

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain (belitan primer ke belitan sekunder) melalui sebuah gandengan magnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaannya dalam sistem tenaga memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya, kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Dalam bidang tenaga listrik pada umumnya pemakai transformator dapat dikelompokkan dalam transformator daya, transformator distribusi dan transformator *instrument*.

Dalam penelitian ini menggunakan jenis transformator instrument sebagai sensor, Dimana transformator *instrument* sendiri digunakan sebagai alat instrument pengukuran yang terdiri dari transformator arus (*current transformer*) dan transformator tegangan (*potential transformer*)

2.1.1 Transformator Tegangan

Trafo tegangan digunakan untuk menurunkan tegangan sistem dengan perbandingan transformasi tertentu. Transformator Tegangan/Potensial (PT)

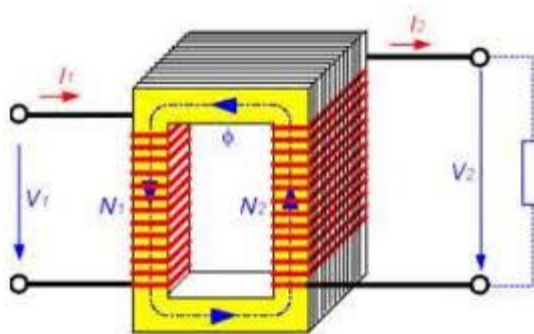
adalah trafo instrument yang berfungsi untuk merubah tegangan tinggi menjadi tegangan rendah sehingga dapat diukur dengan Volt meter.

Prinsip kerja trafo tegangan satu fasa sama dengan trafo arus. Bila pada kumparan primer mengalir arus I_1 , maka pada kumparan timbul gaya gerak magnet sebesar $N_1 I_1$. Gaya gerak ini memproduksi fluks pada inti, dan fluks ini membangkitkan gaya gerak listrik pada kumparan sekunder. Bila terminal kumparan sekunder tertutup, maka pada kumparan sekunder mengalir arus I_2 . Arus ini menimbulkan gaya gerak magnet $N_2 I_2$ pada kumparan sekunder. Pada trafo arus biasa dipasang burden pada bagian sekunder yang berfungsi sebagai impedansi beban, sehingga trafo tidak benar-benar short circuit. Apabila trafo adalah trafo ideal, maka berlaku persamaan :

$$N_1 I_1 = N_2 I_2 \text{ atau } I_1 / I_2 = N_2 / N_1 \quad (2-1)$$

di mana,

- N_1 : Jumlah belitan kumparan primer
- N_2 : Jumlah belitan kumparan sekunder
- I_1 : Arus kumparan primer
- I_2 : Arus kumparan sekunder



Gambar 2.1 Gambar Prinsip kerja transformator tegangan

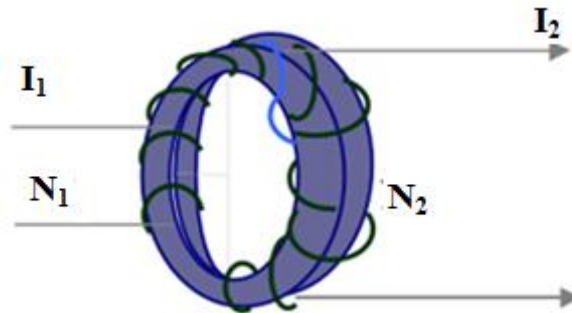
2.1.2 Transformator Arus

Trafo Arus (*Current Transformer*) adalah salah satu tipe trafo instrumentasi yang menghasilkan arus di sekunder di mana besarnya sesuai dengan ratio dan arus primernya, yang dipergunakan dalam rangkaian arus bolak-balik.[8]

Transformator arus berfungsi untuk memperoleh arus yang sebanding dengan arus yang hendak diukur (sisi sekunder 5A atau 1A) dan untuk memisahkan sirkuit dari sistem yang arusnya hendak diukur (yang selanjutnya disebut sirkuit primer) terhadap sirkuit di mana instrumen tersambung (yang selanjutnya disebut sirkuit sekunder). Berbeda dari transformator tenaga yang arusnya tergantung beban di sisi sekunder, tetapi pada trafo arus seperti halnya amperemeter yang disisipkan ke dalam sirkuit primer, arusnya tidak bergantung beban di sisi sekunder, melainkan semata-mata tergantung pada arus di sisi primernya.[8]

Pada transformator arus prinsip kerja transformator arus sama dengan Transformator daya. Jika pada kumparan primer mengalir arus I_1 , maka pada kumparan primer timbul gaya gerak magnet sebesar $N_1 I_1$. Gaya gerak magnet ini memproduksi fluks pada inti, kemudian membangkitkan gaya gerak listrik (GGL) pada kumparan sekunder. Jika terminal kumparan sekunder tertutup, maka pada kumparan sekunder mengalir arus I_2 , arus ini menimbulkan gaya gerak magnet $N_2 I_2$ pada kumparan sekunder.[8]

Prinsip kerja trafo arus adalah sebagai berikut:[8]



Gambar 2.2. Rangkaian trafo arus

Untuk trafo pada kondisi tidak berbeban:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2-2)$$

Di mana :

$$a = \frac{N_1}{N_2}, \quad (2-3)$$

$$I_1 > I_2 \text{ sehingga } N_1 < N_2, \quad (2-4)$$

N_1 = jumlah lilitan primer, dan

N_2 = jumlah lilitan sekunder.

Tegangan induksi pada sisi sekunder adalah

$$E_2 = 4,44 \cdot B \cdot A \cdot f \cdot N_2 \text{ Volt} \quad (2-5)$$

Di mana:

B = kerapatan fluksi (tesla)

A = luas penampang (m^2)

f = frekuensi (Hz)

N_2 = jumlah lilitan sekunder

Fungsi dari trafo arus adalah:[8]

1. Mengkonversi besaran arus pada sistem tenaga listrik dari besaran primer menjadi besaran sekunder untuk keperluan pengukuran sistem pengukuran dan proteksi.
2. Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer, sebagai pengamanan terhadap manusia atau operator yang melakukan pengukuran.

2.1.2.1 Spesifikasi Transformator Arus

Trafo Arus (*Current Transformer*) umumnya selain digunakan sebagai media proteksi juga digunakan dalam sistem metering (pembacaan). Trafo arus dalam penggunaannya sangatlah kompleks sehingga CT itu sendiri dibuat dengan spesifikasi dan kelas yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan sistem yang ada.

