

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Chairul Anwar, 2006, telah melakukan penelitian tentang aplikasi sistem SCADA pada pengisian dan penutupan kaleng susu secara *otomatis*, sistem SCADA yang digunakan berbasis PLC SIEMENS S7-200 dan S7-300. Penelitian ini hanya terdapat 1 PLC sebagai slave dan 1 PLC sebagai master dimana kedua PLC tersebut menggunakan profibus sebagai *interface*. Sistem SCADA bekerja dengan memanfaatkan konektivitas dari modul *ethernet* yang terdapat pada PLC yang terhubung dalam suatu jaringan komputer, untuk itu tidak menutup kemungkinan jika proses pengontrolan dan pengawasan dapat dilakukan lebih dari satu PC yang masih dalam suatu jaringan dari pengujian yang dilakukan, sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan yaitu sistem pengendalian melalui komputer yang masih dalam satu jaringan, sedangkan keseluruhan sistem dapat dikatakan berjalan dengan baik.

Aplikasi sistem SCADA juga diteliti oleh Prestalino Detya, 2007. Penelitian ini SCADA digunakan pada *miniatur water control* dengan menggunakan PLC SIEMENS S7-200 dan S7-300. Sama halnya dengan penelitian sebelumnya profibus juga digunakan sebagai *interface* kedua PLC dan ethernet juga digunakan sebagai konektivitas antara PLC dengan PC. Dari penelitian ini sistem kerja *hardware* bekerja dengan baik tetapi untuk animasi yang dibuat sebagai indikator dari obyek tidak bekerja dengan baik.

Penelitian sistem SCADA juga dilakukan oleh Binar Perdana Putra, 2008. Pada penelitian ini SCADA digunakan pada pengendali beberapa plan – plan industri yang tersimulasikan dalam modul pelatihan yang berada di laboratorium LG Corner Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia yang terdiri dari *Bottle Filling Trainer*, *Bath Process Reactor Trainer* dan *Sillinder Module* dengan menggunakan PLC Master K 120 S sebagai *Remote Terminal Unit (RTU)* pada tiap plan dan PLC Glofa GM 4 yang digunakan sebagai *Master Terminal Unit (MTU)*. Sistem SCADA ini menggunakan komunikasi C\_NET dalam operasinya. Dan menggunakan RS232 dalam komunikasi antara PLC dengan PC. Dari penelitian ini dapat dilihat bahwa operasi ketiga modul dapat diketahui dan dikontrol oleh operator dari PC maupun *touch screen*.

Penelitian PID untuk pengaturan *temperatur* dilakukan oleh Jaenal Arifin, 2009. Pada pengontrolan *temperatur* menggunakan metode PID ini dilakukan perancangan dan pembuatan pengontrol suhu berbasis mikrokontroler AVR AT90S8515. Secara umum proses yang terjadi adalah proses pengambilan data *setpoint*, proses pendefinisian variabel-variabel kontrol yang penting, proses perhitungan aksi kontrol dan algoritma kontrol, dan proses penyimpanan data yang diperlukan. Untuk mengetahui kemampuan dan unjuk kerja dari alat/sistem yang dirancang, maka sistem diaplikasikan untuk melakukan pengaturan temperatur air akuarium

## 2.2 Proportional Integral Derivatif (PID)

Didalam suatu sistem kontrol kita mengenal adanya beberapa macam aksi kontrol, diantaranya yaitu aksi kontrol proporsional, aksi kontrol integral dan aksi kontrol derivatif. Masing-masing aksi kontrol ini mempunyai keunggulan-keunggulan tertentu, dimana aksi kontrol proporsional mempunyai keunggulan *risetime* yang cepat, aksi kontrol integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error*, dan aksi kontrol diferensial mempunyai keunggulan untuk memperkecil *derror* atau meredam *overshot/undershot*. Untuk itu agar kita dapat menghasilkan output dengan *risetime* yang tinggi dan *error* yang kecil kita dapat menggabungkan ketiga aksi kontrol ini menjadi aksi kontrol PID.

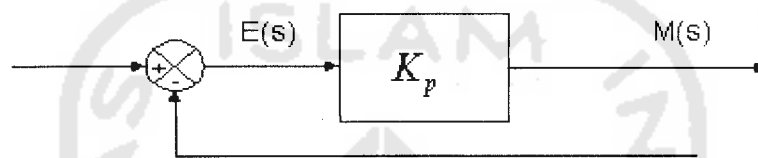
**Tabel 2.1** Tanggapan sistem kontrol PID terhadap perubahan parameter

| Respon Loop Tertutup | Waktu Naik      | <i>Overshoot</i> | Waktu Turun     | Kesalahan Keadaan Tunak |
|----------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------------|
| KP                   | Menurun         | Meningkat        | Perubahan kecil | Menurun                 |
| KI                   | Menurun         | Meningkat        | Meningkat       | Hilang                  |
| KD                   | Perubahan kecil | Menurun          | Menurun         | Perubahan kecil         |

### 2.2.1 Kontrol P (Kontrol Proporsional)

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding/proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan, bahwa keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukannya. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya.

Gambar 2.1 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara besaran setting, besaran aktual dengan besaran keluaran kontroller proporsional. Sinyal kesalahan (*error*) merupakan selisih antara besaran setting dengan besaran aktualnya. Selisih ini akan mempengaruhi kontroller, untuk mengeluarkan sinyal positif (mempercepat pencapaian harga setting) atau negatif (memperlambat tercapainya harga yang diinginkan).



