuit terpadu untuk jasa desain. Mereka juga menyediakan jasa konsultasi untuk desain produk, khususnya di ranah perangkat elektronik. Markas FTDI adalah di Glagow, Skotlandia, Inggris dan FTDI ini didirikan pada tanggal 13 Maret 1992 oleh CEO yaitu Fred Dart. Perusahaan ini merupakan keturunan langsung dari Desain Komputer Konsep Ltd, mantan startup teknologi semikonduktor, yang didirikan oleh Dart.

Produk awal FTDI itu adalah *chipset* untuk *motherboard* komputer pribadi, pelanggan utama yang digunakan mereka dalam Surat AMBRA dan PS / 1 komputer pribadi. Kemudian memperluas lini produknya termasuk penerjemah antarmuka, seperti MM232R dan USB-COM232-PLUS1, bersama dengan perangkat lain untuk mengkonversi antara USB dan protokol komunikasi lainnya.

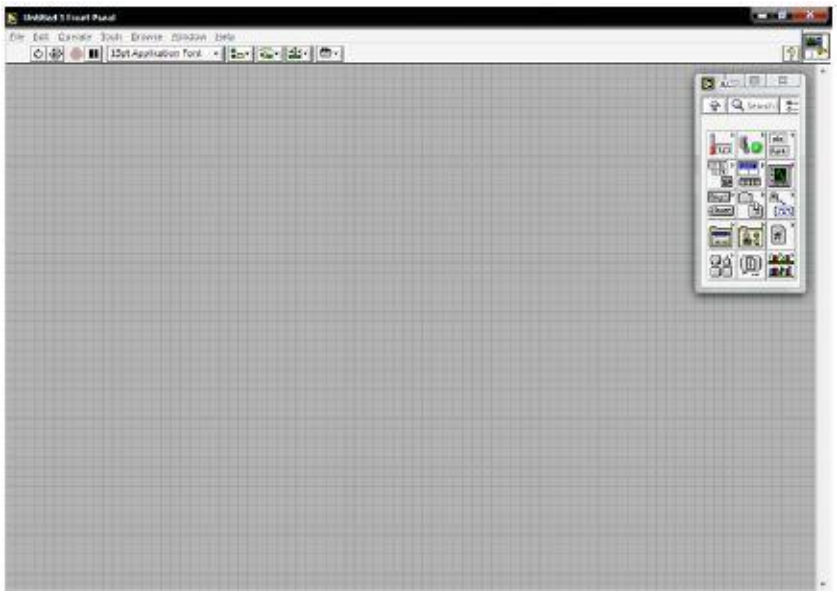
2.9 Program Aplikasi *LabVIEW*

LabVIEW adalah sebuah *software* pemograman yang diproduksi oleh National *instruments* dengan konsep yang berbeda. Seperti bahasa pemograman lainnya yaitu C++, matlab atau *Visual basic* , *LabVIEW* juga mempunyai fungsi dan peranan yang sama, perbedaannya bahwa *LabVIEW* menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara bahasa pemrograman

lainnya menggunakan basis text. Program *LabVIEW* dikenal dengan sebutan Vi atau *Virtual instruments* karena penampilan dan operasinya dapat meniru sebuah *instrument*. Pada *LabVIEW*, *user* pertama-tama membuat *user interface* atau *front panel* dengan menggunakan *control* dan indikator, yang dimaksud dengan kontrol adalah *knobs*, *push buttons*, *dials* dan peralatan input lainnya sedangkan yang dimaksud dengan indikator adalah *graphs*, LEDs dan peralatan *display* lainnya. Setelah menyusun *user interface*, lalu *user* menyusun blok diagram yang berisi kode-kode VIs untuk mengontrol *front panel*. *Software LabVIEW* terdiri dari tiga komponen utama, yaitu :

1. *Front Panel*

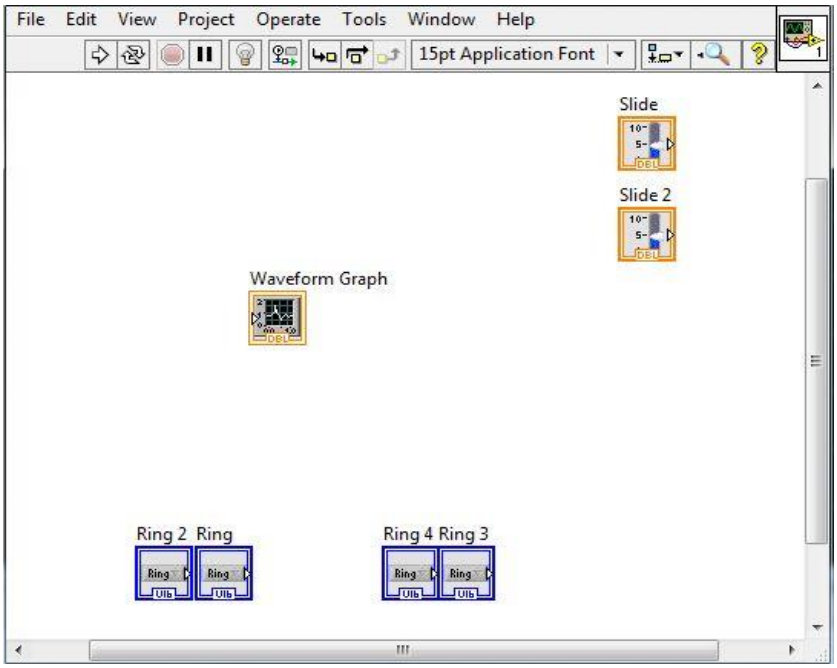
   Front panel adalah bagian *window* yang berlatar belakang abu-abu serta mengandung *control* dan indikator. *front panel* digunakan untuk membangun sebuah VI, menjalankan program dan men*debug* program. Tampilan dari *front panel* dapat di lihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 *Front Panel*

2. *Block diagram*

Blok diagram adalah bagian *window* yang berlatar belakang putih berisi *source code* yang dibuat dan berfungsi sebagai instruksi untuk *front panel*. Tampilan dari blok diagram dapat lihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 *Block Diagram*

3. *Control* dan *Functions Pallete*

Control dan *Function Pallete* digunakan untuk membuat sebuah Vi.

a. *Control pallete*

Control Pallete merupakan tempat beberapa *control* dan indikator pada *front panel*, *control pallete* hanya tersedia di *front panel*, untuk menampilkan *control pallete* dapat dilakukan dengan mengkilk ***windows >> show control pallete*** atau klik kanan pada *front panel*. Contoh *control pallete* ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 *Control Pallete*

b. Functions pallete

Functions Pallete di gunakan untuk membangun sebuah blok diagram, *functions pallete* hanya tersedia pada blok diagram, untuk menampilkannya dapat dilakukan dengan mengklik ***windows*** >> ***show control pallete*** atau klik kanan pada lembar kerja blok diagram. Contoh dari *functions pallete* ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 *Functions Pallete*