Spesifikasi pada CT antara lain:[2]

1. *Ratio* CT, rasio CT merupakan spesifikasi dasar yang harus ada pada CT, di mana representasi nilai arus yang ada di lapangan dihitung dari besarnya rasio CT. Misal CT dengan rasio 2000/5A, nilai yang terukur di sekunder CT adalah 2.5A, maka nilai aktual arus yang mengalir di penghantar adalah 1000A. Kesalahan *ratio* ataupun besarnya presentasi *Error* (%err.) dapat berdampak pada besarnya kesalahan pembacaan di alat ukur, kesalahan penghitungan tarif, dan kesalahan operasi sistem proteksi.
2. *Burden* atau nilai maksimum daya (dalam satuan VA) yang mampu dipikul oleh CT. Nilai daya ini harus lebih besar dari nilai yang terukur dari terminal sekunder CT sampai dengan koil relay proteksi yang dikerjakan.

3. *Class*, kelas CT menentukan untuk sistem proteksi jenis apakah *core* CT tersebut. Misal untuk proteksi arus lebih digunakan kelas 5P20, untuk kelas tarif metering digunakan kelas 0.2 atau 0.5, untuk sistem proteksi busbar digunakan *Class X* atau *PX*.
4. *Kneepoint*, adalah titik saturasi/jenuh saat CT melakukan excitasi tegangan. Umumnya proteksi busbar menggunakan tegangan sebagai penggerak koilnya. Tegangan dapat dihasilkan oleh CT ketika sekunder CT diberikan *impedansi* seperti yang tertera pada Hukum Ohm. *Kneepoint* hanya terdapat pada CT dengan *Class X* atau *PX*. Besarnya tegangan *kneepoint* bisa mencapai 2000Volt, dan tentu saja besarnya *kneepoint* tergantung dari nilai atau desain yang diinginkan.
5. *Secondary Winding Resistance* (RCT), atau *impedansi* dalam CT. *Impedansi* dalam CT pada umumnya sangat kecil, namun pada *Class X* nilai ini ditentukan dan tidak boleh melebihi nilai yang tertera disana. Misal: <2.5Ohm, maka *impedansi* CT pada *Class X* tidak boleh lebih dari 2.5Ohm atau CT tersebut dikembalikan ke pabrik untuk dilakukan penggantian.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan Transformator arus tipe MSQ-30 keluaran produk Powwel. Trafo arus ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. *Ratio* 100/5 A, ini berarti jika pada arus primer 100A maka secara ideal pada sekunder akan terbaca 5A.
2. *Burden* 2VA, ini merupakan nilai daya yang mampu diemban oleh sekunder.

3. *Class 1*, ini merupakan nilai *Error* pembacaan trafo. Angka yang tertulis mengartikan bahwa nilai trafo ini tingkat kesalahannya 1% dan ini juga menandakan bahwa trafo ini digunakan sebagai trafo pengukuran.
4. 50/60 Hz, trafo ini bekerja pada frekuensi 50-60 Hz.
5. IEC 60044-1, trafo ini mengacu pada standard IEC (*International Electrotechnical Commission*) dengan code 60044-1.

Sesuai dengan penggunaannya, trafo arus dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Trafo arus pengukuran.
2. Trafo arus proteksi.

2.2 Telemetry Radio

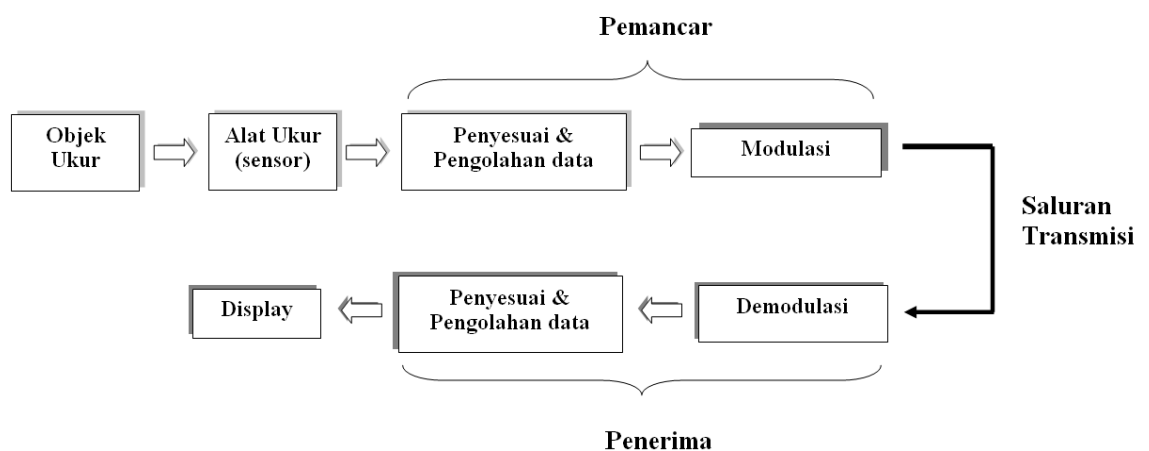
Telemetry adalah suatu proses yang digunakan untuk mengukur atau mencatat suatu besaran fisik pada suatu lokasi yang letaknya jauh dari pusat pengolahan hasil pengukuran.[1]

Peralatan sistem telemetry pada umumnya terbagi pada dua bagian utama, yaitu bagian pemancar dan bagian penerima. Peralatan sistem pemancar ini adalah untuk menghantarkan data, di mana alat tersebut diletakkan pada tempat di mana proses pengukuran berlangsung. Sebelum proses pengiriman data dilakukan, data yang dibaca oleh alat pengukur dilakukan modulasi terlebih dahulu ke dalam bentuk frekuensi yang diinginkan, kemudian barulah data tersebut dikirim melalui media transmisi .