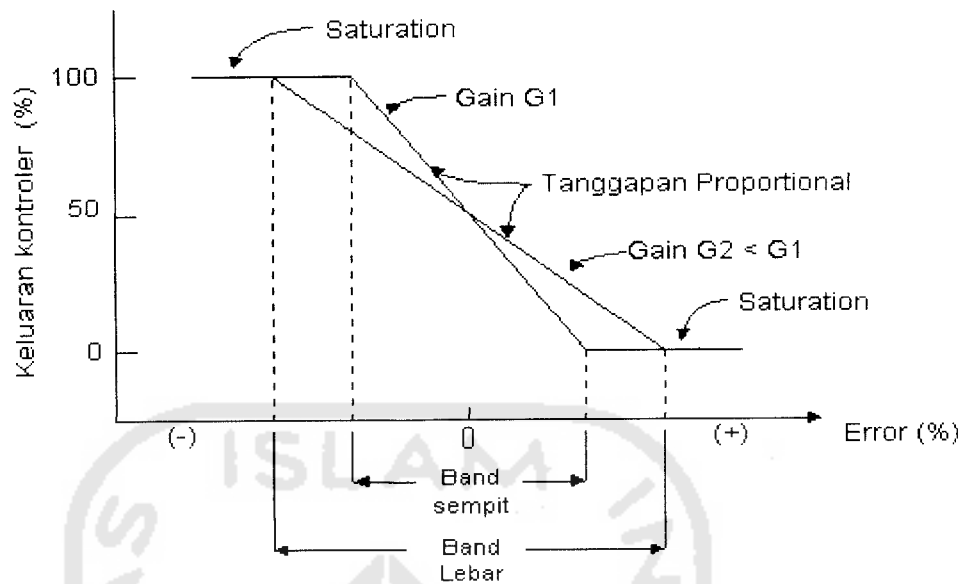
**Gambar 2.1** Diagram blok kontroler proporsional

Kontroler proporsional memiliki 2 parameter, pita proporsional (*proportional band*) dan konstanta proporsional. Daerah kerja kontroller efektif dicerminkan oleh Pita proporsional, sedangkan konstanta proporsional menunjukkan nilai faktor penguatan terhadap sinyal kesalahan,  $K_p$ .

Hubungan antara pita proporsional (PB) dengan konstanta proporsional ( $K_p$ ) ditunjukkan secara prosentasi oleh persamaan berikut:

$$PB = \frac{1}{K_p} \times 100\%$$

Gambar 2.2 menunjukkan grafik hubungan antara PB, keluaran kontroler dan kesalahan yang merupakan masukan kontroller. Ketika konstanta proporsional bertambah semakin tinggi, pita proporsional menunjukkan penurunan yang semakin kecil, sehingga lingkup kerja yang dikuatkan akan semakin sempit



**Gambar 2.2** Proportional band dari kontroler proporsional tergantung pada penguatan.

Ciri-ciri kontroler proporsional harus diperhatikan ketika kontroler tersebut diterapkan pada suatu sistem. Secara eksperimen, pengguna kontroler proporsional harus memperhatikan ketentuan-ketentuan berikut ini:

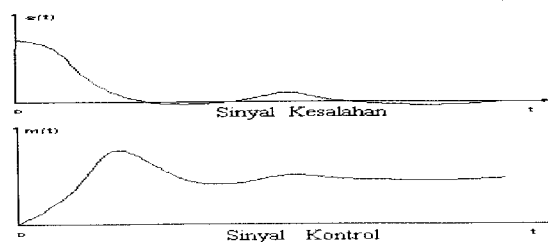
1. Kalau nilai  $K_p$  kecil, kontroler proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat.
2. Kalau nilai  $K_p$  dinaikkan, respon sistem menunjukkan semakin cepat mencapai keadaan mantabnya.
3. Namun jika nilai  $K_p$  diperbesar sehingga mencapai harga yang berlebihan, akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil, atau respon sistem akan berosilasi.

### 2.2.2 Kontrol I (Kontrol Integral)

Kontroller integral berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan mantap nol. Kalau sebuah plan tidak memiliki unsur integrator ( $1/s$ ), kontroller proporsional tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantapnya nol. Dengan kontroller integral, respon sistem dapat diperbaiki, yaitu mempunyai kesalahan keadaan mantapnya nol.

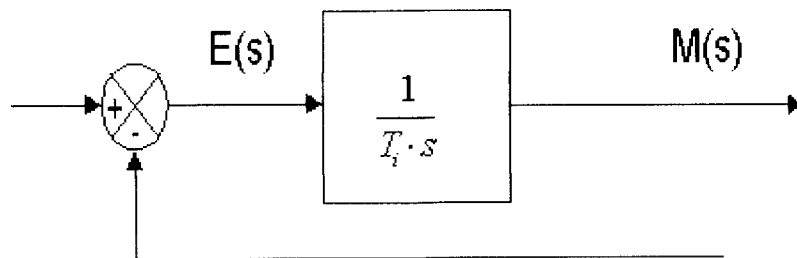
Kontroller integral memiliki karakteristik seperti halnya sebuah integral. Keluaran kontroller sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Keluaran kontroller ini merupakan jumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Kalau sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan.

Sinyal keluaran kontroller integral merupakan luas bidang yang dibentuk oleh kurva kesalahan penggerak- lihat konsep numerik. Sinyal keluaran akan berharga sama dengan harga sebelumnya ketika sinyal kesalahan berharga nol. Gambar 2.3 menunjukkan contoh sinyal kesalahan yang disulutkan ke dalam kontroller integral dan keluaran kontroller integral terhadap perubahan sinyal kesalahan tersebut.



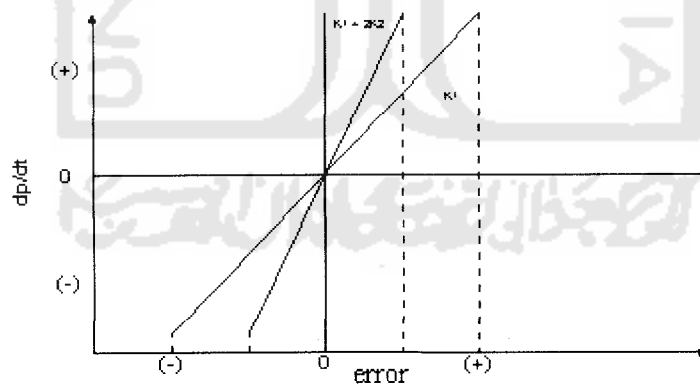
**Gambar 2.3** Kurva sinyal kesalahan  $e(t)$  terhadap  $t$  dan kurva  $u(t)$  terhadap  $t$  pada pembangkit kesalahan nol.

Gambar 2.4 menunjukkan blok diagram antara besaran kesalahan dengan keluaran suatu controller integral.



