

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri pada bidang otomotif yang sangat pesat membutuhkan suatu perangkat yang dapat bekerja secara otomatis untuk mendukung proses produksi. Disamping untuk meningkatkan efisiensi tenaga kerja penggunaan perangkat otomatis juga dapat membantu meningkatkan efisiensi waktu dalam produksi.

Salah satu bagian dalam industri otomotif yang memerlukan otomatisasi adalah bagian pengovenan rangka mobil, dimana pengontrolan dilakukan dengan mengatur suhu dan sirkulasi udara pada ruangan pengovenan tersebut serta lama pengovenan untuk menghasilkan kualitas hasil pengecatan yang baik. Dengan menggunakan kontrol berbasis PLC, pengontrolan tersebut sangat mungkin dilakukan. Sistem otomatis ini didukung oleh adanya sensor yang memiliki peran signifikan untuk berjalannya sistem yang akan digunakan sebagai referensi dalam pengontrolan oleh PLC.

Pada proses pengecatan di pabrik mobil, rangka mobil di oven pada suhu sekitar 80 derajat *Celcius* selama 45 - 55 menit. Hal ini dapat dilakukan karena *body* mobil terbuat dari metal dan tanpa ada bahan plastik yang di cat di dalamnya yang mana akan mengakibatkan meleleh pada suhu tersebut. Proses pengecatan oven akan menghasilkan pengerasan pigmen cat mobil dan bahan *additive* yang akan memberikan perekatan pada permukaan *body* mobil menjadi lebih baik. Hasil dari proses pengecatan oven ini akan memberikan hasil pengecatan ulang (*Repaint*) yang bagus dan kuat, selama proses pengerjaan cat ulang mobil di lakukan dengan benar dan dilakukan pengamplasan terlebih dahulu.

Dari penelitian sebelumnya yang di lakukan oleh saudara Hasyrul Abdul Aziz ST., diketahui terdapat kekurangan dalam perancangan ini yaitu penggunaan kontroler *on-off* yang mengharuskan mempunyai batas atas dan batas bawah sehingga mengakibatkan suhu yang di keluarkan sistem mengalami kenaikan dan penurunan (berosilasi) walaupun masih dalam batas tertentu. Maka dari itu penggunaan kontroler PID akan lebih tepat digunakan disini.

Berdasarkan Jurnal *Digital Collections* dari Universitas Kristen Petra Surabaya Pengovenan yang baik harus mempunyai kriteria sebagai berikut:

1. Tingkat mengkilat yang baik atau tidak buram.
2. Kekuatan menempel cat yang tahan lama.
3. Cat tidak meler dan kotor serta kekeringannya merata.

Mempertimbangkan keterbatasan waktu perancangan, pengujian dan sulitnya mendapatkan jenis cat yang berkualitas tinggi, maka hasil yang ingin dicapai perancang hanya terbatas pada pengaturan suhu yang harus dijaga konstan saat proses pengovenan berlangsung.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dari latar belakang yang telah dipaparkan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengimplementasikan sistem kontrol PID berbasis PLC pada pengovenan kerangka dasar mobil.
2. Bagaimana mengendalikan suhu pengovenan agar sesuai dengan yang diharapkan.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan skripsi ini terdapat batasan masalah sebagai berikut

1. PLC yang digunakan tipe PLC XBM-DN16S dengan *software* XG5000 yang terdapat di Laboratorium Sistem Kontrol Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Variabel yang dapat diubah adalah suhu pada ruang pengovenan dan waktu pengovenan.
3. Tidak menekankan pembahasan pada rangkaian elektrik yang digunakan.

1.4 Tujuan

Tujuan penyusunan skripsi adalah menghasilkan alat otomatisasi proses pengovenan rangka dasar mobil setelah dilakukan pengecatan menggunakan PLC XBM-DN16S.

1.5 Sistematika Pembahasan

Skripsi ini terdiri dari 6 bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika pembahasan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Menjelaskan teori dasar yang berisi penjelasan tentang teori pengovenan kerangka dasar mobil, sensor suhu LM35, kontroler PID, PLC, dan rangkaian pengkondisi sinyal.

BAB III Metodologi Penulisan

Menjelaskan tentang metodologi penelitian yang terdiri dari studi literatur, perancangan alat, pembuatan alat, pengujian alat, serta pengambilan kesimpulan dan saran.

BAB IV Perencanaan dan Pembuatan Alat

Menjelaskan tentang perancangan dan pembuatan alat yang meliputi prinsip kerja alat, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak.

BAB V Pengujian

Menjelaskan tentang pengujian alat dan analisa yang meliputi pengujian bagian blok sistem dan pengujian sistem secara keseluruhan.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Menjelaskan tentang pengambilan kesimpulan sesuai dengan hasil perealisasi dan pengujian alat sesuai dengan tujuan dan rumusan masalah, serta pemberian saran untuk pengembangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memudahkan dalam memahami cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar perencanaan dari alat ini, maka perlu adanya penjelasan dan uraian teori penunjang yang digunakan dalam penulisan ini. Teori penunjang yang akan dijelaskan dalam bab ini adalah:

- Pengovenan.
- Kontroler
- Kontroler PID (*Proportional Integral Derivative*)
- PLC (*Programable Logic Controler*)
- Sensor Suhu LM35

2.1 Pengovenan

Pada proses pengecatan terdapat proses pengeringan yang merupakan bagian terpenting untuk mendapatkan hasil pengecatan yang baik. Pada dasarnya proses pengeringan dilakukan dengan pemanasan langsung di ruang terbuka (jemur), karena perkembangan teknologi, proses pengeringan cat sudah menggunakan oven dan panas yang dihasilkan berasal dari energi konvensional (pembakaran bahan bakar fosil atau listrik). Keuntungan dari penggunaan oven pada pengeringan cat adalah hasil pengecatan yang bagus, suhu pengeringan tercapai, tidak ada kontaminasi debu maupun kotoran serta waktu pengecatan yang lebih cepat.

2.1.1 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas secara radiasi adalah proses perpindahan panas yang melewati lapisan gelombang elektromagnetik. Penyinar ideal atau benda hitam memancarkan energi radiasi dari permukaannya dengan laju q_r yang dirumuskan sebagai berikut : (Shauman, 1983 : 18)

$$q_r = \sigma \cdot A (T_1^4 - T_2^4)$$

Untuk memperhitungkan sifat-sifat kelabu dari sebuah permukaan, digunakan faktor emisivitas ϵ , yang menghubungkan sinar dari permukaan kelabu dengan permukaan yang hitam sempurna. Radiasi dari suatu permukaan tidak seluruhnya sampai ke permukaan lain, hal ini karena radiasi elektromagnetik berjalan menurut garis lurus dan sebagian hilang ke lingkungan, sehingga persamaan laju perpindahan panasnya : (Homna, 1988 : 13)

$$q_r = F\epsilon \cdot F_G \cdot \sigma \cdot A (T_1^4 - T_2^4) \quad (2-2)$$

dengan, :

$F\epsilon$ = faktor emisivitas

F_G = faktor pandangan

2.1.2 Konsep Perpindahan Panas

Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah suatu perpindahan energi dari suatu sistem ke sistem lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara sistem-sistem tersebut. Energi yang dipindah berupa panas atau kalor, sehingga akan terjadi aliran panas. Yang membedakan ilmu perpindahan panas dengan termodinamika adalah pada termodinamika membahas sistem pada keadaan setimbang, sedangkan syarat terjadinya aliran panas adalah ketidakseimbangan suhu. Jadi pada ilmu perpindahan panas sasaran utama adalah laju perpindahan.

2.1.3 Kondisi awal dari analisis transien

Kondisi awal menunjukkan temperatur pada titik awal/titik start untuk analisis transien. Setiap titik mode pada pemodelan harus diberikan temperatur awal yang eksplisit, jika temperatur awal ini tidak diberikan maka secara otomatis temperatur awalnya adalah 0.

2.1.4 Menentukan fungsi temperatur dan waktu

Fungsi temperatur dan waktu ditentukan dengan menggunakan perintah yang ada, kehati-hatian dalam menentukan fungsi ini sangat diperlukan karena penyelesaian yang dihasilkan sangat ditentukan oleh fungsi temperatur dan waktu yang kita buat, sehingga contoh, kita buat fungsi waktu dan temperatur seperti pada Tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Waktu dan temperatur

<i>Time</i>	<i>Temperature</i>
0.0	0.0
10.0	10.0
100.0	100.0

2.2 Kontroler

Keberadaan kontroler dalam sebuah sistem kontrol mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Pada prinsipnya hal itu disebabkan oleh tidak dapat diubahnya komponen penyusun sistem tersebut. Artinya, karakteristik *plant* harus diterima sebagaimana adanya, sehingga perubahan perilaku sistem hanya dapat dilakukan melalui penambahan suatu sub sistem, yaitu kontroler.

Salah satu fungsi komponen kontroler adalah mengurangi sinyal kesalahan, yaitu perbedaan antara nilai referensi/nilai yang diinginkan dan nilai aktual. Hal ini sesuai dengan tujuan sistem kontrol dimana mendapat nilai sinyal keluaran sama dengan nilai yang diinginkan referensi. Semakin kecil kesalahan yang terjadi, semakin baik kinerja sistem kontrol yang diterapkan.

Apabila perbedaan antara nilai referensi dengan nilai keluaran relatif besar, maka kontroler yang baik seharusnya mampu mengamati perbedaan ini untuk segera menghasilkan sinyal keluaran untuk mempengaruhi *plant*. Dengan demikian sistem secara cepat mengubah keluaran *plant* sampai diperoleh selisih dengan nilai referensi sekecil mungkin.

Prinsip kerja kontroler adalah membandingkan nilai aktual keluaran *plant* dengan nilai referensi, kemudian menentukan nilai kesalahan dan akhirnya menghasilkan sinyal kontrol untuk meminimalkan kesalahan (Ogata, 1996: 197-204).

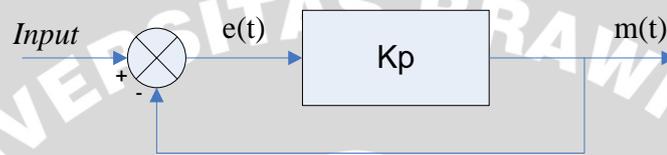
2.3 Kontroler PID (Proportional Integral Derivative)

2.3.1 Kontroler 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.

Pada Gambar 2.1 menunjukkan diagram blok yang menggambarkan hubungan antara *input* (besaran referensi yang diinginkan), besaran aktual dengan besaran keluaran kontroler proporsional, dan besaran kesalahan (*error*). Sinyal kesalahan (*error*) merupakan selisih antara besaran *setting* dengan besaran aktualnya.



Gambar 2.1 Diagram Blok Kontroler Proporsional

Sumber: Ogata, 1995: 157

Pada pengendali proporsional hubungan antara keluaran kontroler $m(t)$ dan sinyal kesalahan $e(t)$ adalah

$$m(t) = K_p e(t) \dots\dots\dots(2-1)$$

Sumber: Ogata, 1995: 157

dengan K_p adalah penguatan proporsional. Keluaran $m(t)$ hanya tergantung pada K_p dan *error*, semakin besar *error* maka semakin besar koreksi yang dilakukan. Penambahan K_p akan menaikkan penguatan sistem sehingga dapat digunakan untuk memperbesar kecepatan respons dan mengurangi kesalahan keadaan mantap.

2.3.2 Kontroler Integral

Kontroler integral berfungsi mengurangi kesalahan keadaan mantap yang dihasilkan pada kontroler proporsional sebelumnya. Kalau sebuah *plant* tidak memiliki unsur integrator ($1/s$), kontroler proporsional tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantap nol.

Kontroler integral memiliki karakteristik seperti halnya sebuah integral. Keluaran kontroler sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Keluaran kontroler ini merupakan jumlahan yang

terus menerus dari perubahan masukannya. Kalau sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan. Gambar 2.2 menunjukkan diagram blok kontroler integral.



Gambar 2.2 Diagram Blok Kontroler Integral

Sumber: Ogata, 1995: 158

Nilai keluaran kontroler $m(t)$ sebanding dengan integral sinyal kesalahan $e(t)$,
Sehingga

$$\frac{dm(t)}{dt} = Ki \cdot e(t) \dots\dots\dots(2-2)$$

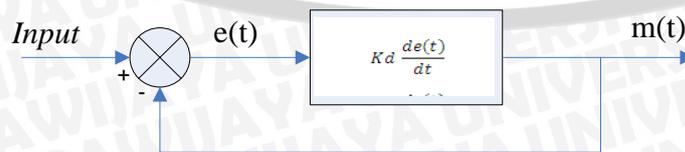
$$m(t) = Ki \int_0^t e(t) dt \dots\dots\dots(2-3)$$

Sumber: Ogata, 1995: 157

Dengan K_i adalah konstanta integral. Jika sinyal kesalahan $e(t)=0$, maka laju perubahan sinyal kendali integral $\frac{dm(t)}{dt} = 0$ atau sinyal keluaran kendali akan tetap berada pada nilai yang dicapai sebelumnya. Aksi kontrol integral digunakan untuk menghilangkan kesalahan posisi dalam keadaan mantap (*error steady state*) tanpa memperhitungkan kecepatan respons.