Peralatan sistem penerima merupakan satu peralatan yang digunakan untuk menerima data yang dikirim oleh pemancar melalui media transmisi, kemudian

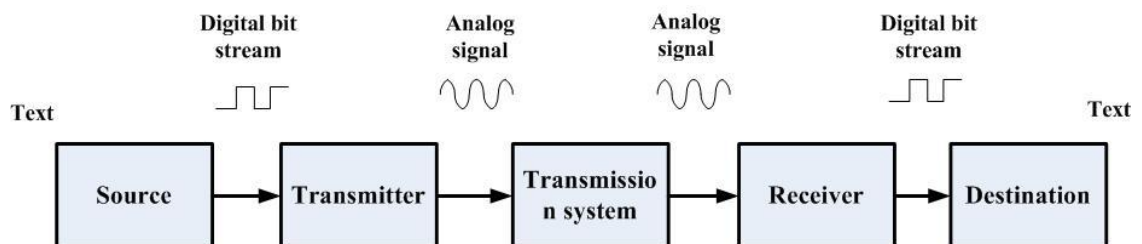
mengubah data tersebut (demodulasi) kebentuk data semula sesuai dengan hasil pengukuran. Penggabungan kedua sistem ini lah yang dinamakan sistem pembacaan secara telemetri [1]

Secara umum sistem telemetri terdiri atas enam bagian pendukung yaitu objek ukur, sensor, pemancar, saluran transmisi, penerima dan tampilan/display seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Diagram blok sistem telemetri

Menurut Stallings[1] dijelaskan bahwa komunikasi data sederhana dapat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 2.4. Komunikasi data sederhana

Pada Gambar 2.4. terdapat beberapa komponen seperti :

a. *Source*

Perangkat ini bertugas untuk membangkitkan atau menentukan data yang akan ditransmisikan.

b. *Transmitter*

Biasanya, data dibangkitkan oleh sistem *source* dan tidak langsung ditransmisikan secara langsung dalam bentuk sebagaimana data itu dibuat. Sebuah transmitter akan mentransformasikan dan mengkodekan informasi tersebut dalam bentuk sinyal elektromagnetik yang dapat dirambatkan pada sistem transmisi. Misalnya, sebuah modem mengambil *bitstream* dari sebuah komputer dan mentransformasikannya dalam bentuk sinyal analog yang dapat dirambatkan pada jaringan telepon.

c. Sistem Transmisi

Ini dapat berupa media transmisi atau jalur komunikasi atau sebuah jaringan kompleks yang menghubungkan *source* dan *destination*.

d. *Receiver*

Receiver menerima sinyal dari sistem transmisi dan mengkonversinya ke dalam bentuk yang dikenali oleh perangkat *destination*. Misalnya, sebuah modem akan menerima sinyal analog yang datang dari jaringan atau jalur transmisi dan mengkonversinya ke dalam bentuk digital *stream*.

e. *Destination*

Merupakan tujuan akhir dari pengiriman data yang menerima data dari *receiver*.

Data transmisi ditransmisikan melewati *Transmitter* (pemancar) dan diterima *receiver* (penerima) melalui media transmisi. Media transmisi diklasifikasikan sebagai :

1. Media yang dituntun (*guided media*), gelombang – gelombang dituntut melewati jalur fisik, contoh : *twisted pair*, kabel koaksial dan fiber optik.
2. Media yang tidak dituntun (*unguided media*), menyediakan suatu *device* untuk mentransmisikan gelombang elektromagnetik tetapi tetap menuntunnya, contoh : penyebaran melalui udara, hampa udara, dan air laut.

Sistem – sistem transmisi (menurut difisini ANSI) :

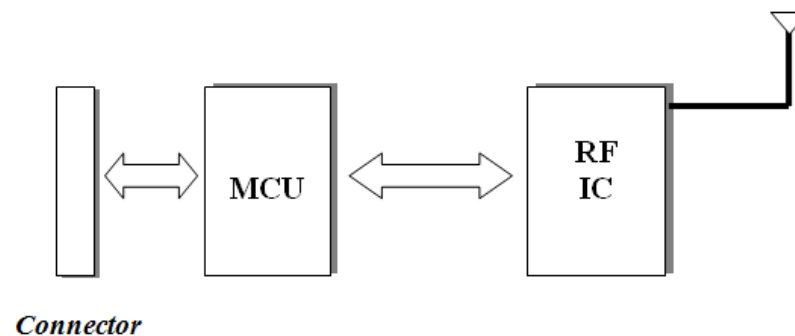
1. *Simplex*, sinyal ditransmisi dalam suatu arah saja, stasiun yang satu bertindak sebagai *Transmitter* dan yang lain sebagai *receiver*.
2. *Half-duplex*, kedua stasiun dapat melakukan transmisi tetapi hanya sekali dalam satu waktu.
3. *Full-duplex*, kedua stasiun dapat melakukan transmisi secara simultan, medium membawa dalam dua arah pada waktu yang sama.

2.3 KYL 200U

Pada penelitian Sutarno[4] ia menggunakan modul KYL-200U untuk mentransmisikan data informasi secara serial dari sistem telemetri ke *ground station*, Di mana modul KYL-200U merupakan sebuah modul *wireless transceiver* yang digunakan sebagai *wireless data transceiver* pada jarak dekat dengan ukuran yang kecil, ringan, dan konsumsi daya yang rendah.

Dalam penggunaannya modul KYL-200U menyediakan beberapa komunikasi yang dapat dilakukan dengan PC, diantaranya dengan RS-232, RS-485 dan *Port* UART/TTL. Dilihat dari komunikasi datanya, modul KYL-200U dapat dikomunikasikan dengan perangkat komputer secara serial menggunakan RS-232.[9]

Secara sederhana Modul KYL-200U mempunyai diagram skematik seperti gambar di bawah:



Gambar 2.5. Skematik diagram KYL-200U[9]

KYL-200U mempunyai beberapa fitur-fitur yang tertanam di dalam modul tersebut, diantaranya adalah : [9]

1. Daya transmisi yang rendah sekitar 10 mW, dan bisa juga pada 50~100 mW jika diperlukan.
2. Dengan *default carrier* frekuensi sebesar 433 Mhz, tapi bisa juga digunakan pada frekuensi 400-417 Mhz, 868 Mhz, dan 915 Mhz jika diperlukan.
3. Tahan terhadap interferensi yang tinggi dan *error bit rate* yang rendah.
4. Jarak transmisi yang jauh (sekitar 1000m jika menggunakan antena tambahan).

5. *Multi channels*, dapat digunakan pada *tranciever 8 channels* sampai 32 *channels*.
6. Dapat digunakan pada level tegangan TTL, RS-232 dan RS-485.

Sesuai dengan fitur yang ada pada modul KYL-200U ini, diharapkan dapat digunakan sebagai pengiriman data secara nirkabel dengan konektivitas berdaya rendah, dan memungkinkan komunikasi *wireless* dalam jangkauan yang cukup jauh.

Dalam penerapannya, modul KYL-200U dapat diaplikasikan ke beberapa sistem, antara lain : [9]

1. *Wireless alarm* dan *security* sistem.
2. *Wireless* monitoring dan kontrol peralatan menggunakan akses kontrol sistem.
3. *Wireless* data transmisi.
4. Radio modem.
5. *Wireless* POS, PDA *wireless smart* terminal.
6. dan sebagainya.



Gambar 2.6. KYL-200U [8]

KYL 200U mempunyai 9 pin yang mempunyai fungsi masing-masing. Namun pada prakteknya hanya digunakan 4 pin, yaitu pin Vcc, Gnd, Tx, dan Rx.