**Gambar 2.4** Blok diagram hubungan antara besaran kesalahan dengan controller integral

Pengaruh perubahan konstanta integral terhadap keluaran integral ditunjukkan oleh Gambar 2.5. Ketika sinyal kesalahan berlipat ganda, maka nilai laju perubahan keluaran kontroler berubah menjadi dua kali dari semula. Jika nilai konstanta integrator berubah menjadi lebih besar, sinyal kesalahan yang relatif kecil dapat mengakibatkan laju keluaran menjadi besar.



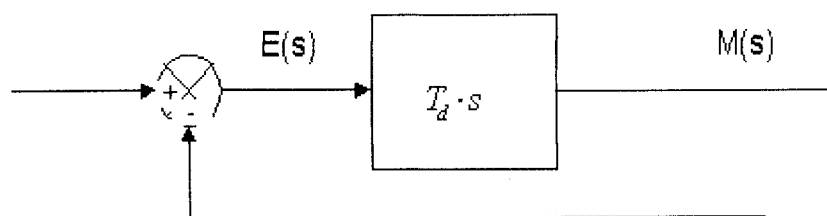
**Gambar 2.5** Perubahan keluaran sebagai akibat penguatan dan kesalahan.

Ketika digunakan, kontroler integral mempunyai beberapa karakteristik berikut ini:

1. Keluaran kontroler membutuhkan selang waktu tertentu, sehingga kontroler integral cenderung memperlambat respon.
2. Ketika sinyal kesalahan berharga nol, keluaran kontroler akan bertahan pada nilai sebelumnya.
3. Jika sinyal kesalahan tidak berharga nol, keluaran akan menunjukkan kenaikan atau penurunan yang dipengaruhi oleh besarnya sinyal kesalahan dan nilai  $K_i$ .
4. Konstanta integral  $K_i$  yang berharga besar akan mempercepat hilangnya *offset*. Tetapi semakin besar nilai konstanta  $K_i$  akan mengakibatkan peningkatan osilasi dari sinyal keluaran kontroler.

### 2.2.3 Kontrol D ( Kontrol Diferensial )

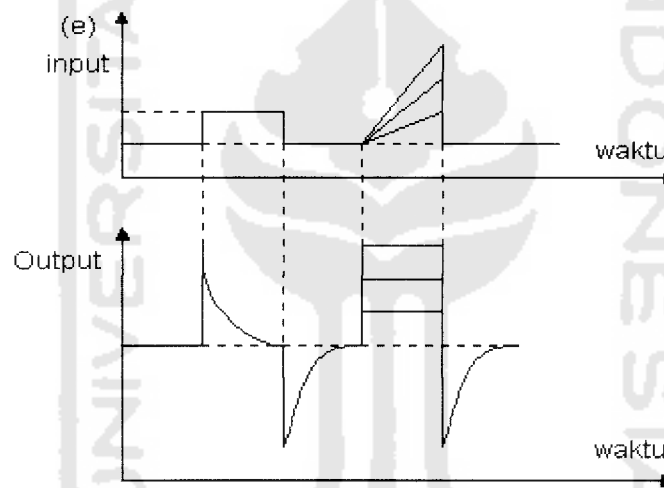
Keluaran kontroler diferensial memiliki sifat seperti halnya suatu operasi derivatif. Perubahan yang mendadak pada masukan kontroler, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Gambar 2.6 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara sinyal kesalahan dengan keluaran controller.



**Gambar 2.6** Blok Diagram kontroler diferensial



Gambar 2.7 menyatakan hubungan antara sinyal masukan dengan sinyal keluaran kontroler diferensial. Ketika masukannya tidak mengalami perubahan, keluaran kontroler juga tidak mengalami perubahan, sedangkan apabila sinyal masukan berubah mendadak dan menaik (berbentuk fungsi *step*), keluaran menghasilkan sinyal berbentuk impuls. Jika sinyal masukan berubah naik secara perlahan (fungsi *ramp*), keluarannya justru merupakan fungsi *step* yang besar magnitudnya sangat dipengaruhi oleh kecepatan naik dari fungsi *ramp* dan faktor konstanta diferensialnya  $T_d$ .



**Gambar 2.7** Kurva waktu hubungan input-output kontroler diferensial

Karakteristik kontroler diferensial adalah sebagai berikut:

1. Kontroler ini tidak dapat menghasilkan keluaran bila tidak ada perubahan pada masukannya (berupa sinyal kesalahan).
2. Jika sinyal kesalahan berubah terhadap waktu, maka keluaran yang dihasilkan kontroler tergantung pada nilai  $T_d$  dan laju perubahan sinyal kesalahan.

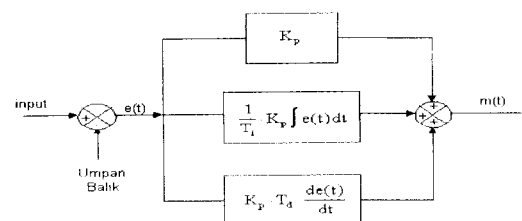
3. Kontroler diferensial mempunyai suatu karakter untuk mendahului, sehingga kontroler ini dapat menghasilkan koreksi yang signifikan sebelum pembangkit kesalahan menjadi sangat besar. Jadi kontroler diferensial dapat mengantisipasi pembangkit kesalahan, memberikan aksi yang bersifat korektif, dan cenderung meningkatkan stabilitas system.

Berdasarkan karakteristik kontroler tersebut, kontroler diferensial umumnya dipakai untuk mempercepat respon awal suatu sistem, tetapi tidak memperkecil kesalahan pada keadaan tunaknya. Kerja kontroler diferensial hanyalah efektif pada lingkup yang sempit, yaitu pada periode peralihan. Oleh sebab itu kontroler diferensial tidak pernah digunakan tanpa ada kontroler lain sebuah sistem.

#### 2.2.4 Kombinasi Kontrol P, I, dan D

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler proposional plus integral plus diferensial (kontroler PID). Elemen-elemen kontroler P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar.

Gambar 2.8 menunjukkan blok diagram kontroler PID.



**Gambar 2.8** Blok diagram kontroler PID analog

Persamaan dengan ketiga kombinasi ini diberikan oleh.