2.3.3 Kontroler Diferensial

Kontroler diferensial memiliki sifat seperti halnya suatu operasi *derivatif*. Perubahan yang mendadak pada masukan kontroler, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Gambar 2.3 berikut menunjukkan diagram blok pada kontroler diferensial.



Gambar 2.3 Diagram Blok Kontroler Diferensial



Sumber: Ogata, 1995: 177

Nilai keluaran kontroler $m(t)$ sebanding laju sinyal kesalahan $\frac{de(t)}{dt}$. Hubungan ini dapat ditulis sebagai:

$$m(t) = Kd \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots(2-4)$$

Sumber: Ogata, 1995: 179

Kontroler diferensial akan memberikan sinyal kendali keluaran $m(t)= 0$, untuk sinyal kesalahan $e(t)$ yang konstan sehingga kontroler diferensial tidak mempengaruhi keadaan mantap. Kontroler diferensial digunakan untuk memperbaiki atau mempercepat respons transien sebuah sistem serta dapat meredam osilasi.

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

Dari ketiga aksi kontrol dasar di atas dapat dibuat kombinasi dari ketiganya, yaitu:

2.3.4 Kontroler Proporsional Integral Diferensial (PID)

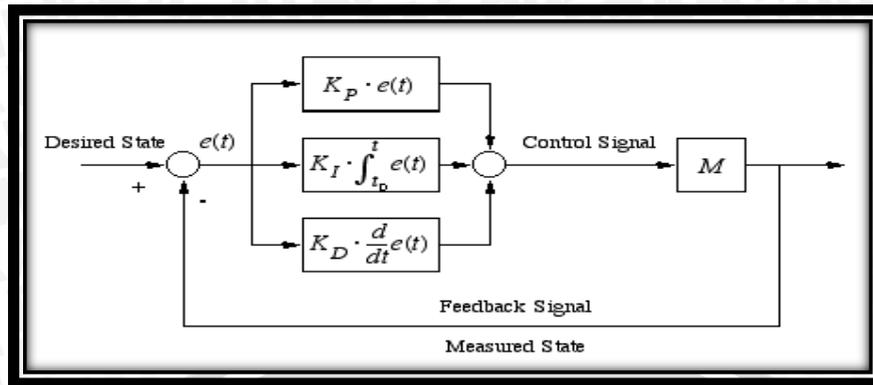
Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler proporsional integral diferensial (PID). Elemen-elemen kontroler P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar (Gunterus, 1994, 8-10). Kontroler PID memiliki diagram kendali seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.5.

Aksi kontrolnya dinyatakan sebagai:

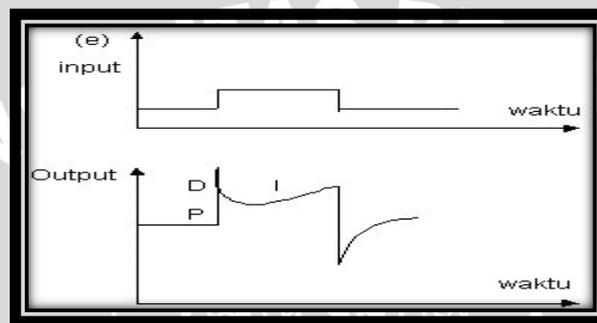
$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots(2-5)$$

Sumber: Ogata, 1995: 183

Jenis kontroler ini digunakan untuk memperbaiki kecepatan respons, mencegah terjadinya kesalahan keadaan mantap serta mempertahankan kestabilan.



Gambar 2.4 Diagram Blok Kontroler PID



Gambar 2.5 Fungsi Waktu antara Sinyal Keluaran dan Sinyal Masukan Kontroler PID

Sumber: Gunterus, 1994:8-11

Keluaran kontroler PID merupakan penjumlahan dari keluaran kontroler proporsional, integral dan diferensial. Gambar 2.4 diatas menunjukkan hubungan tersebut. Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P, I dan D. Penyetelan konstanta K_p , T_i dan T_d akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat disetel lebih menonjol dibanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah yang akan memberikan kontribusi pada respon sistem secara keseluruhan (Gunterus, 1994, 8-10).

2.3.5 Metode Tuning PID

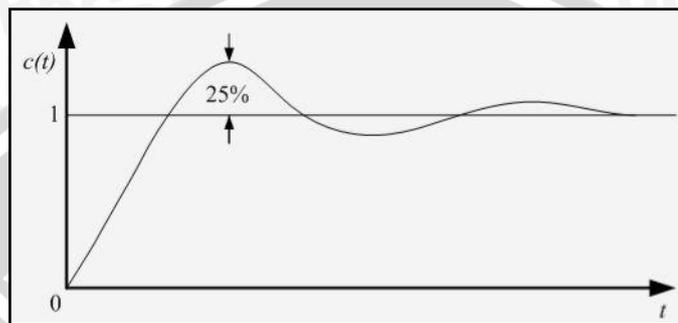
Metode Ziegler-Nichols.

Ziegler dan Nichols mengemukakan aturan-aturan untuk menentukan nilai dari gain proporsional K_p , waktu integral T_i , dan waktu derivatif T_d berdasarkan karakteristik respon transien dari *plant* yang diberikan. Penentuan parameter



kontroler PID atau penalaan kontroler PID tersebut dapat dilakukan dengan bereksperimen dengan plan. (Ogata, K., 1997)

Terdapat dua metode yang disebut dengan aturan penalaan Ziegler-Nichols, pada kedua metode tersebut memiliki tujuan yang sama yaitu untuk mencapai 25% *maximum overshoot* pada respon unit step, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.6.

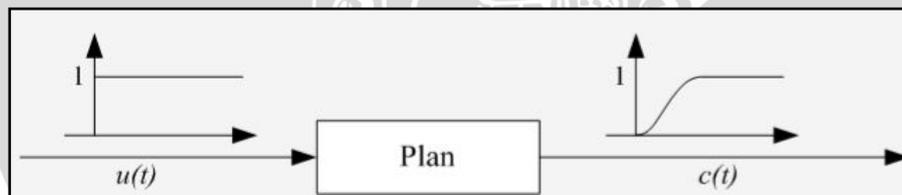


Gambar 2.6 Kurva Respon *Unit Step* yang Menunjukkan 25% *Maximum Overshoot*

Sumber: Teknik Kontrol Automatik, Katsuhiko Ogata, 1997

a) Metode Pertama

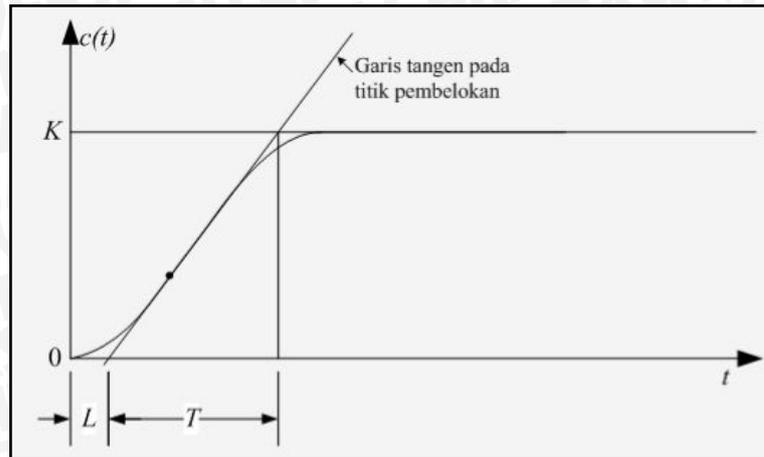
Metode pertama atau sering disebut metode kurva reaksi, respon dari *plan* dapat dapat diperoleh secara eksperimental dengan masukan berupa unit step, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.7



Gambar 2.7 Respons Plan Terhadap Masukan Berupa *Unit Step*

Sumber: Teknik Kontrol Automatik, Katsuhiko Ogata, 1997

Jika dalam plan tersebut terdapat integrator atau *dominan complex-conjugate poles*, maka kurva respons unit *step* berbentuk seperti huruf S, seperti dalam Gambar 2.8. Jika respons tidak memberikan bentuk kurva S, maka metode ini tidak berlaku. (Ogata, K., 1997).



Gambar 2.8 Respons Plan berbentuk S

Sumber: Teknik Kontrol Automatik, Katsuhiko Ogata, 1997

Kurva berbentuk S tersebut dapat dikarakteristikkan menjadi dua konstanta yaitu waktu tunda L dan konstanta waktu T . Waktu tunda dan konstanta waktu ditentukan dengan menggambar sebuah garis tangen pada titik pembelokan dari kurva S, dan menentukan perpotongan antara garis tangen dengan sumbu waktu t dan sumbu $c(t) = K$, seperti yang telah ditunjukkan dalam Gambar 2.9 Fungsi alih $C(s)/U(s)$ dapat dilakukan pendekatan dengan sistem orde satu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts+1} \dots\dots\dots(2-6)$$

Ziegler dan Nichols menyarankan untuk menentukan nilai-nilai dari K_p , T_i dan T_d berdasarkan pada formula yang ditunjukkan dalam Tabel 2.2 (Ogata, K., 1997)

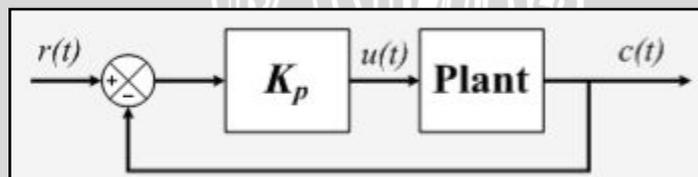
Tabel 2.2 Aturan Penalaan Ziegler-Nichols Berdasarkan Respons Unit Step Dari Plan

Tipe Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0,9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0,5 L$

Sumber: Ogata, K. 1997

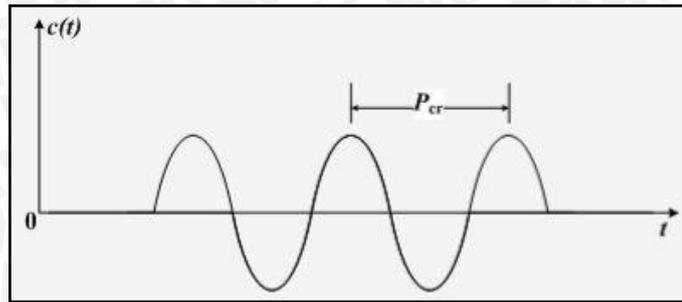
b) Metode Kedua

Dalam metode kedua ziegler-nichols, mula-mula yang dilakukan adalah membuat $T_i = 0$ dan $T_d = 0$. Kemudian hanya dengan menggunakan tindakan kontrol proporsional, harga ditingkatkan dari nol ke suatu nilai kritis K_{cr} , disini mula-mula keluaran memiliki osilasi yang berkesinambungan (Jika keluaran tidak memiliki osilasi berkesinambungan untuk nilai K_p manapun yang telah diambil, maka metode ini tidak berlaku). Dari keluaran yang berosilasi secara berkesinambungan, penguatan kritis K_{cr} dan periode P_{cr} dapat ditentukan. Diagram blok sistem loop tertutup dengan kontroler proporsional dapat dilihat dalam Gambar 2.9 dan untuk osilasi berkesinambungan dengan periode P_{cr} dapat dilihat dalam gambar 2.10 Ziegler dan Nichols menyarankan penyetelan nilai parameter K_p, T_i, T_d dan berdasarkan rumus yang diperlihatkan dalam Tabel 2.3. (Ogata, K., 1997)



Gambar 2.9 Sistem Loop Tertutup dengan Kontroler Proporsional

Sumber: Teknik Kontrol Automatik, Katsuhiko Ogata, 1997



Gambar 2.1 Osilasi Berkesinambungan dengan periode P_{cr}
 Sumber: Teknik Kontrol Automatik, Katsuhiko Ogata, 1997

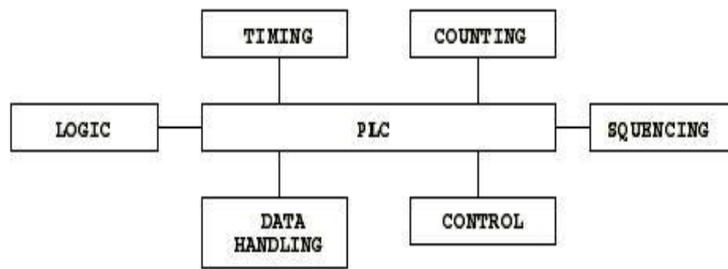
Tabel 2.3 Aturan Dasar Ziegler-Nichols Berdasarkan *Critical Gain* K_{cr} dan *Critical Period* P_{cr}