Tabel 2.1. Jenis *baud rate* pada KYL 200U [9]

RF Date Rate (bps)	Delay Ts(mS)	RF Date Rate (bps)	Delay Ts(mS)
1200	90	9600	16
2400	48	19200	10
4800	30		

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa semakin besar *baud-rate* maka semakin kecil *delay*-nya, namun jarak yang dapat di jangkauanya semakin kecil.

2.4 Komunikasi Serial

Komunikasi serial adalah komunikasi yang mengantarkan data digital secara bit – perbit secara bergantian melalui media *interface* serial. Pengiriman data melalui *interface* serial dapat dilakukan secara bit – perbit (setiap satu step waktu→1 bit) atau juga dalam satuan *baud* di mana 1 *baud* tidak mesti senilai dengan 1 bit/s, tergantung besaran data untuk setiap kali *clock transfer*. [4]

Karena pengiriman data serial ini pada dasarnya adalah pengiriman data setiap bit, yang tiap bitnya memiliki waktu atau *bit time*. Lamanya *bit time* ini bergantung pada kecepatan data serial atau *bit rate*. Semakin cepat aliran data maka semakin kecil *bit time*, begitu juga sebaliknya. [4]

Hubungan antara *bit time* dengan *bit rate* yaitu:

$$\text{bit time} = \frac{1}{\text{bit rate}} \quad (2-6)$$

Menurut Anisa [6] dalam kegunaannya komunikasi serial ini mempunyai keuntungan-keuntungan tersendiri dalam penggunaanya dibandingkan dengan

komunikasi paralel. Berikut ini keuntungan – keuntungan menggunakan *port* serial dibandingkan dengan *port* paralel:

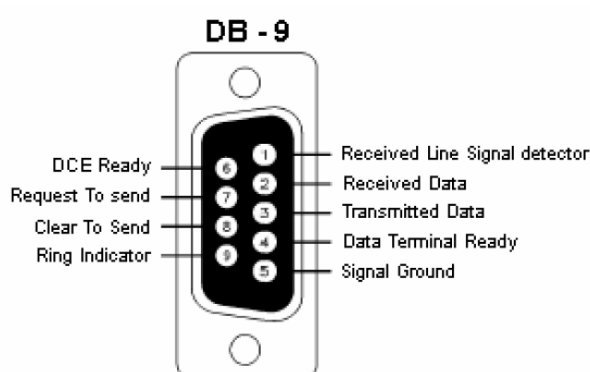
1. Tingginya tingkat keamanan terhadap gangguan karena tingginya ayunan tegangan (dengan jangkauan max. 50 Volt) - Sehingga dapat direalisasikan dengan kabel yang lebih panjang.
2. Membutuhkan sedikit kabel penghantar (misalkan dengan tiga utas kabel: Tx, Rx dan *Ground*)
3. Membutuhkan penyesuaian protokol komunikasi data terutama untuk sinkronisasi antara pengirim dan penerima.

Dalam penggunaannya komunikasi data secara serial dibagi menjadi 2, yaitu komunikasi data serial sinkron dan komunikasi data serial asinkron. Pada komunikasi data serial sinkron, *clock* dikirim bersama – sama dengan data serial tetapi *clock* tersebut dibangkitkan sendiri – sendiri baik pada sisi pengirim maupun sisi penerima. Sedangkan komunikasi data serial asinkron, tidak diperlukan *clock* karena data dikirimkan dengan kecepatan tertentu. Baik pada pengirim maupun penerima.[6]

Kecepatan pengiriman (*baud rate*) dapat dipilih bebas dalam rentang tertentu. *Baud rate* yang umum digunakan adalah 300, 600, 1200, 2400, 9600, dan sebagainya. Dalam komunikasi data serial, *baud rate* dari kedua alat yang berhubungan harus diatur pada kecepatan yang sama.

2.4.1 Port Serial

Menurut Anisa[6] dalam penyampaian data, baik pada komunikasi serial maupun paralel, dibutuhkan *port* sebagai saluran data. Untuk penyampaian data secara serial, *port* yang biasa digunakan adalah DB-9. Pada komputer IBM PC kompatibel biasanya terdapat konektor DB-9 yang diberi nama COM1 dan COM2. Konfigurasi *port* serial ditunjukkan pada gambar 2.6 di bawah.



Gambar 2.7. Serial *port* RS232 pada konektor DB9

Keterangan mengenai fungsi saluran RS232 pada konektoi DB-9 adalah sebagai berikut:[6]

1. *Received Line Signal Detect*, dengan saluran ini DCE memberitahukan ke DTE bahwa pada terminal masukan ada data masuk.
2. *Receive Data*. digunakan DTE menerima data dan DCE.
3. *Transmit Data*, digunakan DTE mengirimkan data dan DCL.
4. *Data Terminal Ready*, pada saluran ini DTE memberitahukan kesiapan termnialnya.
5. *Signal Ground*, saluran ground.
6. *Ring Indicator*, pada sahan ini DCE memberitahu ke DTE bahwa sebuah stasiun menghendaki hubungan dengannya.

7. *Clear To Send*, dengan saluran ini DCE memberitahukan bahwa DTE boleh mengirimkan data.
8. *Request To Send*, dengan saluran ini DCE diminta mengirim data oleh DTE.
9. *DCE Ready*, sinyal aktif pada saluran ini menunjukkan bahwa DCE sudah siap.

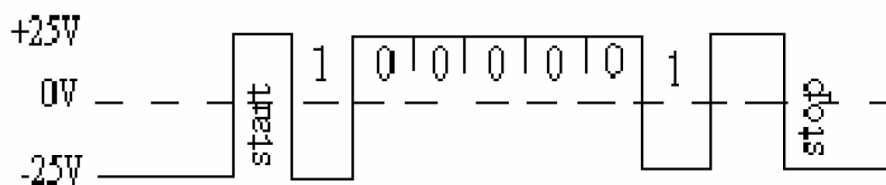
2.4.2 RS232

Terdapat beberapa macam cara untuk menerapkan *interface* data biner pada komunikasi secara serial. Salah satunya adalah RS-232 yang merupakan salah satu dan standar yang dipilih dan sekarang telah dipakai secara luas dan dalam komunikasi data umumnya digunakan untuk menghubungkan DTE (*Data Terminal Equipment*) ke DCE (*Data Communication Equipment*) yang berupa peralatan sistem komunikasi analog.