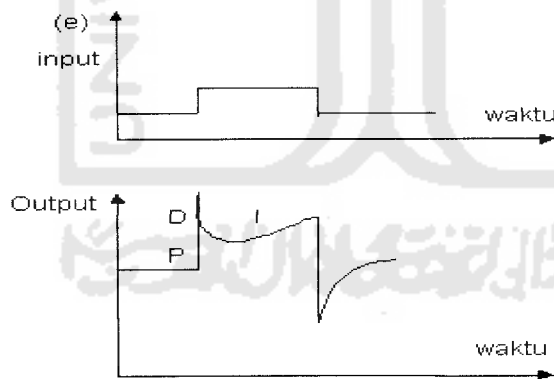
$$U(t) = K_p e(t) - \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt - K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana  $K_p$  adalah konstanta proposional,  $T_i$  waktu integral,  $T_d$  waktu turunan. Atau dalam besaran transformasi laplace :

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 - \frac{1}{T_i s} - T_d s \right) \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p - \frac{K_i}{s} - K_d s \dots\dots\dots(2.3)$$

Keluaran controller PID merupakan jumlahan dari keluaran kontroler proposional, keluaran kontroler integral. Gambar 2.9 menunjukkan hubungan tersebut.



**Gambar 2.9** Hubungan dalam fungsi waktu antara sinyal keluaran dengan masukan untuk controller PID

### 2.3 Tuning kontroler PID

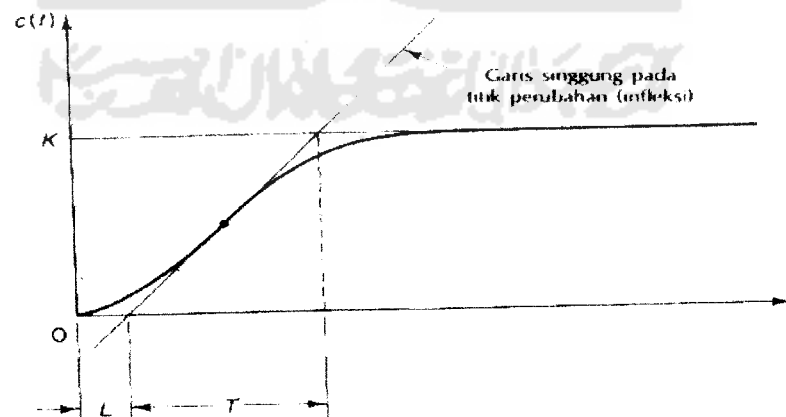
Permasalahan dalam desain kontroler PID adalah menentukan nilai  $K_i$ ,  $K_p$ , dan  $K_d$ . Metode – metode *tuning* dilakukan berdasarkan pada model

matematika/transfer fungsi *plant*/sistem, jika model tidak diketahui, dilakukan eksperimen terhadap sistem.

Cara *tuning* kontroler PID yang paling populer adalah dengan metode **Ziegler – Nichols**. Metode Ziegler – Nichols diperkenalkan pertama kali pada tahun 1942. metode ini memiliki dua cara. Kedua metode ditujukan untuk menghasilkan respon sistem dengan lonjakan maksimum sebesar 25%. **Metode pertama**. Dilakukan berdasar eksperimen, dengan memberikan input *step* pada sistem, dan mengamati hasilnya. Sistem harus mempunyai *step response* (respons terhadap *step*) berbentuk kurva S.



**Gambar 2.10.** Respon tangga satuan sebuah sistem



**Tabel 2.2** Aturan Metode Ziegler – Nichols

| Tipe alat kontrol | $K_p$   | $T_i$ | $T_d$ |
|-------------------|---------|-------|-------|
| P                 | T/L     | ~     | 0     |
| PI                | 0.9 T/L | L/0.3 | 0     |
| PID               | 1.2 T/L | 2L    | 0.5L  |

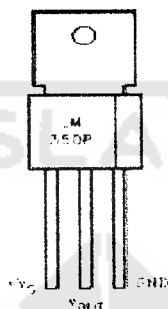
Setelah parameter-parameter diperoleh, dapat dipakai sebagai patokan membuat pengendali PID untuk diterapkan ke dalam sistem *plant heater* sehingga diperoleh hasil yang sesuai dengan apa yang diharapkan yaitu mengontrol suhu pada keadaan stabil pada nilai suhu tertentu.

#### 2.4. Sensor Suhu LM 35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika elektronika yang diproduksi oleh National Semiconductor. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain. LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan.

Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan kesensor adalah sebesar 5 volt, sehingga dapat digunakan dengan catu

daya tunggal dengan ketentuan bahwa LM35 hanya membutuhkan arus sebesar 60  $\mu\text{A}$  hal ini berarti LM35 mempunyai kemampuan menghasilkan panas (self-heating) dari sensor yang dapat menyebabkan kesalahan pembacaan yang rendah yaitu kurang dari 0,5  $^{\circ}\text{C}$  pada suhu 25  $^{\circ}\text{C}$ .



**Gambar 2.12** Sensor LM 35

pin 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, pin 2 atau tengah digunakan sebagai tegangan keluaran atau Vout dengan jangkauan kerja dari 0 Volt sampai dengan 1.5 Volt dengan tegangan operasi sensor LM35 yang dapat digunakan antar 4 Volt sampai 30 Volt. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap derajat celcius sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$V_{LM35} = \text{Suhu} \times 10 \text{ Mv} \dots\dots\dots ( 2. 4 )$$

Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1  $^{\circ}\text{C}$  akan menunjukkan tegangan sebesar 10 mV. Pada penempatannya LM35 dapat ditempelkan dengan perekat atau dapat pula disemen pada permukaan akan tetapi suhunya akan sedikit berkurang sekitar 0,01  $^{\circ}\text{C}$  karena terserap pada suhu permukaan tersebut. Dengan cara seperti ini diharapkan selisih antara suhu udara dan suhu permukaan dapat dideteksi oleh sensor LM35

sama dengan suhu disekitarnya, jika suhu udara disekitarnya jauh lebih tinggi atau jauh lebih rendah dari suhu permukaan, maka LM35 berada pada suhu permukaan dan suhu udara disekitarnya .

Berikut ini adalah karakteristik dari sensor LM35.