Tipe Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45 K_{cr}$	$\frac{1}{1.2} P_{cr}$	0
PID	$0.60 K_{cr}$	$0.5 P_{cr}$	$0.125 P_{cr}$

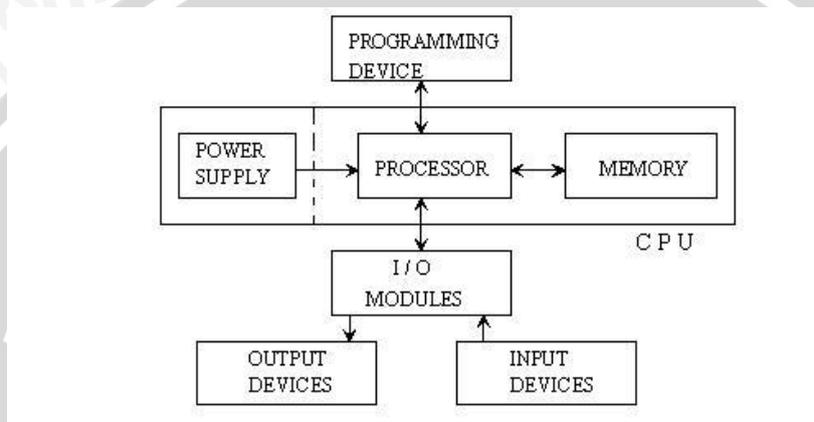
Sumber: Teknik Kontrol Automatik, Katsuhiko Ogata, 1997

2.4 PLC

PLC merupakan peralatan mikroprosesor serbaguna yang dirancang khusus untuk bisa bekerja di lingkungan industri. PLC dapat bekerja pada lingkungan dengan kelembaban 0% sampai 90% serta di lingkungan yang berdebu dan berpolusi tinggi. PLC digunakan untuk mengontrol mesin-mesin atau proses dengan daya guna dan ketelitian yang tidak tertandingi oleh sistem konvensional berbasis relay elektromekanis. Berdasarkan pada standar yang dikeluarkan oleh *National Electrical Manufactures Association* (NEMA) ICS3-1978 Part. ICS3-304, PLC didefinisikan bahwa "PLC adalah suatu peralatan elektronik yang bekerja secara digital, memiliki memori yang dapat diprogram, menyimpan perintah-perintah untuk melakukan fungsi-fungsi khusus, seperti *logic*, *sequencing*, *timing*, *counting*, dan aritmatika untuk mengontrol berbagai jenis mesin atau proses melalui analog atau digital *input/output* modul".



Gambar 2.2 Fungsi PLC
 Sumber: Omron 1993:13



Gambar 2.3 Arsitektur PLC
 Sumber: Omron 1993:13

2.4.1 Prinsip Kerja PLC

Programmable

Menunjukkan kemampuan PLC yang dapat dengan mudah diubah-ubah konfigurasinya sesuai program yang diinginkan.

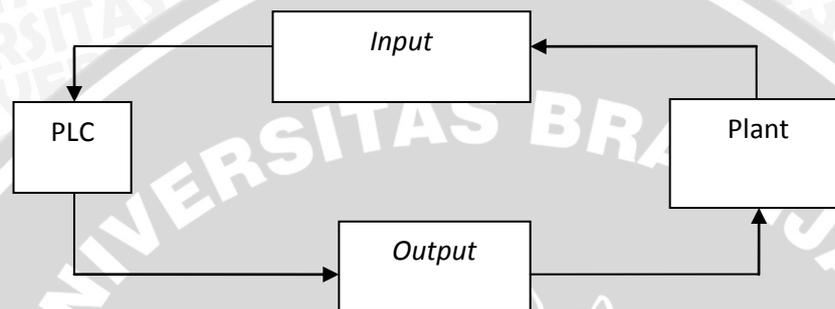
Logic

Menunjukkan kemampuan PLC dalam memproses masukan (*input*) secara aritmatik yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, dan mengurangi.

Controller

Menunjukkan kemampuan PLC dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan keluaran (*output*) yang diinginkan. PLC adalah suatu perangkat yang dapat di program dengan mudah untuk mengontrol peralatan dalam sistem yang akan dikontrol dalam bidang industri pengguna mesin otomatis dan proses secara otomatis. Pengontrolan dengan sistem elektromagnetik yang menggunakan rele – rele mempunyai banyak kelemahan. Diantaranya kontak-

kontak rele yang mudah aus karena panas, terbakar atau hubung singkat membutuhkan biaya yang besar untuk instalasi, pemeliharaan dan modifikasi dari sistem yang telah dibuat. Dengan menggunakan PLC hal tersebut dapat diatasi, karena PLC mengintegrasikan berbagai macam komponen yang berdiri sendiri menjadi suatu sistem kendali terpadu dan dengan mudah dimodifikasi tanpa mengganti semua *instrument* yang ada. Gambar 2.13 menunjukkan diagram blok prinsip kerja PLC.



Gambar 2.4 Diagram Blok Prinsip Kerja PLC

2.4.2 Perangkat Keras PLC

2.4.2.1 *Central Processing Unit (CPU)*

Central Processing Unit berfungsi untuk mengambil instruksi dari memori, mendekodinya dan kemudian mengeksekusi instruksi tersebut. Selama proses tersebut, CPU akan menghasilkan sinyal kontrol, memindahkan data ke I/O *port* atau sebaliknya, melakukan fungsi aritmatik dan logika, juga mendeteksi sinyal dari luar CPU. CPU, pada umumnya terdiri atas 3 (tiga) unsur utama, yaitu *processor*, sistem memori dan catu daya. Arsitektur CPU dapat berbeda-beda untuk setiap merk, misalnya saja catu dayanya berada di luar CPU.

2.4.2.2 *Unit Catu Daya*

Catu daya listrik digunakan untuk memberikan pasokan catu daya ke seluruh bagian PLC (termasuk CPU, memori dan lain-lain). Kebanyakan PLC bekerja dengan catu daya 24V DC atau 220V AC. Ada beberapa PLC yang memiliki catu daya terpisah, biasanya yang seperti itu dimiliki oleh jenis PLC yang besar, sedangkan yang jenis PLC medium atau yang kecil catu dayanya sudah menjadi satu.

Catu daya listrik ini tidak digunakan untuk memberikan daya langsung ke masukan atau keluaran, artinya masukan dan keluaran murni merupakan sebuah

saklar. Operator harus menyediakan sendiri catu daya yang terpisah untuk masukan dan keluaran PLC, atau dengan memanfaatkan keluaran 24V DC dari PLC. Dengan cara demikian, maka lingkungan industri di tempat PLC digunakan tidak akan merusak PLC itu sendiri karena memiliki catu daya yang terpisah antara PLC dengan jalur-jalur masukan dan keluaran.

2.4.2.3 Unit Pemrograman

Unit pemrograman digunakan untuk memasukkan program yang dibutuhkan ke dalam memori. Program ini merupakan *software* yang menghubungkan antara PLC dengan CPU. Dengan adanya unit pemrograman maka fungsi-fungsi yang akan dimasukkan (*downloaded*) ataupun diunggah (*uploaded*) dapat dilakukan. Disinilah sistem kerja yang akan dilaksanakan oleh PLC dirancang dan diolah. Setiap jenis ataupun merk PLC memiliki *software* masing-masing yang berbeda dengan yang lain seperti misalnya program Syswin pada PLC Omron, Melsoft GX pada PLC Mitsubishi dan XG5000 pada PLC XGB.

2.4.2.4 Unit Memori

Memori pengguna dibagi menjadi beberapa blok yang memiliki fungsi khusus. Beberapa bagian memori digunakan untuk menyimpan status masukan dan keluaran. Status yang sesungguhnya dari masukan maupun keluaran disimpan sebagai logika “0” dan “1” (dalam lokasi bit memori tertentu). Masing-masing masukan atau keluaran berkaitan dengan sebuah bit dalam memori.

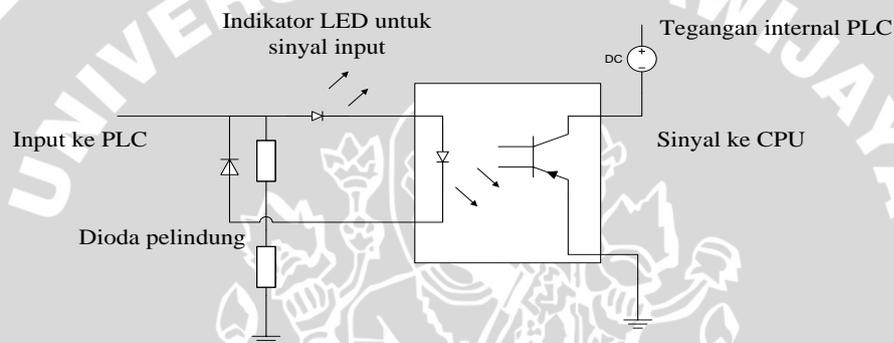
Sedangkan bagian lain dari memori digunakan untuk menyimpan isi variabel-variabel dalam pemrograman yang dituliskan, misalnya *timer* (pewaktu) atau nilai *counter* (pencacah).

2.4.2.5 Unit Input

- **Unit Input Digital**

Modul antar masukan ini berfungsi untuk mengkonversi atau mengubah sinyal-sinyal masukan dari luar menjadi sinyal yang sesuai dengan tegangan kerja CPU, misalnya masukan dari sensor dengan tegangan kerja 24V DC harus dikonversikan menjadi tegangan 5V DC agar sesuai dengan tegangan kerja CPU. *Input* digital atau *input* diskrit hanya mengenali kondisi *on* atau *off*, atau mempunyai dua kemungkinan kondisi, yaitu 0 dan 1.

Pengisolasian listrik dari sumber listrik biasanya dilakukan dengan isolator optik (*optocoupler*). Pada Gambar 2.14 ditunjukkan bahwa ketika sebuah pulsa digital melewati diode pemancar cahaya (LED), sebuah radiasi inframerah dibangkitkan. Pulsa ini terdeteksi oleh fototransistor dan mengakibatkan timbulnya tegangan pada rangkaian fototransistor tersebut. Konfigurasi rangkaian seperti ini memungkinkan sebuah pulsa digital pada satu sisi rangkaian membangkitkan sebuah pulsa digital baru pada sisi rangkaian lainnya yang sama sekali tidak tersambung secara elektronik, tetapi tersambung secara optik, tujuannya adalah melindungi CPU dari sinyal-sinyal yang tidak dikehendaki yang bisa merusak CPU.



Gambar 2.5 Digital *input* PLC

Sumber: <http://program-plc.blogspot.com/>

- **Unit Input Analog**

Unit *input analog* berfungsi untuk menangani sinyal *analog* dan mengkonversikannya ke bentuk *digital* dengan menggunakan sebuah konverter *analog ke digital* sehingga dapat diproses oleh prosesor. Kisaran *input analog* adalah sebagai berikut 0-10V DC, 0-10VAC, -10V hingga +10V DC, 4-20mA DC.

PLC mempunyai kemampuan untuk menggunakan modul tambahan yang mempunyai kemampuan khusus, diantaranya seperti modul *input/output analog*. Dengan demikian hal ini cukup memudahkan bagi pengguna untuk *wiring* alat yang akan dikendalikan oleh PLC.

2.4.2.6 Unit Output

- **Unit Output Digital**

Sinyal dari *output* PLC mengaktifkan sebuah rele sehingga mampu menyambungkan arus beberapa ampere ke dalam rangkaian eksternal. *Output* tipe rele dapat menangani pensaklaran DC maupun AC.

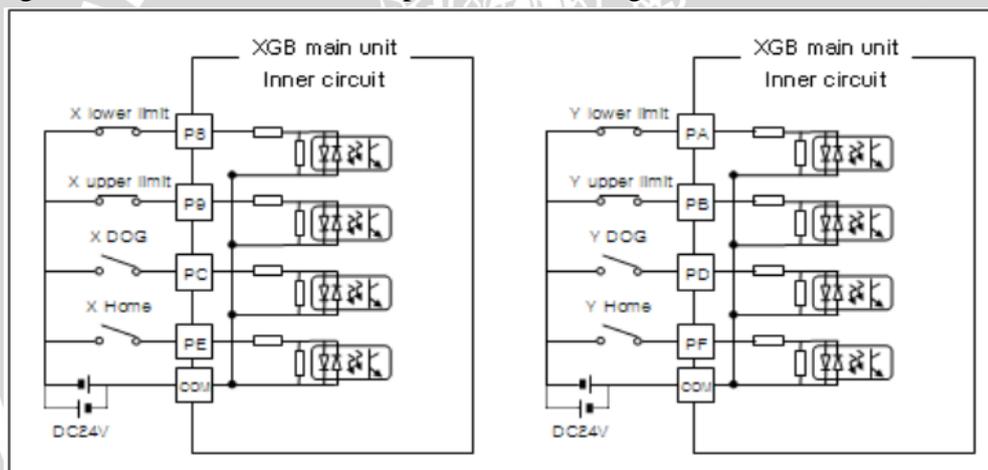
- **Unit Output Analog**

Output analog berfungsi untuk mengubah sinyal digital dari CPU menjadi sinyal analog pada keluaran PLC. Prinsip kerja modul *output* analog berlawanan dengan prinsip kerja modul *input* analog. Kisaran *output* analog adalah sebagai berikut.