Menurut Anisa [6] RS232 merupakan singkatan dari *Recommended Standard number 232*, standar ini dibuat oleh *Electronic Industiy Association* (EIA) untuk *interface* antara peralatan terminal data dan komunikasi data, dengan menggunakan data biner sebagai data yang ditransmisi. RS232 adalah suatu *Serial Data Interface Standard* yang dikeluarkan oleh EIA. Standarisasi meliputi konektor, fungsi dan level tegangan atau arus. Standar ini juga berisikan karakteristik sinyal listrik, karakteristik mekanik dan cara operasional rangkaian fungsional. Beberapa karakteristik rangkaian fungsionalnya adalah sebagai berikut:[6]

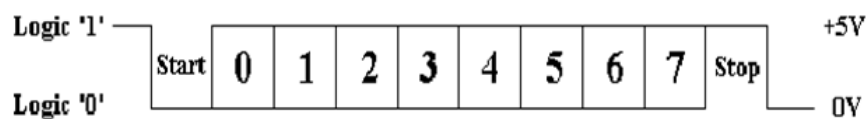
1. Logika '1' disebut '*mark*' terletak antara -3V hingga -25V
2. Logika '0' disebut '*space*' terletak antara +3V hingga +25V
3. Daerah tegangan antara -3V hingga +3V, $\leq -25V$ dan $\geq +25V$ adalah *invalid level*, yaitu daerah tegangan yang tidak memiliki logika pasti dan harus dihindari.

Rangkaian pengubah level tegangan TTL menjadi level tegangan RS232 menggunakan rangkaian *voltage doubler* atau rangkaian pengganda tegangan dan rangkaian *voltage inverter* atau rangkaian pembalik tegangan. *Voltage doubler* digunakan untuk menggandakan tegangan TTL. Logika "1" pada tegangan TTL adalah saat memiliki tegangan +5V dan logika "0" adalah saat memiliki tegangan 0V. Untuk dapat diterima di PC keadaan logika "1" harus terletak antara -3V hingga -25V dan logika "0" terletak antara +3V hingga +25V maka dibutuhkan *voltage doubler* dan *voltage inverter* sekaligus. Gambar 2.7 adalah contoh pengiriman karakter pada level tegangan RS232 dalam format ASCII tanpa bit paritas.



Gambar 2.8. Pengiriman karakter pada level tegangan RS232 dalam format ASCII tanpa bit paritas

2.4.3 Komunikasi *asynchrone* pada RS- 232



Gambar 2.9. Bentuk gelombang data serial[6]

Gambar 2.9 diatas memperlihatkan bentuk gelombang komunikasi serial dengan format 8N1, yaitu *8-bit* data. tanpa *parity*, 1 *stop bit*. [6]

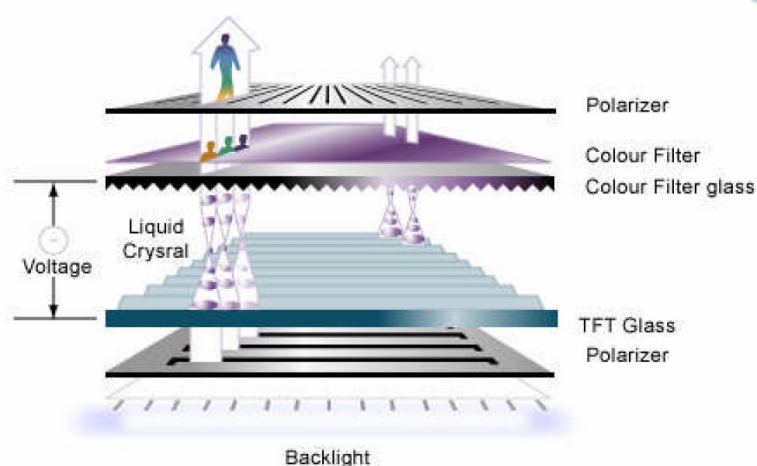
1. Pada keadaan *idle* atau menganggur (*idle*), jalur RS-232 ditandai dengan *mark state* atau Logika *high*.
2. Pengiriman data diawali dengan *start* bit yang berlogika 0 atau *low*, berikutnya data dikirimkan bit demi bit mulai dari LSB (*Least Significant Bit*) atau bit ke-0.
3. Pengiriman setiap byte diakhiri dengan *stop* bit yang berlogika *high*.

Gamba 2.9 ini memperlihatkan kondisi *low* setelah *stop* bit, ini adalah *start* bit yang menandakan data berikutnya akan dikirimkan jika tidak ada lagi data yang ingin dikirim. Maka jalur transmisi ini akan dibiarkan dalam keadaan *high*.

Ada yang disebut *Break Signal*, yaitu keadaan *low* yang lamanya cukup untuk mengirimkan 8-bit data. Jika pengirim menyebabkan jalur komunikasi dalam keadaan seperti ini, penerima akan menganggap ini adalah break signal' atau sinyal rusak. Data yang dikirimkan dengan cara seperti pada gambar 2.8 di atas disebut data yang terbingkaT (*to be framed*) oleh *start* dan *stop* bit. Jika *stop* bit dalam keadaan *low*, berarti telah terjadi *framing Error*. Biasanya hal ini terjadi karena perbedaan kecepatan komunikasi antara pengirim dengan penerima

2.5 LCD (*Liquid crystal display*)

Banyak sekali kegunaan LCD dalam perancangan suatu sistem yang menggunakan mikrokontroler. LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah komponen yang berfungsi untuk menampilkan suatu karakter pada suatu tampilan (*display*) dengan bahan utama yang digunakan berupa *Liquid Crystal*. Apabila diberi arus listrik sesuai dengan jalur yang telah dirancang pada konstruksi LCD. *Liquid Crystal* akan berpendar menghasilkan suatu cahaya dan cahaya tersebut akan membentuk suatu karakter tertentu. gambar konstruksi LCD dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.10. Kontruksi LCD[5]

LCD yang sering digunakan adalah jenis LCD QC1602A adalah sebuah modul LCD dot matrik dengan konfigurasi 2 baris dengan 16 karakter setiap barisnya. Dibentuk oleh 8x5 piksel dengan 1 baris piksel terakhir adalah kursor. HD44780 adalah mikrokontroler yang dirancang khusus untuk mengendalikan LCD dan mempunyai kemampuan untuk mengatur proses *scanning* pada layar LCD. *Driver* tersebut bertugas mengirimkan data karakter LCD dan bertugas mengendalikan LCD sesuai dengan perintah yang diberikan melalui pin I/O LCD. [3]

2.6 Arduino Uno

Arduino uno merupakan perangkat elektronik dengan sistem *open source*. Arduino memiliki 14 pin *input/output* yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*, 6 *analog input*, *crystal osilator* 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, dan tombol *reset*. [5]