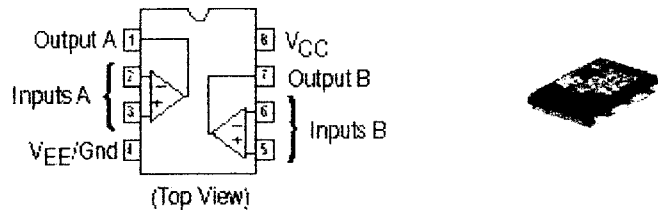
1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mVolt/°C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam celsius.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5°C pada suhu 25 °C.
3. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 °C sampai +150 °C.
4. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
5. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 µA.
6. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (low-heating) yaitu kurang dari 0,1 °C pada udara diam.
7. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
8. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar  $\pm \frac{1}{4}$  °C.

## **2.5. Penguat Operasional**

### **2.5.1. IC LM 358**

Penguat operasional (op-amp) merupakan kumpulan puluhan transistor dan resistor dalam bentuk satu chip IC. Op-Amp merupakan komponen aktif linear yang merupakan penguat gandeng langsung (*direct coupling*), dengan penguatan terbuka (*open gain*) yang sangat besar dan dapat dipakai untuk menjumlahkan, mengalikan, membagi, mendiferensialkan, serta mengintegalkan tegangan listrik. IC Op-Amp sering dipakai untuk perhitungan-perhitungan analog, instrumentasi, maupun berbagai macam aplikasi kontrol.

IC LM358 didesain secara sempurna dalam hal penggunaan dua buah Op-Amp secara bersamaan dalam satu chip, Gambar 2.13 adalah IC LM358.



**Gambar 2.13** Simbol diagram dan gambar fisik Op-Amp 358

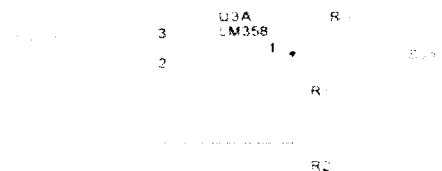
IC Op-Amp LM358 memiliki keunggulan dalam pemakaian daya yang lebih rendah, kemampuan penggunaan saluran input yang berkorelasi dengan saluran pentanahan, dapat dicatu menggunakan mode catu daya tunggal maupun catu daya ganda.

**Tabel 2.3** Fungsional LM 358

| No Pin | Fungsi   |
|--------|--|
| 1      | Keluaran A (Output A)                                      |
| 2      | Masukan menjungkir (Input inverting)                       |
| 3      | Masukan Tak menjungkir (Input non-inverting)               |
| 4      | Dihubungkan dengan terminal negatif pencatu daya ( $V^-$ ) |
| 5      | Masukan Tak menjungkir (Input non-inverting)               |
| 6      | Masukan menjungkir (Input inverting)                       |
| 7      | Keluaran B (Output B)                                      |
| 8      | Dihubungkan dengan terminal positif pencatu daya ( $V^+$ ) |

### 2.5.2. Penguat non-Inverting

Rangkaian penguat non-Inverting ditunjukkan gambar 2.14. Sinyal yang ingin dikuatkan dimasukkan ke input non-inverting.



**Gambar 2.14** Penguat *non-inverting*



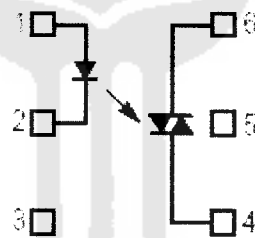
Hubungan tegangan masukan dan keluaran diperlihatkan pada persamaan :

$$V_o = A \cdot V_i \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$V_o = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot V_i \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

## 2.6. MOC 3020

MOC merupakan komponen elektronika yang digunakan sebagai pengaman saat terjadi ledakan atau gangguan pada daerah tegangan tinggi, sehingga daerah pada tegangan rendah seperti rangkaian kendali tetap aman. MOC merupakan opto Triac yang dapat membuka saklar pada Triac sehingga dapat mengalirkan tegangan AC. MOC ini dapat bekerja saat dialiri tegangan DC sebesar 0 -5 volt sesuai dengan kebutuhan.



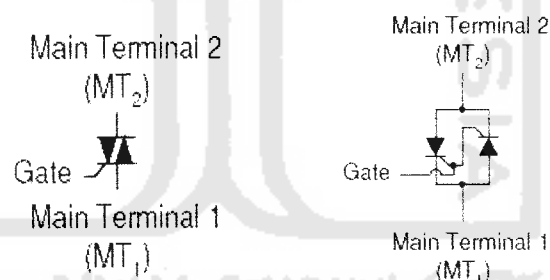
**Gambar 2.15** Skematik MOC

Bagian yang berada disebelah kiri terhubung dengan tegangan rendah, sedangkan bagian sebelah kanan terhubung dengan tegangan tinggi. Kaki nomor 1 dan 2 merupakan diode yang akan memberikan sinyal kepada kaki 4 dan 6 yaitu opto Triac. Dari opto Triac tersebut nantinya akan memicu *gate* Triac yang berasal dari pin kaki 4 opto, sehingga saklar akan membuka dan mengalirkan tegangan.

## 2.7. TRIAC

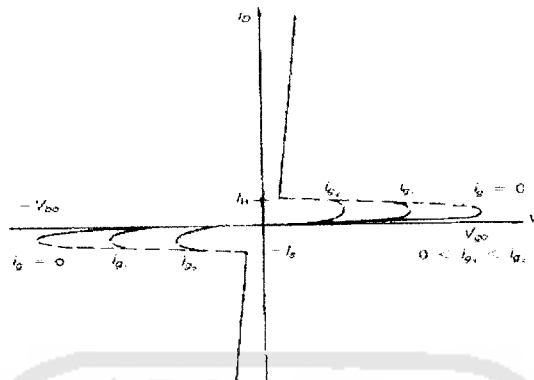
TRIAC merupakan singkatan dari *TRIode Alternating Current*, yang artinya adalah saklar triode untuk arus bolak-balik. TRIAC adalah pengembangan dari pendahulunya yaitu DIAC dan SCR. Ketiganya merupakan sub-jenis dari Thyristor, piranti berbahan silikon yang umum digunakan sebagai saklar elektronik, disamping transistor dan FET. Perbedaan diantara ketiganya adalah dalam penggabungan unsur-unsur penyusunnya serta dalam segi arah penghantaran arus listrik yang melaluinya.

TRIAC sebenarnya adalah gabungan dua buah SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) atau Thyristor yang dirancang anti paralel dengan 1 (satu) buah elektroda gerbang (*gate electrode*) yang menyatu. SCR merupakan piranti zat padat (*solid state*) yang berfungsi sebagai sakelar daya berkecepatan tinggi.