2.4.2.7 Pengawatan PLC

- Pengawatan CPU PLC

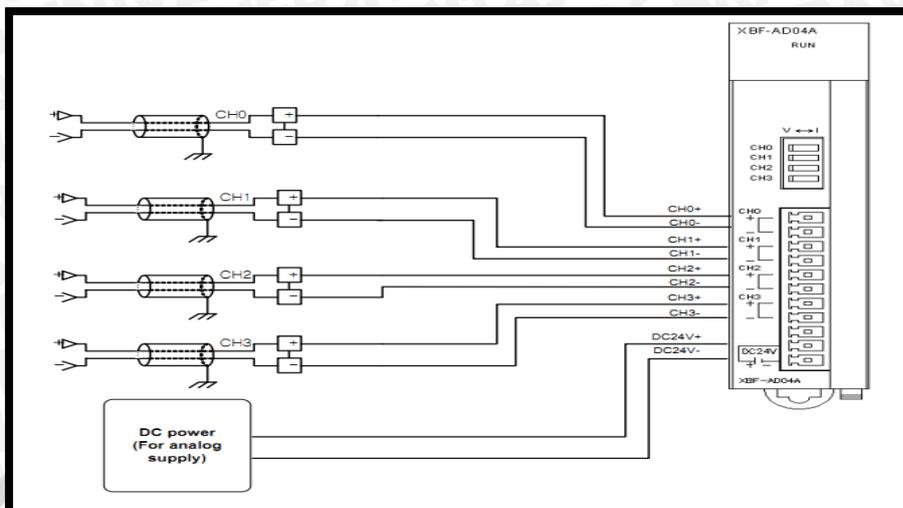
Pengawatan standar CPU PLC dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 2.6 Diagram Pengawatan Standar pada PLC XBM-DN16S

Sumber: *XGB Positioning User Manual*

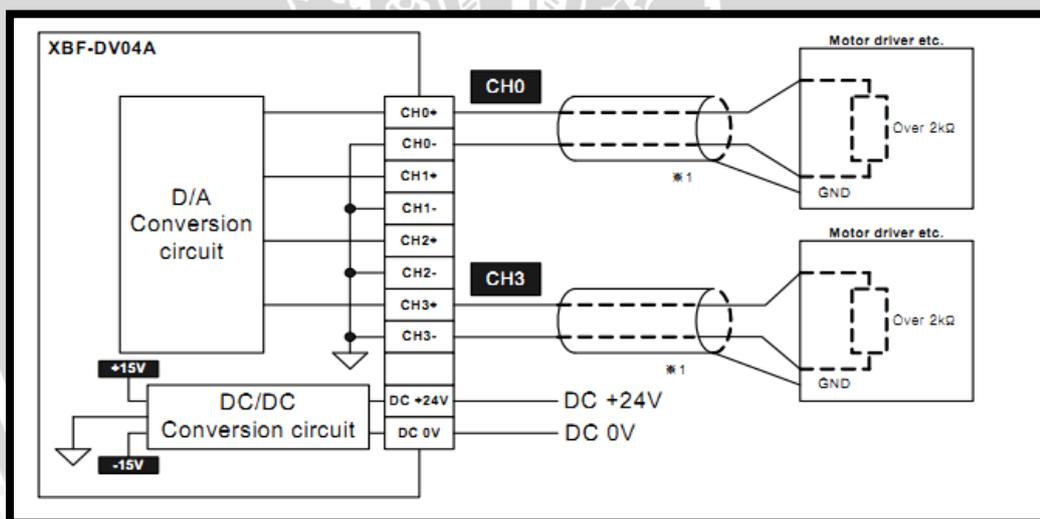
- Pengawatan Modul *InputAnalog* PLC



Gambar 2.7 Diagram Pengawatan pada PLC XBM-DN16S (*Input DC*)

Sumber: XGB Analog User Manual

- Pengawatan Modul *Output Analog* PLC



Gambar 2.8 Diagram Pengawatan pada PLC XBM-DN16S (*Output DC*)

Sumber: XGB Analog User Manual

2.4.3 Pemrograman PLC

Secara umum, sistem pemrograman PLC dapat dilakukan dengan dua cara, pertama, rancangan rangkaian kontrol yang telah diprogram dalam diagram tangga atau *ladder diagram* langsung dapat diprogram tanpa harus mengubah dahulu ke fungsi mnemonicnya. Kedua, rancangan rangkaian kontrol diubah

dahulu ke fungsi mnemonicnya (dikodekan dulu), sesuai dengan tombol-tombol yang ada pada papan ketik PLC.

Demikian juga, untuk sistem pemantauannya atau untuk memonitor programnya ada dua jenis tampilan, yaitu dapat langsung ditampilkan dalam bentuk diagram tangga (khusus pada tampilan monitor komputer program) sesuai dengan rancangan kontrol atau dapat juga ditampilkan dalam fungsi mnemonicnya (pada tampilan layar LCD *program console*).

2.4.3.1 Dasar-Dasar Pemrograman

Dasar-dasar dari pemrograman dari *Programmable Logic Controller* (PLC) dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan diskripsi kerja sistem yang akan dikontrol.
2. Menentukan peralatan *input/output* yang dipakai kedalam PLC I/O bit yaitu peralatan eksternal yang akan mengirim/menerima sinyal dari PLC.
3. Menentukan simbol-simbol *ladder diagram* untuk menggambarkan rangkaiannya.
4. Menggunakan program XG5000 / *programming console*, untuk mengubah *ladder diagram* kedalam kode mnemonic agar CPU PLC dapat mengerjakannya.
5. Memindahkan program yang telah ditulis/ digambar kedalam memori PLC.
6. Memperbaiki kesalahan pemrograman jika terjadi kesalahan pada program yang telah dibuat, sehingga menjadi benar.
7. Menjalankan program pada PLC dan mengetes kesalahan program *execution*.

2.4.3.2 Konsep Pembuatan Program dengan Diagram Tangga

Hubungan kontak-kontak diagram tangga yang ada dalam CPU PLC terangkai secara elektronik, sehingga tidak memerlukan kawat penghubung seperti pada rangkaian kontrol secara konvensional.

Adapun ketentuan-ketentuan dalam penyusunan rangkaian ke diagram tangga adalah sebagai berikut:

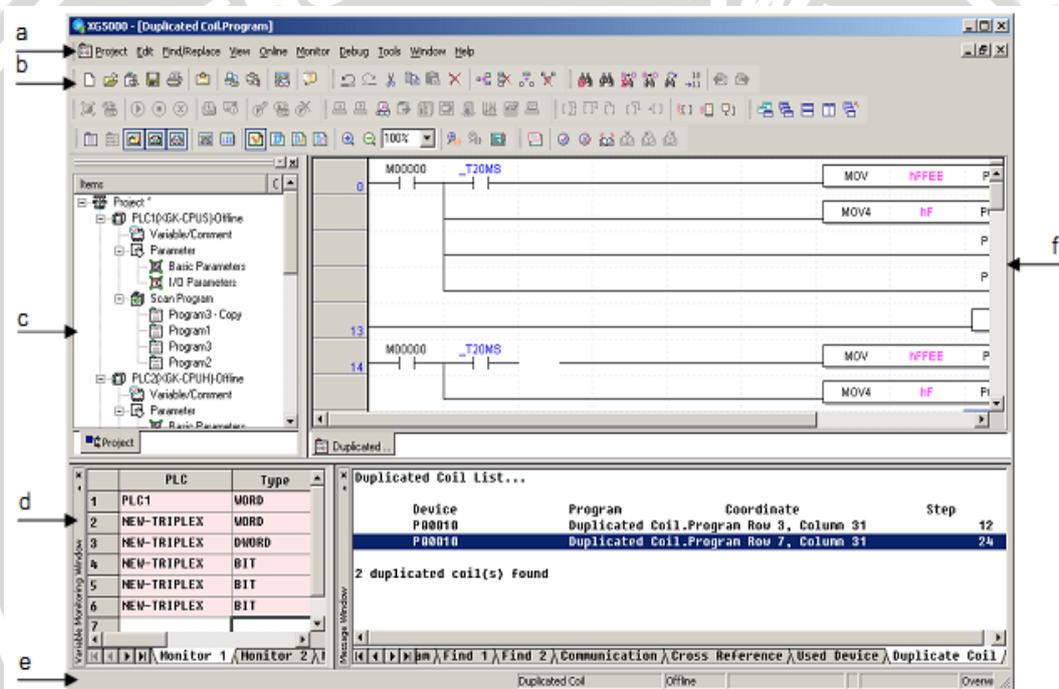
1. Pembuatan rangkaian kontrol diusahakan untuk menggunakan kontak seminimum mungkin, sehingga efisiensi kerja dari PLC dapat ditingkatkan dan alamat-alamat serta data-data dalam register digunakan sehemat mungkin, sehingga tidak melebihi kapasitas memori yang telah ditetapkan.
2. Kondisi sinyal yang mengalir pada rangkaian logika PLC selalu datang dari arah kiri menuju ke arah kanan.
3. Tidak ada satu koil atau releoutput yang dapat dihubungkan langsung pada busbar bagian kiri. Jika diperlukan releoutput bekerja terus menerus, maka di antara busbar kiri dengan *output* diberi kontak NC dari internal *Auxiliary Relay* yang tidak digunakan.
4. Busbar sebelah kanan dari diagram tangga boleh tidak digambar, karena hubungan busbar tersebut telah tersambung secara otomatis pada PLC.
5. Semua *output* dilengkapi dengan kontak-kontak bantu yang dapat digunakan secara seri maupun paralel.
6. Jumlah kontak-kontak NO dan NC dapat dihubungkan secara seri maupun paralel dengan tak terbatas sesuai dengan kebutuhan.
7. Tidak ada kontak yang dapat diprogram atau disisipkan setelah *output* atau dengan kata lain antara busbar sebelah kanan dan hasil *output* tidak boleh disisipi kontak.
8. Pengkodean nomor-nomor kontak dan nomor-nomor koil *output*, termasuk *timer*, *counter* dan lain-lain disesuaikan dengan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh pabriknya.
9. Sebuah *output* koil, termasuk *timer*, *counter* tidak dapat digunakan untuk lebih dari satu kali.
10. Dua atau lebih koil *output*, termasuk *timer*, *counter* dapat dihubungkan secara paralel.
11. Program rangkaian dieksekusi oleh CPU secara berurutan, mulai dari alamat yang pertama sampai dengan alamat yang terakhir pada program.

2.4.3.3 Menggambar Ladder Diagram

Untuk membedakan peralatan-peralatan yang akan dikontrol serta bagaimana hubungan peralatan satu dengan yang lainnya dan waktu pelaksanaan pengontrolan harus dilaksanakan untuk kemudian dituliskan atau digambarkan *ladder diagram*nya. Dalam *ladder diagram* terdapat kombinasi huruf dan digit angka yang mempunyai ketentuan masing-masing. Diantaranya terdapat *address* untuk memori bit I/O demikian pula digit *work bit* untuk *timer* dan *counter*.

2.4.4 Penggunaan Program XG5000

Gambar 2.19 berikut merupakan tampilan dari program XG5000



Gambar 2.9 Tampilan Dasar Program XG5000

Sumber: XG5000 User Manual

Deskripsi gambar

- Menu bar*: Ini adalah menu bar dasar untuk software XG5000.
- Tool bar*: Untuk menjalankan instruksi yang terkandung dalam menu.
- Project window*: Untuk menampilkan item konfigurasi dari proyek yang dibuka.
- Message window*: Untuk menampilkan berbagai pesan yang dihasilkan saat XG5000 sedang berjalan.