Gambar 2.11. *Board* arduino Uno

Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding *board* mikrokontroler yang lain selain bersifat *open source*, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam *board* arduino sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika memprogram mikrokontroler di dalam arduino. Papan Arduino adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega328. Berikut adalah spesifikasi dari Arduino Uno :

Tabel 2.2. Spesifikasi arduino Uno [5]

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (disarankan)	7-12V
Tegangan input (batas)	6-20V
Digital I/O	14 pin (di mana 6 output PWM)
<i>Input analog</i>	6 pin
Arus DC per I/O	Pin 40 mA
Arus DC untuk 3.3V	Pin 50 mA
Memori flash 32KB (ATmega328)	0.5 KB digunakan untuk <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Kecepatan clock	16 MHz

ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Intruction Set Computer*) dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat daripada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*). Mikrokontroler ATmega328 memiliki arsitektur *Harvard*, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan *parallelism*.

Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain sebagai berikut :

- a. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
- b. 32 x 8-bit register serba guna.
- c. Kecepatan mencapai 16 Mbps dengan *clock* 16MHz.
- d. 32 KB *flash memory* dan pada arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari *flash memory* sebagai *bootloader*.

- e. Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1 KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
- f. Memiliki SRAM (*Static Random Acces Memory*) sebesar 2KB.
- g. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM (*Pulse Width Modulation*) output.
- h. *Master / Slave SPI serial interface.*
- i. Tegangan operasi sekitar 1,8 V sampai dengan 5,5V.

2.7 Perangkat Lunak LabVIEW

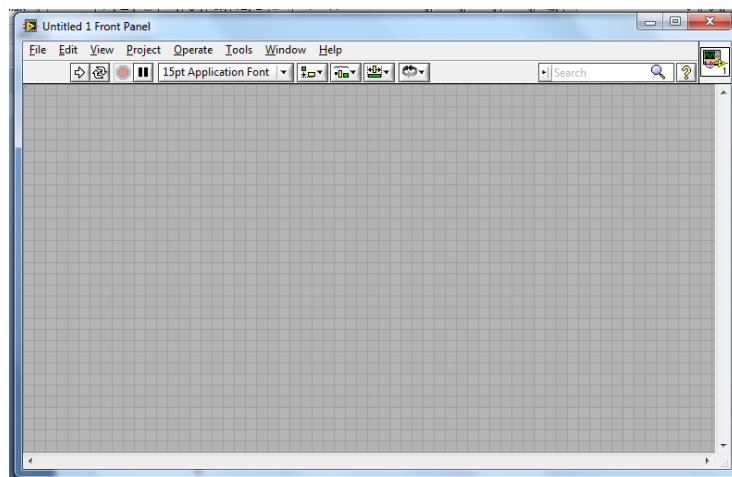
LabVIEW atau *Laboratory Virtual Instrumen Engineering Workbench* merupakan perangkat lunak yang diproduksi oleh perusahaan National Instrument.[2]

Pemrograman LabVIEW tidak menggunakan basis teks seperti pada Visual Basic atau Delphi melainkan menggunakan grafik. Ada perbedaan dari pemrograman teks, di mana pada pemrograman teks instruksi yang menentukan eksekusi program, sedangkan LabVIEW menggunakan pemrograman aliran data, di mana aliran data yang menentukan eksekusi. Dengan memakai pemrograman grafik ini dapat dibuat aplikasi akuisisi data dan instrumenasi/kontrol menjadi lebih mudah dan cepat. Dalam penggunaannya LabVIEW mempunyai 2 ruang kerja, di mana masing-masing ruang kerja memiliki antarmuka grafik tersendiri. Setiap simbol grafik ini mewakili banyak kata perintah yang digunakan dalam bahasa teks. Hal ini menjadikan waktu yang diperlukan dalam perancangan program yang dilakukan oleh seorang pemrogram akan menjadi lebih efisien. Salah satu keunggulan dari LabVIEW adalah menggunakan pemrograman aliran data (*data*

flow), sehingga jika terjadi kesalahan dalam pengolahan data dapat diketahui dengan mengamati proses aliran data tersebut. LabVIEW dapat digunakan secara intensif untuk berbagai aplikasi, industri, telekomunikasi, manufaktur, otomotif, semikonduktor, biomedika, elektronika. Dalam penggunaannya LabVIEW terdiri atas 3 bagian utama yaitu *front panel*, *block diagram*, dan *icon* atau *connector*. Pada *front panel* disediakan *Control Pallette* yang digunakan sebagai penampil data I/O. Pada bagian *Blok diagram* disediakan *Function Pallette* yang digunakan sebagai pengolah I/O data. *Icon* dan *connector panel* digunakan untuk mengidentifikasi VI sehingga bisa digunakan untuk VI yang lain. Lingkungan pemrograman LabVIEW terdiri atas 2 Jendela, yaitu jendela *front panel* dan jendela *block diagram*. [2]

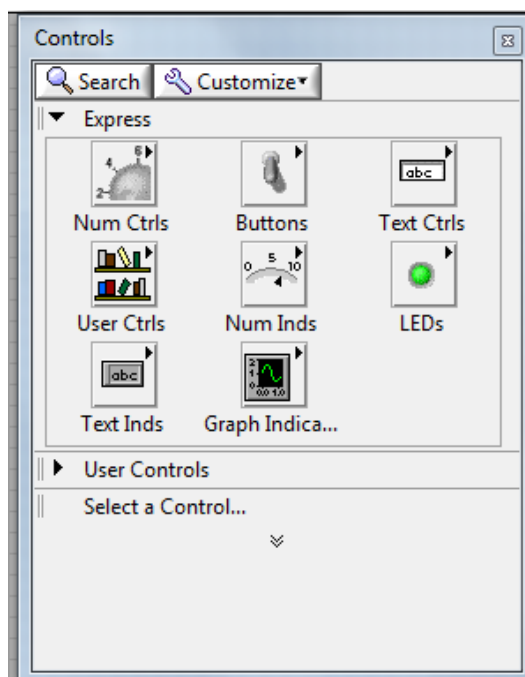
2.7.1 Font Panel LabVIEW

Front panel adalah window yang menjadi tempat bagi pemakai untuk berinteraksi dengan program. Objek-objek yang ditempatkan pada *front panel* adalah *control* dan *indicator*. Tampilan dari *front panel* ditampilkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12. *Front panel* LabVIEW