**Gambar 2.16** TRIAC dan Ekuivalensi Simbolnya

TRIAC memiliki karakteristik *switching* seperti pada SCR, kecuali bahwa TRIAC dapat berkonduksi dalam berbagai arah. TRIAC dapat digunakan untuk mengontrol aliran arus dalam rangkaian AC. Elemen seperti penyearah dalam kedua arah menunjukkan kemungkinan dua aliran arus antara terminal utama M1 dan M2. Pengaturan dilakukan dengan menerapkan sinyal antara *gate* (gerbang) dan M1.



**Gambar 2.17** Karakteristik TRIAC

Karena dapat bersifat konduktif dalam dua arah, biasanya TRIAC digunakan untuk mengendalikan fasa arus AC (contohnya kontroler tegangan AC). Selain itu, karena TRIAC merupakan devais bidireksional, terminalnya tidak dapat ditentukan sebagai *anode* atau *katode*. Jika terminal MT2 positif terhadap terminal MT1, TRIAC dapat dimatikan dengan memberikan sinyal gerbang positif antara gerbang G dan MT1. Sebaliknya jika terminal MT2 negatif terhadap MT1 maka TRIAC akan dapat dihidupkan dengan memberikan sinyal pulsa negatif antara gerbang G dan terminal MT1. Tidak perlu untuk memiliki kedua sinyal gerbang positif dan negatif dan TRIAC akan dapat dihidupkan baik dengan sinyal positif atau negatif.

## 2.8. Definisi SCADA

SCADA bisa diartikan sebagai pengumpul dan pengendali data akuisisi yang merupakan sebagai antarmuka yang dapat memudahkan proses pengontrolan. SCADA ini berfungsi layaknya tugas operator yaitu pemantauan, pengoperasi dan pengontrol. Seperti menghidupkan dan mematikan, mengumpulkan laporan – laporan pada jangka waktu pemakaian objek dan yang

paling bermanfaat dapat langsung mengidentifikasi *error* atau kesalahan yang terjadi pada sistem, oleh alasan tersebut sistem SCADA ini sangat diperlukan pada pengendalian sistem – sistem kontrol baik itu kontrol produksi pada sebuah industri, kontrol otomatisasi irigasi, kontrol dan pemantau yang digunakan oleh perusahaan listrik dan lain – lain.

Secara garis besar sistem SCADA terbagi menjadi lima yaitu:

a. Operator

Manusia yang menjadi operator bertugas memonitor SCADA sistem yang dapat melakukan kontrol terhadap fungsi – fungsi SCADA.

b. *Human Machine Interface* (HMI)

*Interface* aplikasi pada komputer yang akan menampilkan data (grafik, angka dan seterusnya) kepada operator dan tersedia fungsi input kontrol sistem SCADA.

c. *Master Terminal Unit* (MTU)

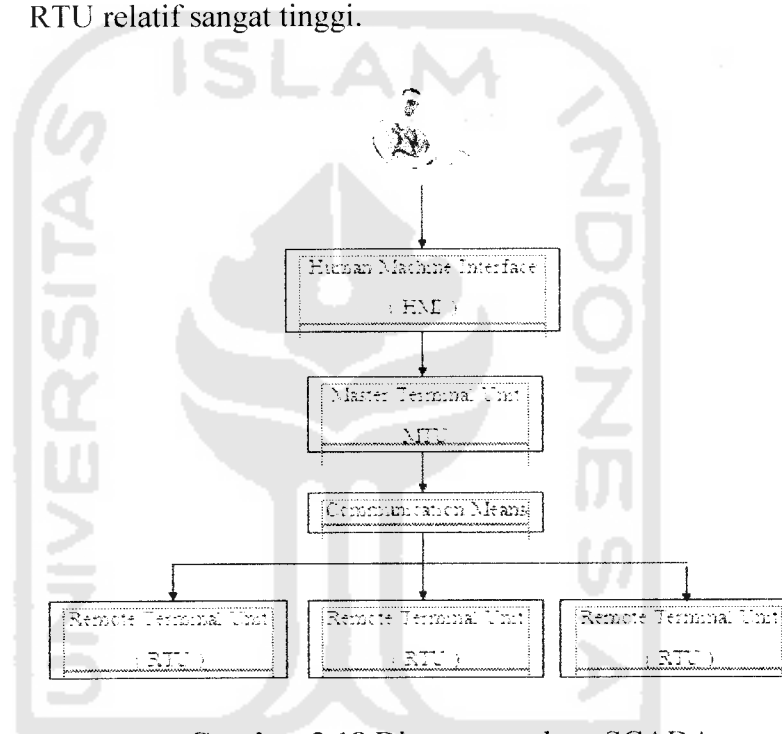
Perangkat yang berfungsi sebagai master pada arsitektur *master/slave*. MTU ini menampilkan data ke operator melalui HMI, mengumpulkan data dari lokasi yang berjauhan dan mengirimkan sinyal kontrol ke *remote site*.

d. *Communications means*

Metode komunikasi antar MTU dan *remote controller*. Biasanya menggunakan internet, *wireless*, *wired network* atau bahkan PSTN.

e. *Remote Terminal Unit (RTU)*

Perangkat PLC yang berfungsi sebagai *slave* pada arsitektur *master/slave*. Mengirimkan sinyal – sinyal kontrol ke perangkat yang akan dikendalikan, memperoleh data dari perangkat tersebut. kemudian mengirimkan data ke MTU. Komunikasi antara MTU dan RTU relatif sangat tinggi.



**Gambar 2.18** Diagram struktur SCADA

Sistem SCADA memiliki kemampuan dalam mempelajari proses. Semakin banyak hal yang bisa dipantau, semakin detik operasi yang bisa dilihat dan semuanya bekerja secara *real time*. Tidak peduli sekompleks apapun proses yang ditangani semua dapat dilihat dalam skala besar maupun kecil, dengan demikian semua kesalahan yang terjadi dapat ditelusuri, serta data dapat langsung dikontrol karena data bersifat terpusat dan terdistribusi.

Sistem SCADA juga memberikan keleluasaan dalam mengatur maupun mengkonfigurasi sistem, dengan menempatkan sensor dan kontrol di setiap titik kritis di dalam proses yang ditangani, hal ini biasanya digunakan untuk peringatan dini dari jarak jauh.