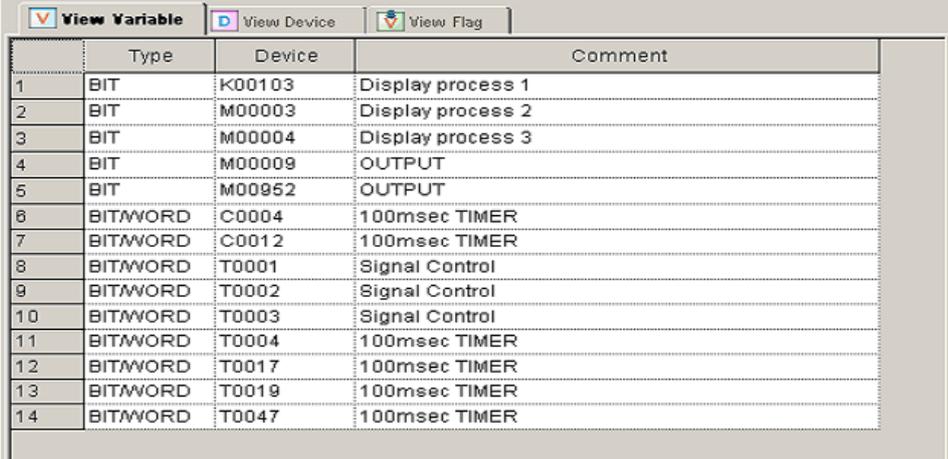
- e. *Status bar*: Untuk menampilkan status XG5000, informasi dari PLC yang terhubung
- f. *Edit window*: Program yang dibuka akan ditampilkan dan diedit.

2.4.4.1 Instruksi Dasar

Pengguna biasanya menggunakan instruksi secara langsung dalam program yang cende*Rung* rumit. Padahal perlu diketahui apa saja instruksi yang bisa digunakan dalam program. Dengan demikian instruksi menjadi lebih sederhana dalam pembuatan *ladder* diagram. Semakin baik metode untuk menentukan variabel dalam programmaka semakin memudahkan program untuk mengeksekusi secara cepat. Dalam XG5000, terdapat tiga bagian yang digunakan untuk memudahkan dalam pembuatan *ladder* diagram, yaitu *Variable*, *Device* dan *Flag*.

- *Variable*

Digunakan untuk melihat jenis dari *device* yang tersedia pada program. Biasanya digunakan saat program yang dikerjakan berupa data, sehingga data-data yang akan digunakan dalam operasi aritmatik perlu diketahui dulu jenis datanya. Selain itu terdapat variable tertentu yang sudah mempunyai tugas khusus. Gambar 2.19 berikut merupakan tampilan untuk melihat jenis variable.

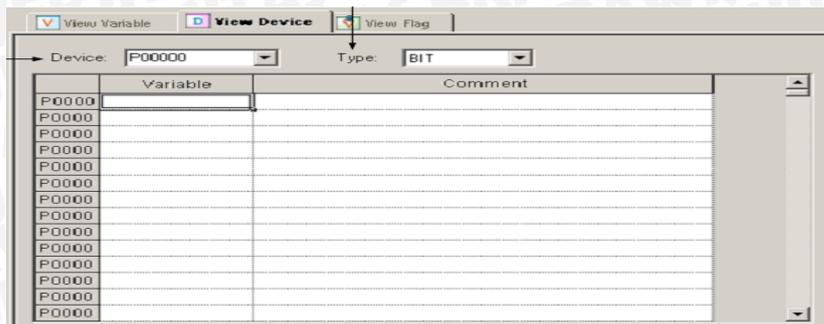


	Type	Device	Comment
1	BIT	K00103	Display process 1
2	BIT	M00003	Display process 2
3	BIT	M00004	Display process 3
4	BIT	M00009	OUTPUT
5	BIT	M00952	OUTPUT
6	BIT/WORD	C0004	100msec TIMER
7	BIT/WORD	C0012	100msec TIMER
8	BIT/WORD	T0001	Signal Control
9	BIT/WORD	T0002	Signal Control
10	BIT/WORD	T0003	Signal Control
11	BIT/WORD	T0004	100msec TIMER
12	BIT/WORD	T0017	100msec TIMER
13	BIT/WORD	T0019	100msec TIMER
14	BIT/WORD	T0047	100msec TIMER

Gambar 2.10 Tampilan untuk Melihat Variabel yang Tersedia
Sumber: XG5000 User Manual

- *Device*

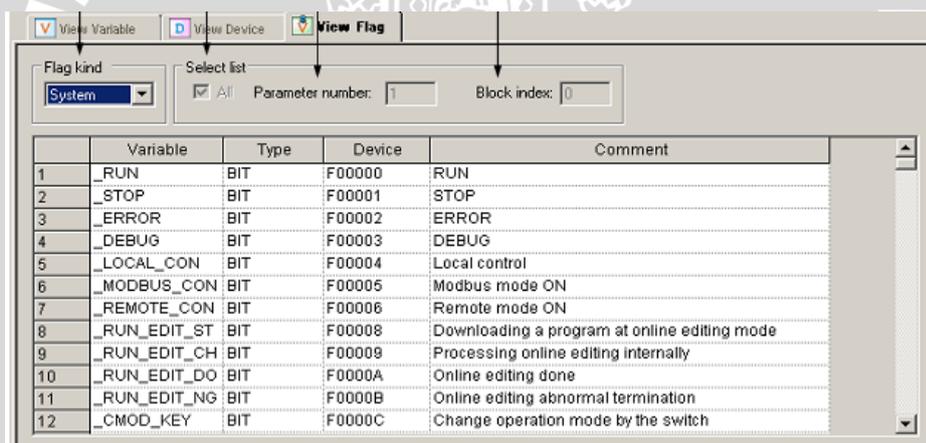
Digunakan untuk melihat *device* yang sudah atau belum digunakan dalam pembuatan program. Gambar 2.20 berikut menunjukkan *device* yang ada dalam program XG5000.



Gambar 2.11 Tampilan untuk melihat *device* yang tersedia
 Sumber: XG5000 user manual

- *Flag*

Flag merupakan fungsi yang memiliki *special unit*. Di sini terdapat berbagai macam fungsi yang digunakan dalam pengerjaan program yang lebih rumit. Misalnya seperti *HighSpeed link flag*, *P2P flag* and *PID flag*. Gambar 2.21 menunjukkan fungsi *flag* yang ada.

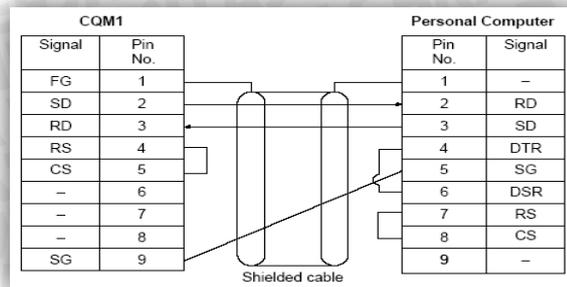


Gambar 2.12 Tampilan untuk Melihat *Flag* yang Tersedia
 Sumber: XG5000 User Manual

2.4.5 Konfigurasi Konektor RS-232C

Di bawah ini adalah gambar konfigurasi konektor RS-232C, dapat dilihat hubungan masing-masing pin antara PC dengan RS-232C.





Gambar 2.9 Konfigurasi konektor RS-232C
 Sumber : Omron, 1999:49

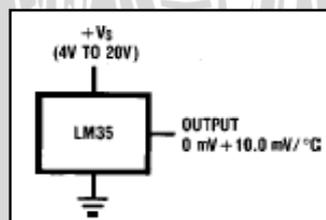
2.5 Sensor Suhu LM35

LM35 merupakan sensor suhu terintegrasi yang mempunyai tegangan keluaran yang linier. LM35 mempunyai impedansi keluaran yang rendah, keluaran yang linier dan kalibrasi yang tepat sehingga mudah untuk di hubungkan dengan rangkaian lain.

Adapun fitur yang ada pada LM35 adalah sebagai berikut:

- Kalibrasi dalam derajat celcius
- Faktor skala linier adalah 10 mV/°C
- Jangkauan suhu -55°C sampai 150°C
- Tegangan operasi dari 4 V sampai 30 V
- Ketidaklinieran hanya ± ¼°C
- Impedansi keluaran kecil sebesar 0,1 Ohm untuk arus beban 1mA

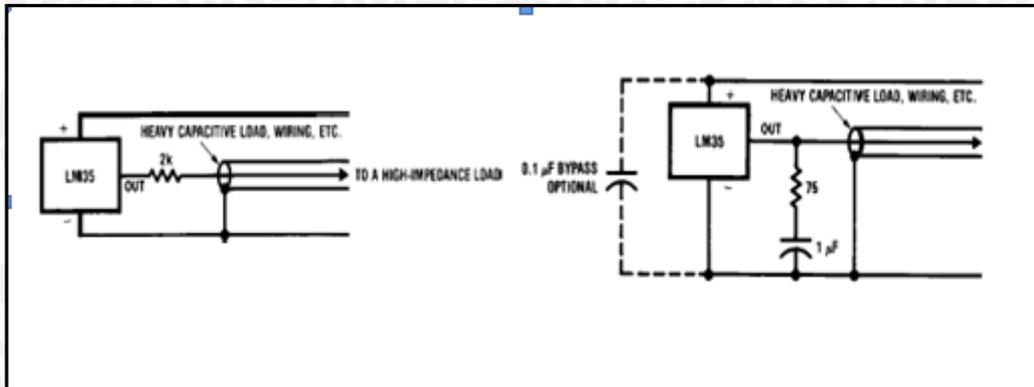
Dalam Gambar 2.23 ditunjukkan skema sensor suhu LM35.



Gambar 2.23 Skema LM35
 Sumber: Datasheet LM35

LM35 mempunyai batas kemampuan untuk mendrive beban kapasitif. LM35 dapat mendrive 50 pF tanpa penanganan khusus. Jika beban bertambah maka untuk mengantisipasi dengan mengisolasi atau mendecouple beban

dengan resistor atau dengan menambah kapasitansi yang disusun seri dengan resistor antara output dan ground seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.24.



Gambar 2.24 LM35 dengan decouple resistor dan LM35 dengan RC damper

Sumber : Datasheet LM35



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Kajian dalam skripsi ini merupakan penelitian yang bersifat *aplikatif*, yaitu perencanaan dan pembuatan sistem pengaturan suhu ruang pengovenan yang dikontrol oleh PLC (*Programmable Logic Controller*) yang bertujuan agar dapat menampilkan unjuk kerja sesuai dengan yang direncanakan. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur
2. Spesifikasi alat
3. Perancangan dan realisasi pembuatan alat
4. Pengujian alat
5. Pengambilan kesimpulan

3.1 Studi Literatur

Perencanaan sistem dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik pendukungnya, hal ini dimaksudkan agar sistem pengidentifikasi dapat berjalan sesuai dengan yang telah direncanakan.

Perancangan sistem yang dilakukan meliputi:

- Karakteristik spesifikasi sensor suhu
- Penerapan sensor suhu sebagai input PLC
- Spesifikasi umum kontroler yaitu PLC XBM-DN16S
- Karakteristik spesifikasi pemrograman XG5000

3.2 Spesifikasi Alat

Adapun spesifikasi alat yang akan direalisasikan adalah sebagai berikut:

1. Pemanas yang digunakan adalah elemen pemanas yang dilengkapi blower untuk meniupkan udara panas.
2. Ruang pengovenan yang di gunakan merupakan miniatur yang memiliki Tinggi 40cm x Lebar 40cm x Panjang 40cm yang terbuat dari bahan Seng dan Triplek.
3. PLC yang digunakan adalah jenis XGB series tipe XBM-DN16S keluaran LSIS-LG.

4. Kontroler yang dipakai adalah kontroler PID (*Proportional Integral Derivative*)
5. Tampilan yang digunakan untuk memonitor adalah dengan aplikasi *software* XG5000 yaitu trend monitoring dan PID monitoring.
6. Pemrograman menggunakan *software* XG5000.

3.3 Perancangan Dan Realisasi Pembuatan Alat

3.3.1 Perancangan Perangkat Keras Dan Realisasi Tiap Blok

- a. Pembuatan diagram blok sistem secara lengkap.
- b. Penentuan dan perhitungan komponen yang akan digunakan.
- c. Merakit perangkat keras (*Hardware*) untuk masing-masing blok.

3.3.2 Perancangan Dan Perhitungan Komponen Yang Akan Digunakan

Setelah mengetahui seperti apa perangkat keras yang dirancang, maka dibutuhkan perangkat lunak untuk mengendalikan dan mengatur kerja dari alat ini. Desain dan parameter yang telah dirancang kemudian diterapkan dalam PLC dengan menggunakan bahasa pemrograman ladder diagram oleh *software* XG5000.

3.4 Pengujian Alat

Untuk memastikan bahwa sistem ini berjalan sesuai yang direncanakan, maka perlu dilakukan pengujian alat yang meliputi perangkat keras dan perangkat lunak.

1. Pengujian sensor

Pengujian sensor dilakukan dengan cara mensimulasikan rangkaian sensor dan hasil pemodelan rangkaian sensor. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sensor dan hasil pemodelan sensor dapat bekerja sesuai dengan perancangan dan memberikan analisis terhadap hasil pengujian. Terdapat rangkaian sensor yang diuji yaitu rangkaian sensor LM35 sebagai pengukur suhu ruangan pengovenan.