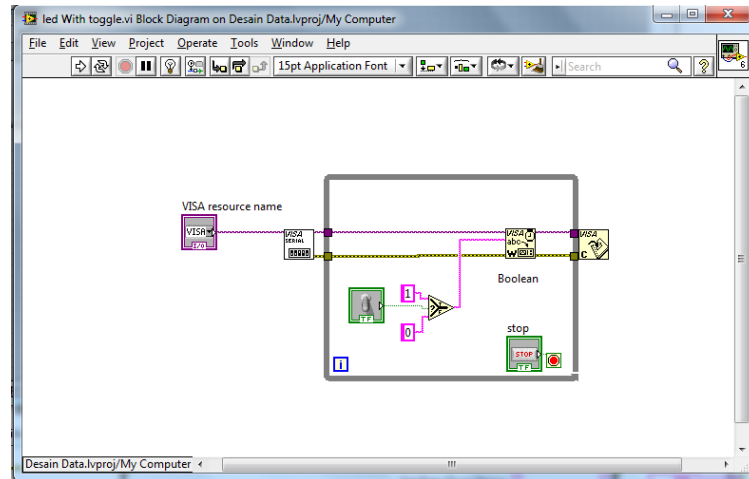
Control yang dimaksud di sini adalah berupa tampilan *knobs*, *push buttons*, *dial* dan peralatan input lainnya. Sedangkan yang dimaksud dengan *indicator* adalah *chart*, *LED* dan peralatan *display* lainnya.



Gambar 2.13. Menu *control front panel*

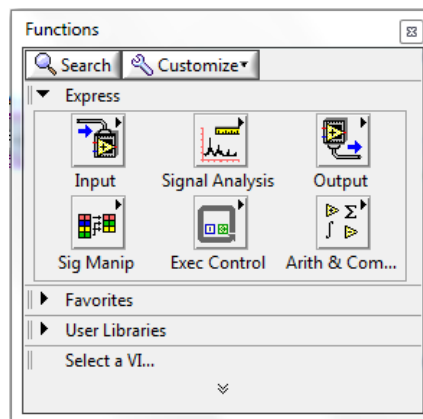
2.7.2 *Block diagram LabVIEW*

Block diagram adalah jendela tempat untuk menuliskan perintah dan fungsi. Perintah dan fungsi terdapat *source code* yang berupa simbol-simbol, *node*, dan garis. Garis berfungsi sebagai aliran data untuk mengeksekusi program termasuk program dari *font panel*.



Gambar 2.14. Blok diagram LabVIEW

Dalam membangun sebuah *block diagram* digunakan jendela yang disebut *functions palette*.



Gambar 2.15. Functions palette

2.8 Kesalahan Dalam Pengukuran

Setiap pengukuran dibuat dengan alat pengukur merupakan perkiraan. Jika melakukan pengukuran objek yang sama dua waktu yang berbeda, kedua pengukuran mungkin tidak persis sama.

Perbedaan antara dua pengukuran disebut variasi dalam pengukuran. Kata lain untuk variasi ini dinamakan ketidakpastian dalam pengukuran. Ini tidak berarti bahwa mendapat hasil yang salah. Kesalahan dalam pengukuran adalah cara matematis untuk menunjukkan ketidakpastian dalam pengukuran.[7]

1. Kemungkinan kesalahan

Karena tidak ada pengukuran yang tepat, pengukuran selalu dibuat dengan "sesuatu terdekat". Ketika mengukur kemungkinan kesalahan terbesar adalah dianggap sebagai salah satu setengah dari unit pengukuran. Misalnya, Anda mengukur panjang menjadi 3,4 cm. Karena pengukuran dilakukan kepada kesepuluh terdekat, kesalahan terbesar yang mungkin akan menjadi setengah dari sepersepuluh atau 0,05.

2. Interval toleransi

Kesalahan dalam pengukuran dapat diwakili oleh interval toleransi (*margin of Error*). Mesin yang digunakan dalam manufaktur sering mengatur interval toleransi, atau rentang di mana pengukuran produk akan ditoleransi atau diterima sebelum dianggap cacat.

3. Kesalahan *relative*

Kesalahan dalam pengukuran dapat diwakili oleh jumlah aktual *Error*, atau dengan rasio membandingkan kesalahan dengan ukuran pengukuran. Kesalahan mutlak pengukuran menunjukkan seberapa besar kesalahan sebenarnya, sedangkan kesalahan relatif pengukuran menunjukkan seberapa besar kesalahan adalah dalam kaitannya dengan nilai yang benar.

$$\text{Relative error} = \left| \frac{\text{measured value} - \text{actual value}}{\text{actual value}} \right| \quad (2-7)$$

Keterangan:

Measured Value : Nilai yang terukur pada pengukuran
Actual Value : Nilai pengukuran sebenarnya.

4. Persentasi kesalahan

Kesalahan dalam pengukuran juga dapat dinyatakan sebagai persen dari kesalahan. Persentasi kesalahan ditemukan dengan mengalikan kesalahan relatif sebesar 100%.

$$\% \text{ error} = \text{Relative error} \times 100\% \quad (2-8)$$

Keterangan:

Relative Error : Besarnya nilai kesalahan

2.9 Klasifikasi Kelas Meter

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang mendekati dengan harga sebenarnya. Perlu memperhatikan batas kesalahan yang tertera pada alat ukur tersebut. Klasifikasi alat ukur listrik dibagi menjadi delapan kelas menurut (Standar IEC no.13B-23) yaitu : 0.05 ; 0.1 ; 0.2 ; 0.5 ; 1.0 ; 1.5 ; 2.5 ; dan 5. Kelas-kelas tersebut artinya bahwa besarnya kesalahan dari alat ukur pada batas-batas ukur masing-masing kali $\pm 0.05\%$, $\pm 0.1\%$, $\pm 0.2\%$, $\pm 0.5\%$, $\pm 1.0\%$, $\pm 1.5\%$, $\pm 2.5\%$, $\pm 5\%$ dari relatif harga maksimum. Dari delapan kelas alat ukur tersebut digolongkan menjadi empat golongan sesuai dengan daerah pemakaiannya , yaitu : [7]

1. Golongan dari kelas 0.05, 0.1, 0.2

Termasuk alat ukur presisi yang tertinggi. Biasa digunakan di laboratorium yang standar.

2. Golongan alat ukur dari kelas 0.5

Mempunyai ketelitian dan presisi tingkat berikutnya dari kelas 0.2, alat ukur ini biasa digunakan untuk pengukuran-pengukuran presisi. Alat ukur ini biasanya *portabel*.

3. Golongan dari kelas 1.0

Mempunyai ketelitian dan presisi pada tingkat lebih rendah dari alat ukur kelas 0.5. Alat ini biasa digunakan pada alat ukur *portebel* yang kecil atau alat-alat ukur pada panel.