## **2.9. Programmable Logic Controller ( PLC )**

### **2.9.1. Definisi PLC**

PLC adalah suatu rangkaian mikrokontroler yang terdiri dari beberapa bagian, yaitu CPU, *Memory*, Data Register, Internal *relay*, *Input / Output Counter* dan *Timer* yang terintegrasi dalam satu perangkat. Pada SCADA PLC digunakan sebagai MTU dan RTU.

Ada beberapa alasan kenapa PLC digunakan pada dunia industri, seperti: tidak memerlukan pekerjaan *wiring* kabel yang rumit, kecepatan respon yang tinggi dan efisiensi, mudah untuk modifikasi sistem, dapat digunakan untuk sistem yang kompleks (MMI atau HMI), dapat dikomunikasikan antar PLC, serta penghematan komponen seperti *timer*, *relay* dan *counter*.

### **2.9.2. Prinsip kerja PLC**

Untuk dapat menggunakan PLC, cukup dengan menghubungkan sensor pada bagian *input device* PLC dan alat – alat yang dikontrol pada bagian output device PLC. Kemudian program yang ada dalam PLC akan memproses data dari masukan *input device* PLC dan *outputnya* akan bekerja sesuai dengan program yang dibuat dan tersimpan di dalam modul memori PLC.

Peralatan *input* dapat berupa sensor fotoelektrik, *push button*, panel kontrol, *limit switch* atau peralatan lainnya dimana dapat menghasilkan suatu

sinyal yang dapat diterima PLC. Peralatan *output* dapat berupa *switch* yang menggerakkan lampu indikator, *relay* yang menyalakan motor atau peralatan lain yang dapat digerakkan oleh sinyal output dari PLC.

PLC menggunakan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi – instruksi yang dapat menjalankan fungsi – fungsi khusus seperti : logika, pewaktuan, sekuensial dan aritmetika yang dapat mengendalikan suatu mesin atau proses melalui modul – modul I/O baik analog maupun digital.

### 2.9.3. Bagian – Bagian PLC

Sebagai perangkat pengendali proses, PLC mempunyai bagian – bagian penting yang mendukung unjuk kerja sistemnya. Bagian – bagian itu adalah :

a. CPU

CPU berfungsi untuk mengontrol dan mengawasi semua pengoperasian dalam PLC, melaksanakan program yang disimpan di dalam memori.

b. Memori

Memori yang terdapat pada PLC berfungsi untuk menyimpan program dan memberikan lokasi – lokasi dimana hasil – hasil perhitungan dapat disimpan di dalamnya.

c. I/O

Setiap *input/output* memiliki alamat dan nomor urutan khusus yang digunakan selama membuat program untuk memonitor satu persatu aktivitas input dan output didalam program.

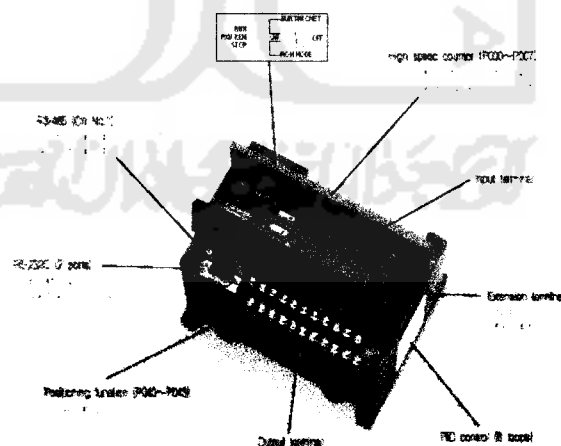
d. Power Supply

PLC tidak akan beroperasi jika tidak ada catu daya listrik. Catu daya merubah tegangan *input* menjadi tegangan listrik yang dibutuhkan oleh PLC. Dengan kata lain, sebuah catu daya listrik mengkonversikan supply daya (220 V) ke daya yang dibutuhkan CPU atau modul *input/output*.

#### 2.9.4 Jenis-Jenis PLC LG

a. PLC LG MASTER-K 120 S

PLC ini memiliki fasilitas yang sangat banyak. Beberapa diantaranya adalah proses program dengan kecepatan tinggi, tanpa baterai untuk penyimpanan data, menggunakan RS232 untuk komunikasi dengan komputer dan RS485 untuk komunikasi antar PLC, fungsi kendali PID, *timer*, *counter* dan lain –lain.



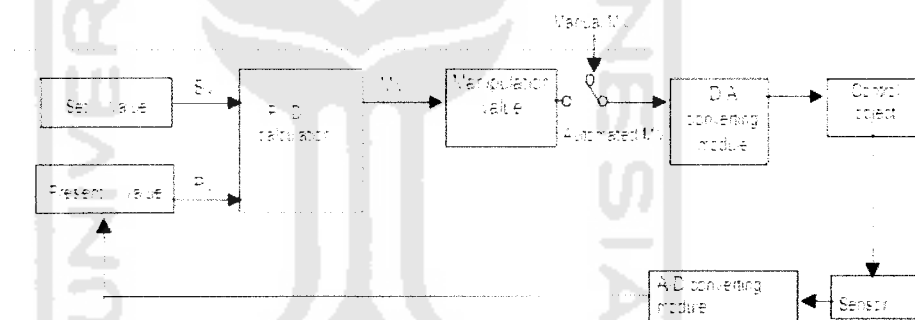
**Gambar 2.19** PLC LG Master K 120S

PLC Master K 120 S memiliki 128 buah *timer* dan 128 *counter* dengan berbagai mode yang bermacam – macam. Master K 120 S



memiliki 128 *input* dan 8 *output*. Tegangan untuk masukan sebesar 24 Volt dan keluaran merupakan relay yang dapat digunakan untuk berbagai macam pensaklaran, baik DC maupun AC.dengan arus beban maksimal 2 A. Sumber daya dari PLC itu sendiri adalah tegangan AC 220 Volt.