2. Pengujian kontrol PID

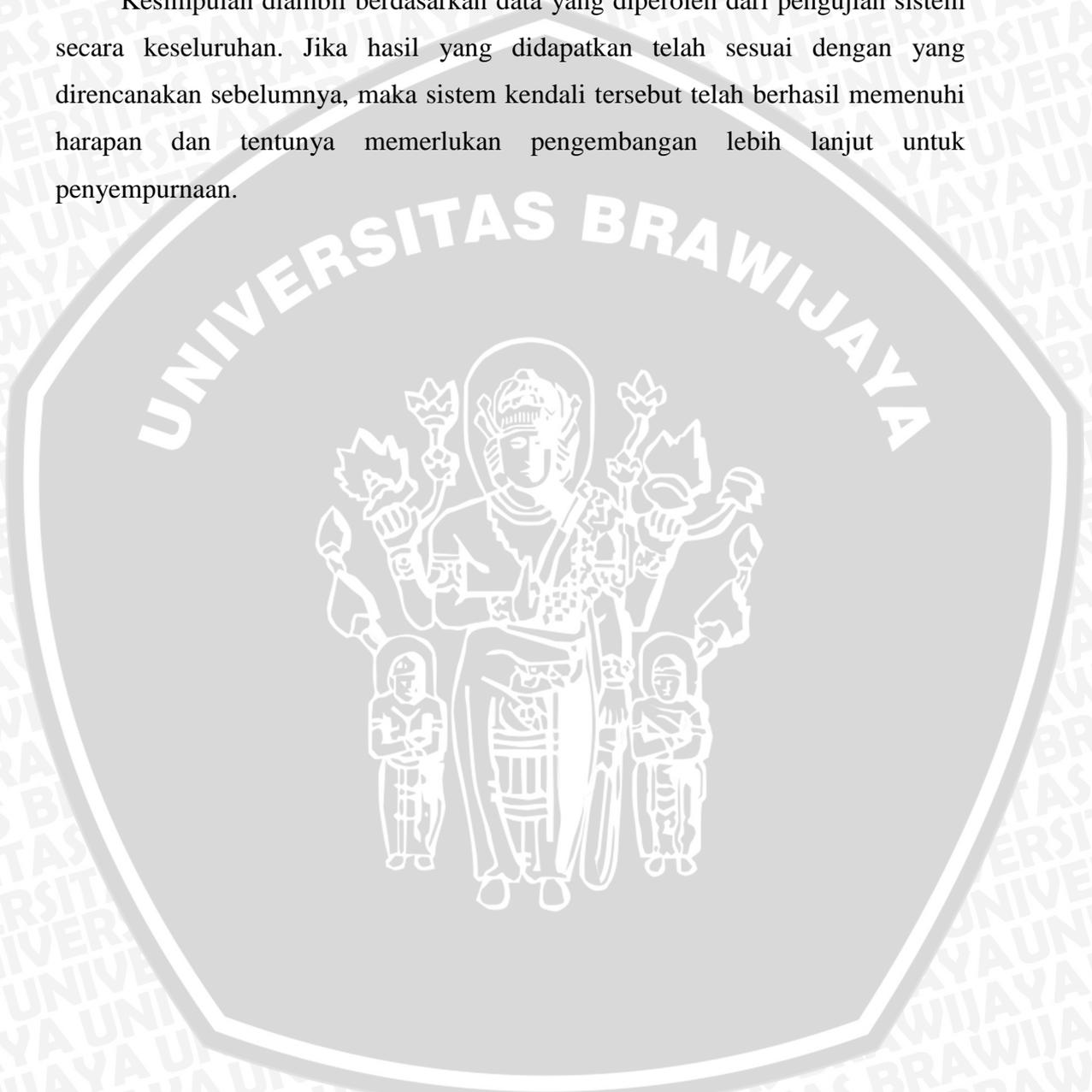
Pengujian kontrol PID dilakukan dengan cara menggunakan suatu program yang dijalankan dengan memasukkan nilai *set value* (SV) dan *present value* (PV) selanjutnya data yang dihasilkan diproses, sehingga error yang diperoleh sama dengan nol, atau nilai *set value* = *present value*

3. Pengujian sistem secara keseluruhan

Pengujian ini dilakukan dengan cara menggabungkan semua bagian alat yang dibuat dan melihat kinerja alat. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja alat yang dibuat dan memberikan analisis terhadap kinerja alat.

3.5 Pengambilan Kesimpulan

Kesimpulan diambil berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian sistem secara keseluruhan. Jika hasil yang didapatkan telah sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya, maka sistem kendali tersebut telah berhasil memenuhi harapan dan tentunya memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk penyempurnaan.



BAB IV

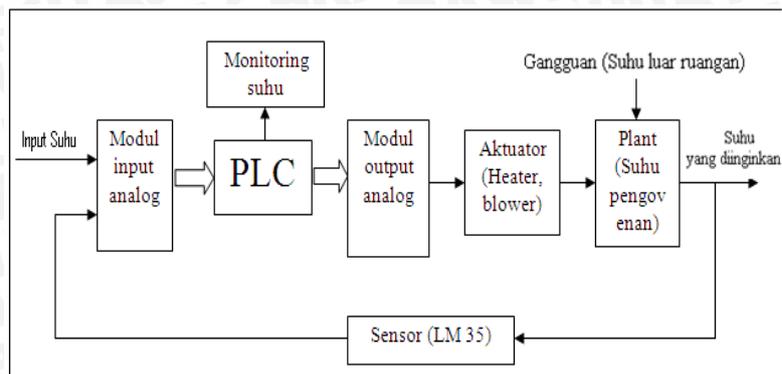
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan dan pembuatan alat ini terdiri dari dua bagian, yaitu perancangan dan pembuatan perangkat keras serta perancangan dan pembuatan perangkat lunak. Perancangan dan pembuatan alat dilakukan secara bertahap untuk memudahkan analisis sistem. Beberapa aspek yang perlu dijelaskan dalam bab ini meliputi penentuan spesifikasi alat, perencanaan masing-masing blok rangkaian serta perencanaan sistem secara keseluruhan.

4.1 Spesifikasi Sistem

Spesifikasi sistem yang dirancang adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan miniatur ruang tertutup dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - Panjang = 40 cm
 - Lebar = 40 cm
 - Tinggi = 40 cm
 - Bahan = seng dan triplek
2. Proses pemanasan menggunakan elemen pemanas yang dilengkapi blower sebagai peniup udara panas.
3. Sensor yang digunakan untuk memantau suhu dalam ruangan adalah sensor LM35.
4. Menggunakan operasi amplifier komparator LM324 sebagai pengkondisi sinyal.
5. Menggunakan satu buah PLC tipe XBM-DN16S keluaran LSIS-LG
6. Kontroler yang digunakan adalah kontroler PID
7. *Software* yang digunakan sebagai pemrograman *ladder* adalah XG5000



Gambar 4.1 Blok diagram sistem

Sumber: Perancangan

4.2 Perancangan Sistem

Untuk lebih memudahkan dalam perencanaan, maka perlu dijabarkan deskripsi kerja sistem secara keseluruhan. Sensor suhu yang diletakkan didalam miniatur ruangan akan membaca kondisi suhu pada miniatur ruangan tertutup dan akan memberikan sinyal yang diproses oleh rangkaian pengkondisi sinyal sebagai masukan pada PLC. Suhu di dalam miniatur ruangan dikondisikan untuk mencapai *set point* pada suhu 80°C dan akan di jaga konstan dengan memanfaatkan *heater* $450\text{W} - 220\text{V}$ dan sebuah baling – baling yang di gerakkan oleh motor DC 12V untuk meniupkan panas.

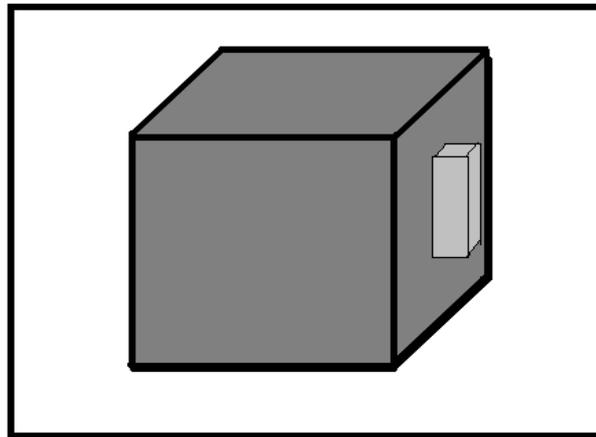
Pada sistem ini terdiri dari 2 bagian sub sistem, yaitu *unit* pengontrol dan *unit* yang dikontrol. *Unit* pengontrol adalah PLC *MainUnitXBM-DN16S*. PLC ini terhubung langsung dengan modul tambahan *XBF-DV04A* yang bertugas mengirimkan sinyal tegangan menuju *driver* motor blower. Rangkaian *driver* yang akan mengatur seberapa cepat motor akan berputar.

4.3 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras terdiri dari mekanik miniatur ruang pengovenan, rangkaian pengkondisi sinyal sensor LM35, rangkaian *driver* motor blower, dan rangkaian sistem PLC.

4.3.1 Perancangan Mekanik Miniatur Ruang Pengovenan

Perancangan mekanik dilakukan untuk merancang pemodelan miniatur ruang pengovenan. Secara umum rancangan mekanik pemodelan ruang pengovenan ditunjukkan dalam Gambar 4.2.



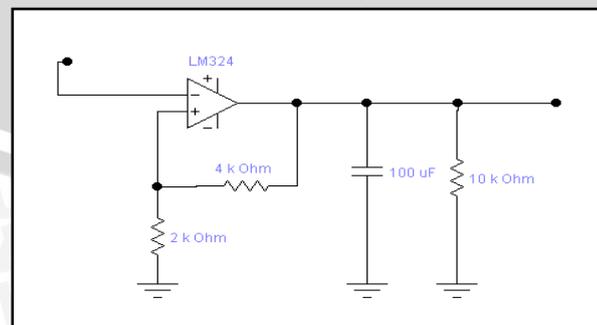
Gambar 4.2 Perancangan Mekanik Miniatur Ruang Pengovenan

Sumber: Perancangan

4.3.2 Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor LM35

Rangkaian pengkondisi sinyal diperlukan untuk keluaran sensor LM35 agar dapat dibaca oleh *input* PLC. Pada rangkaian tersebut digunakan rangkaian *operating amplifier* agar keluaran dari sensor LM35 dapat dibaca oleh modul *input analog* yang terdapat pada PLC. Keluaran *sensor* LM35 yang berupa tegangan $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ digunakan sebagai *input operating amplifier* yang akan dikuatkan. Hal ini dikarenakan hanya *range* tegangan 0-10 volt yang dapat dibaca oleh *input* PLC.

Rangkaian op-amp ini menggunakan LM324 dan ditunjukkan seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada Sensor LM35

Sumber: Perancangan

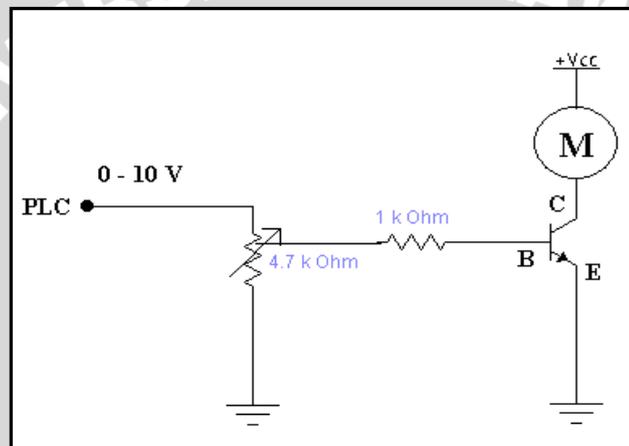
Klasifikasi dan spesifikasi modul analog PLC

- *Input voltage* : 0 - 10V DC
- *Input current* : 4 mA

4.3.3 Perancangan *Driver Motor*

Dalam aplikasi pengontrolan kecepatan motor dengan menggunakan PLC, diperlukan rangkaian pemisah antara pengendalian elektronik dengan rangkaian *driver*. Pemisahan ini dimaksudkan agar antara pengontrol dan *driver* terpisah secara elektronis, sehingga perubahan tegangan maupun arus yang terjadi pada bagian *driver* tidak akan mempengaruhi kinerja pengontrol.

Gambar 4.4. menunjukkan keseluruhan rangkaian *driver motor*.



Gambar 4.4 Rangkaian *Driver Motor*

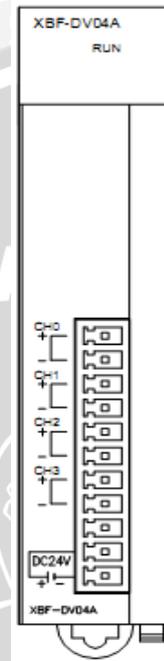
Sumber: Perancangan

Ketika Basis dihubungkan dengan catu tegangan positif (+) dan Emitor dicatu dengan tegangan negatif (-) maka daerah depletion BE akan menyempit. Pencatuan ini mengurangi tegangan barrier internal sehingga muatan mayoritas (tipe n) mampu melewati daerah *depletion*.