4. Golongan dari kelas 1.5, 2.5, dan 5

Alat ukur ini dipergunakan pada panel-panel yang tidak begitu memperhatikan presisi dan ketelitian.

$$Kelas\ alat\ ukur = \frac{rata-rata\ error}{full\ scale\ alat\ ukur} \times 100 \quad (2-9)$$

2.10 Pengkondisi sinyal

Pengkondisian sinyal merupakan suatu konversi sinyal menjadi bentuk yang lebih sesuai yang merupakan antarmuka dengan elemen-elemen lain dalam suatu kontrol proses. Dalam hal ini dibedakan menjadi 2 (dua) teknik, yaitu pengkondisi sinyal analog dan pengkondisi sinyal digital.

2.10.1 Pengkondisi Sinyal Analog

Prinsip kerja sensor ialah mengubah suatu besaran non elektrik yang terukur menjadi suatu besaran elektrik. Untuk membentuk sensor tersebut kita memanfaatkan variabel dinamik yang mempengaruhi karakteristik suatu bahan. Pengkondisi sinyal analog berperan penting sebagai pengubah keluaran sensor ke suatu bentuk yang merupakan antarmuka dengan elemen-elemen lain pada suatu kontrol proses.

Terkadang kita menggambarkan efek pengkondisi sinyal sebagai persamaan fungsi transfer. Melalui persamaan tersebut kita mengartikan efek suatu pengkondisi sinyal pada sinyal masukan. Jadi sebuah penguat tegangan sederhana mempunyai fungsi transfer dan suatu konstanta yang ketika dikalikan terhadap masukan tegangan akan memberikan keluaran tegangan. Pengkondisi sinyal dapat dikelompokkan dalam beberapa jenis, yang akan diuraikan berikut.

1. Pengubah Level Sinyal

Suatu cara yang paling sederhana untuk pengkondisian sinyal adalah dengan mengubah level sinyal, yaitu dengan melakukan penguatan ataupun peredaman. Salah satu faktor yang penting dalam pemilihan penguat adalah

impedansi masukan yang ditawarkan kepada sensor (atau elemen lain yang berfungsi sebagai masukan). Dalam beberapa kasus, (misalnya akselerometer dan detektor optik), tanggapan frekuensi penguat juga merupakan suatu hal yang sangat penting.

2. Linierisasi

Hubungan antara keluaran dengan masukan sensor seringkali tidak linier. Oleh karena itu diperlukan suatu rangkaian untuk linierisasi sinyal tersebut. Tujuan linierisasi adalah untuk mendapatkan keluaran yang berubah secara linier terhadap variabel masukan meskipun keluaran sensornya tidak linier. Rangkaian linierisasi ini sulit dirancang, dan biasanya bekerja hanya dalam batas yang sempit. Cara linierisasi yang lebih modern adalah secara perangkat lunak, yaitu dengan membolehkan sinyal tak linier sebagai masukan ke komputer dan selanjutnya melakukan linierisasi dengan menggunakan perangkat lunak.

3. Konversi

Pengondisian sinyal dalam hal ini digunakan untuk mengkonversi suatu jenis perubahan listrik ke jenis perubahan listrik yang lain. Konversi ini diperlukan misalnya dalam transmisi sinyal dan interface dengan sistem digital.

4. Filter dan Penyesuai Impedansi

Dalam banyak kejadian, sinyal yang diperlukan sering bercampur dengan sinyal yang tidak diinginkan (*noise*). Untuk menyingkirkan sinyal yang tidak diinginkan tersebut dapat digunakan filter yang sesuai, yaitu *low-pass filter*

(LPF), *high-pass filter* (HPF), *notch filter*, atau gabungan dari filter-filter tersebut.

Penyesuaian impedansi kadang diperlukan, yaitu apabila impedansi internal transduser atau impedansi saluran dapat menyebabkan terjadinya suatu kesalahan dalam pengukuran suatu variabel.

4.10.2 Pengkondisi Sinyal Digital

Operasi penting yang berhubungan dengan sinyal analog dan digital adalah konversi digital ke analog yang dilakukan oleh pengubah digital ke analog (DAC) dan konversi analog ke digital yang dilakukan oleh pengubah analog ke digital (ADC).

Apabila yang akan kita proses besaran analog baik sebagai masukan ataupun keluaran analog sedang unit prosesing yang kita pakai berbasis digital, maka harus dipakai *converter* analog ke digital apabila masukan adalah analog dan dibutuhkan *converter* digital ke analog jika keluaran yang dikehendaki adalah analog.

1. Analog to Digital Converter (ADC)

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

Tegangan analog yang merupakan masukan dan ADC berasal dari transduser. Transduser inilah yang mengubah besaran kontinue seperti temperatur, tekanan,

kecepatan, ataupun putaran motor menjadi tegangan listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh transducer yang berubah secara kontinyu pada suatu range tertentu disebut tegangan analog, dan tegangan analog ini diubah oleh ADC menjadi bentuk digital yang sebanding dengan tegangan analognya. Ada 3 karakteristik yang perlu diperhatikan dalam pemilihan komponen ADC, antara lain:

a) Resolusi.

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

b) Akurasi.

Adalah jumlah dan semua kesalahan, misalnya kesalahan non linieritas, skala penuh, skala nol dli. Dapat juga menyatakan perbedaan antara tegangan input analog secara teoritis yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu kode biner tertentu terhadap tegangan input nyata yang menghasilkan tegangan kode biner tersebut.

c) Waktu konversi.

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

2. Digital to Analog Converter

Ada dua karakteristik yang penting dan DAC adalah : Resolusi dan Kecermatan (akurasi)

a) Resolusi.

Adalah perubahan terkecil pada output analog. Resolusi selalu sama dengan bobot dan LSB yang disebut besar langkah (step size). Harganya akan lebih kecil bila digunakan jumlah bit yang lebih banyak. Dengan menambah jumlah bit maka akan menambah jumlah step untuk skala penuh, karena hanya jumlah bit yang menentukan prosentase resolusi.

b) Kecermatan (akurasi)

Kecermatan, menghubungkan keluaran analog yang diperoleh sebenarnya dengan keluaran yang diharapkan, biasanya dinyatakan dalam prosentase dan skala penuh keluaran. Makin kecil prosentase harga kecermatan, akan semakin akurat dan tentu saja semakin mahal harganya. Kadang-kadang kecermatan DAC dilihat dan linieritasnya. Kecermatan dan resolusi dan DAC haruslah sebanding.