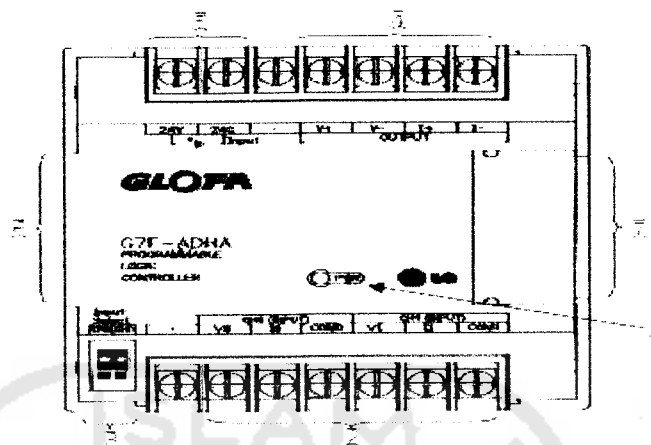
Pada PLC MASTER-K 120 S terdapat fungsi kontrol PID dan dapat dilakukan dengan mudah dengan intruksi ( PID8, PID8AT ). Selain itu operasi P, operasi PI, maupun operasi PID dapat dilakukan dengan mudah dengan mengatur parameter yang telah tersedia di KGL-WIN. Gambar 2.20 merupakan diagram blok dari aksi control PID dengan menggunakan PLC MASTER-K 120S



**Gambar 2.20.** Diagram blok aksi control PID dengan menggunakan PLC

b. *AD/DA Combination Module G7F-ADHA*

G7F-ADHA adalah modul kombinasi dari analog-digital converter (ADC) dengan digital-analog converter ( DAC ) dan merupakan modul ekspansi untuk PLC seri GLOFA GM7 dan MASTER-K 120S. Modul ini digunakan untuk konversi sinyal input analog( tegangan atau arus listrik ) dari sensor kedalam 12 bit digital biner dan sebaliknya. Gambar 2.21 merupakan modul ekspansi G7F-ADHA.



**Gambar 2.21** GLOFA G7F-ADHA

G7F-ADHA terdiri dari 2 *channel*, yaitu *channel 0* dan *channel 1*, dengan masukan berupa tegangan atau arus yang dapat dipilih dengan menjumper pada bagian *input select*. Tegangan *eksternal* untuk modul ini adalah 24V. Pada modul ini hanya terdapat satu jenis output ( arus atau tegangan). Modul ini memiliki *special data register* yang digunakan apabila terhubung dengan MASTER-K 120S. Berikut adalah tabel data *register* dan penjelasannya.

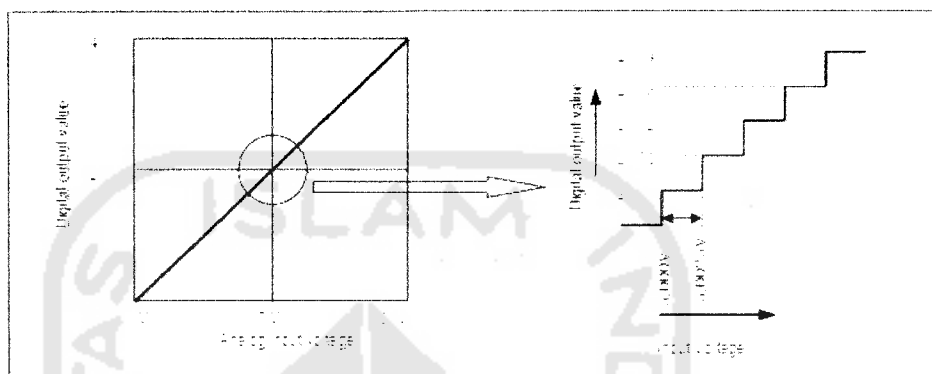
**Tabel 2.4** *Special data register* pada G7F-ADHA

| Special Data Register | Penjelasan  | Keterangan           |
|-----------------------|---|----------------------|
| D4980                 | Nilai A/D <i>conversion</i> dari channel 1 disimpan | Expansion module # 1 |
| D4981                 | Nilai A/D <i>conversion</i> dari channel 2 disimpan |                      |
| D4982                 | Nilai D/A <i>conversion</i>                         |                      |
| D4983                 | Tidak digunakan                                     |                      |
| D4984                 | Nilai A/D <i>conversion</i> dari channel 1 disimpan | Expansion module # 2 |
| D4985                 | Nilai A/D <i>conversion</i> dari channel 2 disimpan |                      |
| D4986                 | Nilai D/A <i>conversion</i>                         |                      |
| D4987                 | Tidak digunakan                                     |                      |

Selain memiliki *special data register* G7F-ADHA memiliki karakteristik

I/O conversion yaitu:

### 1. Tegangan input

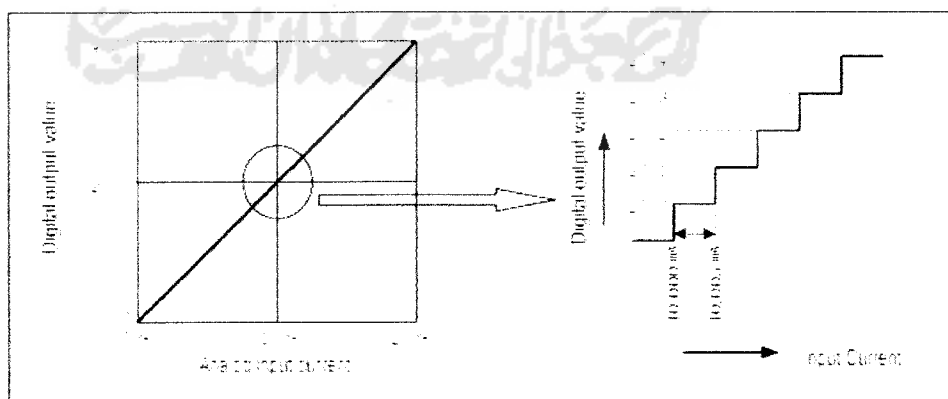


A/D conversion characteristics (voltage input).

**Gambar 2.22** Karakteristik A/D conversion (tegangan input)

Pada tegangan input apabila nilai digital adalah 0 maka nilai tegangan adalah 0V. Dan apabila nilai digital adalah 4000 maka setara dengan 10 V. Karena itu setiap kenaikan tegangan sebesar 2.5 mV setara dengan kenaikan 1 pada bilangan digitalnya.

### 2. Arus input



A/D conversion characteristics (current input).

**Gambar 2.23** Karakteristik A/D conversion ( Arus Input )