4.3.4 Perancangan Sistem Keluaran Tegangan Modul Analog XBF-DV04A

Sinyal *digital* merupakan sinyal diskrit yang hanya memiliki dua keadaan yaitu 0 dan 1. *Mainunit* PLC mempunyai *input* dan *output digital*, sehingga data yang masuk dan keluar dari PLC haruslah berupa data *digital*. Dengan demikian dibutuhkan suatu perangkat tambahan sebagai pengondisi sinyal apabila data yang diolah berupa sinyal *analog*. Pada PLC XBM mempunyai *unit* modul tambahan yang berupa modul *analog* sebagai *unit* yang berfungsi mengubah keluaran *digital* dari *mainunit* menjadi keluaran tegangan yang bisa disesuaikan besarnya.

Modul *analog* ini tidak membutuhkan perangkat komunikasi tambahan yang terhubung pada *mainunit*, melainkan langsung dapat dihubungkan karena telah tersedia soket penghubung pada *mainunit* PLC. Gambar 4.5. menunjukkan bentuk fisik modul *analog* XBF-DV04A.

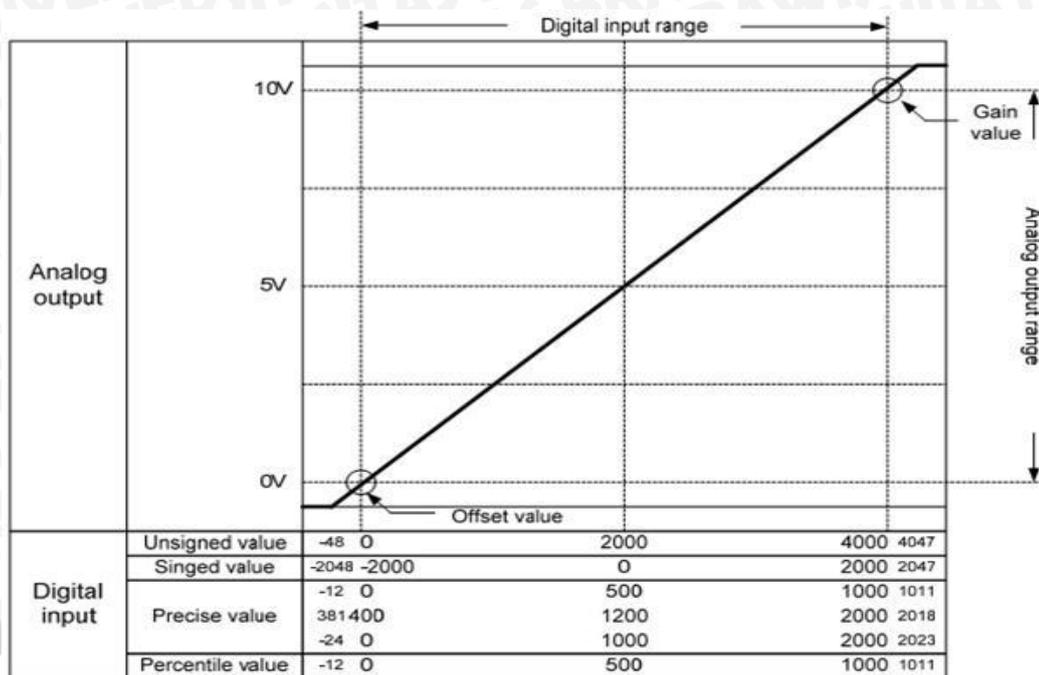


Gambar 4.5 Modul *Analog* XBF-AD04A

Sumber: XG5000 User Manual

Pada modul ini dibatasi hanya dapat mengatur keluaran sebanyak 4 *channel*. Dimulai dari *channer* 0 sampai *channel* 3 dan membutuhkan catu daya tambahan sebesar 24V DC.

Modul *analog* ini hanya mempunyai fungsi mengeluarkan tegangan dengan nilai tertentu sebagaimana telah diatur oleh keluaran *digitalmainunit*. Gambar 4.6. menunjukkan karakteristik perubahan pada *input/output* modul.

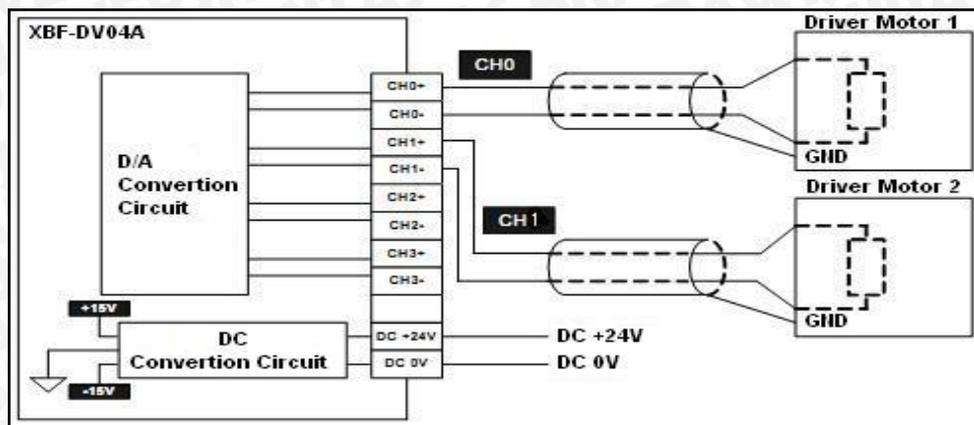


Gambar 4.6 Karakteristik Perubahan I/O Modul Analog

Sumber: XG5000 User Manual

Modul *analog* ini mempunyai keluaran tegangan dengan *range* 0~10V. Dan *range* tegangan tersebut sebanding dengan masukan *digital* yang mempunyai *range* 0~4000 pada *unsigned value*, -2000~2000 pada *signed value* dan 0~1000 pada *percentile value* yang dikeluarkan oleh *mainunit* PLC. Grafik pada Gambar 4.7. menunjukkan perubahan yang sebanding antara *digitalinput* dengan *analogoutput*. Dengan demikian semakin besar nilai *digital* yang diberikan maka semakin besar juga nilai tegangan yang dikeluarkan oleh modul *analog*.

Pengawatan atau *wiring* yang digunakan untuk mengatur motor akan sesuai dengan yang ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Pengawatan antara modul *analog* dengan *driver* motor

Sumber: Perancangan

Karena pada miniatur pengovenan ini hanya mengatur kecepatan sebuah motor blower maka yang akan digunakan adalah *channel* 0.

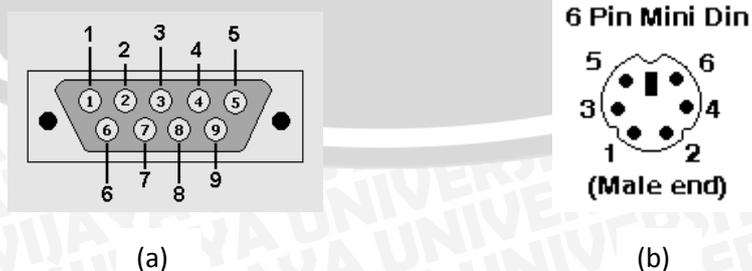
4.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak digunakan untuk memasukkan program yang akan digunakan sebagai sistem kerja pengontrol pada PLC. Selain itu perangkat lunak juga difungsikan untuk *monitoring* sistem yang sedang bekerja. *Software* yang digunakan dalam sistem memiliki beberapa aplikasi yang mempunyai fungsi sebagai pemrograman kontroler dan sebagai *monitoring*.

4.4.1 Perancangan Komunikasi Data

Komunikasi data yang dilakukan antara PLC dengan laptop sebagai *monitoring* program adalah dengan menggunakan kabel RS-232C. Untuk memudahkan dalam pengerjaan dan *monitoring* program menggunakan laptop, maka digunakan konverter USB to *serial port*.

Dengan susunan konfigurasi seperti yang ditampilkan pada gambar 4.8.



Gambar 4.81(a) DB9 *Serial Port* dan (b) PS2 *Connector*

Sumber: www.google.co.id/Converter_serial_to_PS2

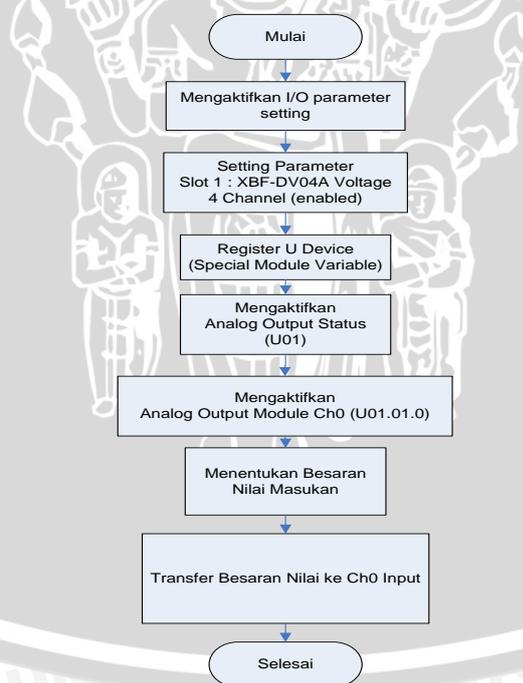


Tabel 4.1 Menampilkan Susunan Konfigurasi untuk Kabel Komunikasi.

DB9 Serial Port		PS2 Connector		Deskripsi
PIN	Nama	PIN	Nama	
2	RxD	2	-	Penerima Data dari PS2
3	TxD	6	-	Pengirim Data menuju PS2
5	GND	3	GND	Kabel ground

4.4.2 Perancangan Program Penggerak Motor Blower

Program yang dirancang untuk menggerakkan motor blower akan berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor blower. Modul *analog* akan mengirimkan tegangan kepada *driver* motor yang akan disesuaikan dengan kebutuhan tegangan. Jumlah tegangan dari rangkaian pengkondisi sinyal LM35 yang masuk akan dihitung oleh program PID yang akan menentukan besar tegangan yang diberikan pada motor.

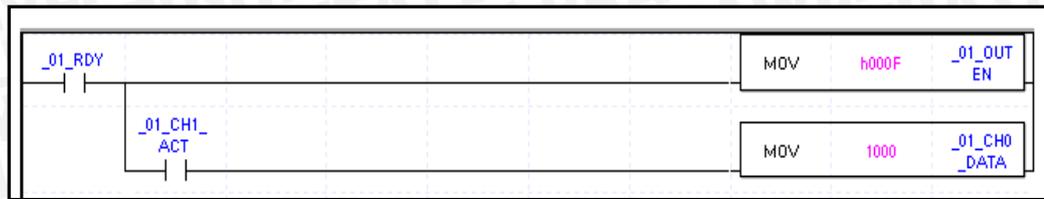


Gambar 4.9 Flowchart Penggerak Motor

Sumber: perancangan

Berikut ini Gambar 4.10 adalah tampilan dari *ladder diagram* untuk penggerak motor :





Gambar 4.2Tampilan Program *Ladder Diagram* Penggerak Motor

Sumber: perancangan

4.4.3 Perancangan Kontroler PID

Konsep dasar dari kontrol PID adalah pertama, mendeteksi PV (nilai proses) melalui sensor dan menjumlahkannya dengan SV (nilai yang diinginkan). Dengan demikian kontroler dapat menentukan respon yang diberikan untuk mempertahankan tegangan motor blower. Kemudian kontroler mengeluarkan nilai MV (nilai manipulasi) agar PV harus sama dengan SV.

Pada saat ini, 3 jenis operasi, seperti Proporsional, Integral, Diferensial dijalankan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Aksi kontrolnya dinyatakan sebagai:

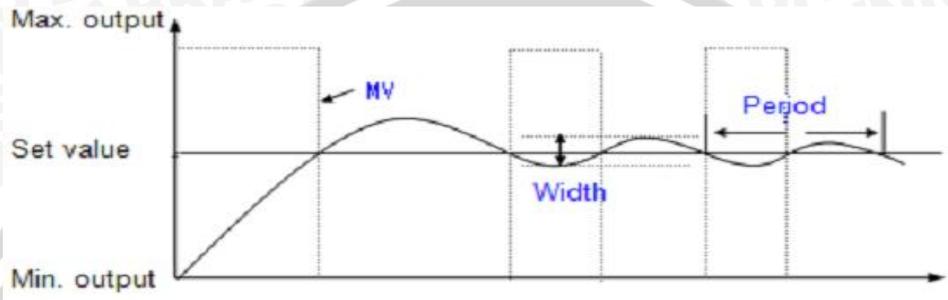
$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \dots \dots \dots (4-2)$$

Kontrol PID memiliki kompatibilitas yang tinggi, fleksibilitas, keterjangkauan dibandingkan dengan kontrol robust dan control optimal linier. Dalam kasus metode kontrol lainnya, karena perangkat kontrol dapat diterapkan ke sistem setelah analisis matematis dari sistem, jika sistem atau persyaratan perubahan pengguna, analisis sistem dilakukan lagi. Tapi dalam kasus kontrol PID, perangkat PID berupaya menyesuaikan dengan perubahan sistem atau kebutuhan pengguna dengan metode *auto-tuning* tanpa perlu analisis sistem berulang kali.

Kinerja kontroler PID sangat bergantung dengan koefisien PID. Umumnya, Hal ini cukup sulit dan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk memprediksi sistem dan mengatur koefisien PID. Penyebabnya adalah gangguan non-periodik, gangguan kontrol *loop* lain dan karakteristik dinamis sistem control itu sendiri. Jadi *auto-tuning* yang menentukan koefisien PID secara otomatis sangat berguna dalam membantu menyelesaikan masalah ini. Metode dalam menetapkan koefisien PID disini akan menggunakan *Relay Auto-tuning*.

1. *Relay Auto-Tuning*

Disini menggunakan *critical osilation* yang mana menggunakan lebar dari periode osilasi untuk menentukan koefisien PID. Ini berlaku pada *maximum output* dan *minimum output* untuk sistem kontrol pada *auto-tuning*. Kemudian, minimum osilasi dengan periode dan lebar yang stabil akan terjadi di sekitar nilai yang diinginkan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.3 *Relay Auto-Tuning*

Sumber: XGB analog user manual

Pada Saat ini, periode osilasi disebut periode batas. Jika batas gain dan periode yang ditentukan menggunakan metode Ziegler dan Nichols. Hal ini relatif sederhana untuk mengkonfigurasi dan mudah untuk mengetahui batas gain dan periode sehingga sering digunakan, *built-inauto-tuning* PID menggunakan metode ini.

$$K_u = \frac{4 \times (\text{Max output} - \text{min output})}{\pi \times \text{width}}$$

Tabel 4.2 Tabel Tuning Metode Ziegler-Nichols

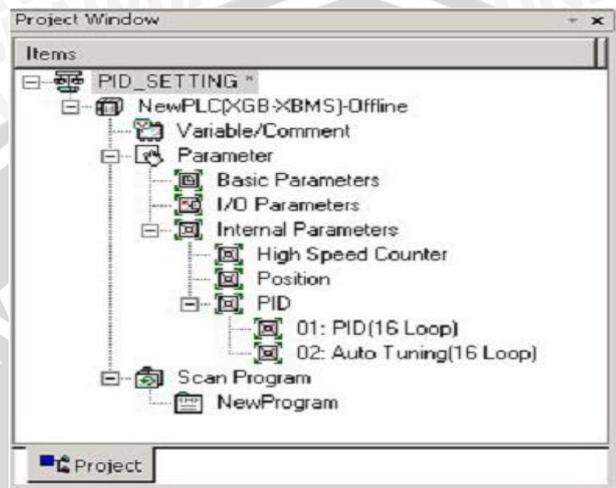
Kontroler	Proporsional Penguatan (gain)	Integral	Diferensial
P	0,5K _u	-	-
PI	0,45K _u	P _u /1,2	-
PID	0,6K _u	P _u /2	P _u /8

Sumber: Gunterus Frans, 1994



Setting Parameter PID Auto-Tuning

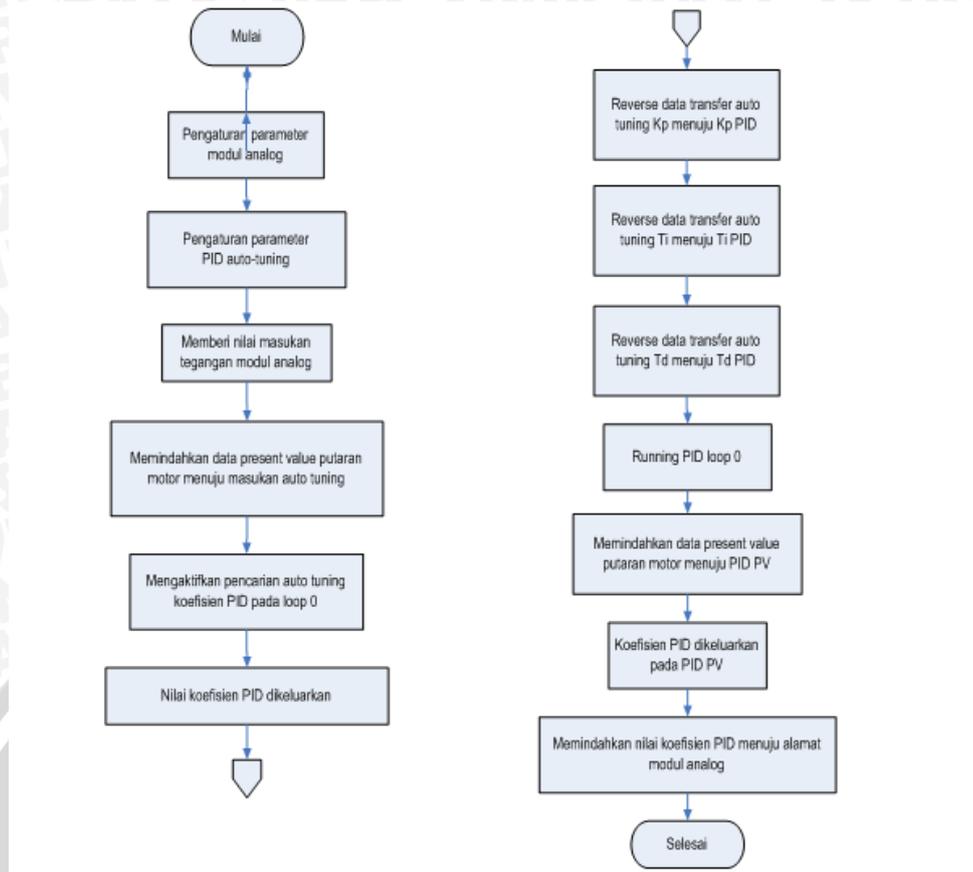
Sama halnya dengan spesial module yang lain, maka sebelum menggunakan program PID, haruslah mengatur parameter PID. Gambar 4.12 menunjukkan tampilan pengaturan parameter PID.



Gambar 4.4 Tampilan Pengaturan Parameter PID

Sumber: perancangan

Setting parameter diperlukan untuk mengaktifkan, nilai-nilai yang ada dimasukkan ke dalam pemrograman. Gambar 4.13 merupakan *Flowchart* pengaturan masukan nilai pada kontroler PID.



Gambar 4.5 *Flowchart* Pengaturan Parameter dan Set Value Kontroler PID

Sumber: perancangan

Pada program yang akan diatur untuk kontroler PID, diperlukan pengaturan parameter terlebih dahulu. Hal ini diperlukan agar sistem dapat bekerja menjadi kontroler PID yang sesuai dengan yang diinginkan. Tabel 4.3 menunjukkan parameter-parameter yang tersedia dan fungsinya.

Tabel 4.3 Parameter Kontroler PID pada software XG5000

Nama	Deskripsi	Range
<i>RUN mode S</i>	Mengatur modus operasi kontrol PID	<i>Auto/manual operation</i>
<i>RUN direction S</i>	Mengatur arah operasi kontrol PID.	<i>Forward/reverse</i>
<i>Prevention of dual Integral accumulation</i>	Mengatur apakah akan mungkin untuk akumulasi ganda terpisah	<i>Disabled/enabled</i>
<i>Operation cycle time</i>	Mengatur waktu operasi siklus kontrol siklus PID	100 ~ 65535

<i>Set value S</i>	Mengatur nilai sasaran kontrol	-32,768 ~ 32,767
<i>Proportional gain S</i>	Mengatur nilai gain proporsional	<i>Real number</i>
<i>Integral time S</i>	Mengatur waktu integral	<i>Real number</i>
<i>Differential time S</i>	Mengatur waktu diferensial	<i>Real number</i>
<i>Limiting change of present value</i>	Mengatur perubahan terbatas nilai sebenarnya persiklus operasi	-32,768 ~ 32,767
<i>Limiting change of maneuver value</i>	Mengatur perubahan terbatas nilai manuver persiklus operasi	-32,768 ~ 32,767
<i>Max. maneuver value</i>	Mengatur maks. manuver nilai kontrol	-32,768 ~ 32,767
<i>Min. maneuver value</i>	Mengatur min. manuver nilai kontrol	-32,768 ~ 32,767
<i>Manual maneuver value</i>	Mengatur nilai manuver manual untuk kontrol	-32,768 ~ 32,767
<i>DeadBand setting S</i>	Mengatur lebar <i>dead band</i> dari nilai yang ditetapkan	0 ~ 65,535
<i>Differential filter value</i>	Mengatur koefisien <i>filter</i> operasi diferensial	0 ~ 65,535
<i>Set value ramp S</i>	Mengatur frekuensi <i>unit ramp</i>	100 ~ 65,535
<i>Present value follow up</i>	Mengatur frekuensi fungsi tindak lanjut dari nilai sebenarnya	0 ~ 65,535
<i>Min. present value S</i>	Mengatur min. nilai-nilai masukan sebenarnya	0 ~ 65,535
<i>Max. present value S</i>	Mengatur maks. nilai-nilai masukan sebenarnya	-32,768 ~ 32,767

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Tujuan pengujian sistem ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini dibagi menjadi lima bagian, yaitu :

- Pengujian rangkaian sensor suhu
- Pengujian modul *digital analog converter* XBF-DV04A
- Pengujian perubahan nilai kalibrasi tegangan masukan blower terhadap putaran blower
- Pengujian auto-tuning kontroler PID
- Pengujian sistem tanpa kontroler
- Pengujian sistem menggunakan PLC
- Pengujian sistem menggunakan 6 set point yang berbeda

5.1 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

Pengujian rangkaian sensor suhu tipe LM35 bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian dari sensor tersebut. Jika tanggapan sensor suhu baik maka setiap perubahan suhu ruangan sebesar 1°C juga akan menyebabkan perubahan nilai V_{out} pada sensor suhu sebesar 10mV.

$$V_{out} = T \times 10mV \quad (5-1)$$

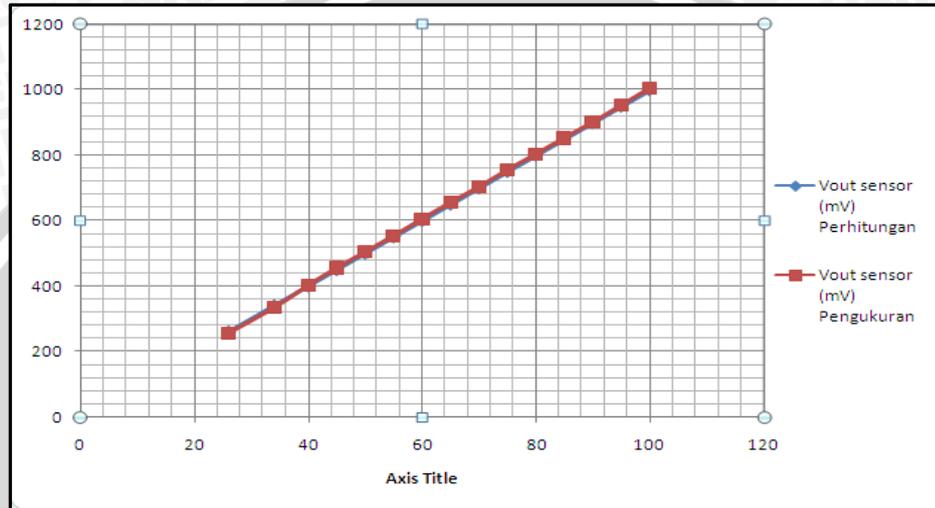
T = suhu ruangan

5.1.1 Peralatan Pengujian

- Catu daya 5V DC
- Sensor suhu LM35
- Termometer *analog* untuk ruangan
- *Multimeter digital*
- Pemanas (450W ~ 220V)
- Blower 12V DC

13	90	900	902	0.41
14	95	950	954	0.42
15	100	1000	1006	0.6
Kesalahan rata-rata (%)				0.54

Data pada Tabel diatas dapat di gambarkan menjadi bentuk grafik seperti dalam Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Antara Kondisi Suhu dengan V_{out} pada sensor suhu

5.1.4 Analisis Hasil Pengujian

Dari grafik pada Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa respons tegangan keluaran sensor suhu terhadap perubahan temperatur adalah mendekati linier, dengan kesalahan rata-rata sebesar 0.54%. Prosentase kesalahan didapatkan dengan perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ Kesalahan} = \left| \frac{V_{out} \text{ Perhitungan} - V_{out} \text{ Pengukuran}}{V_{out} \text{ Perhitungan}} \right| \times 100\% \quad (5-2)$$

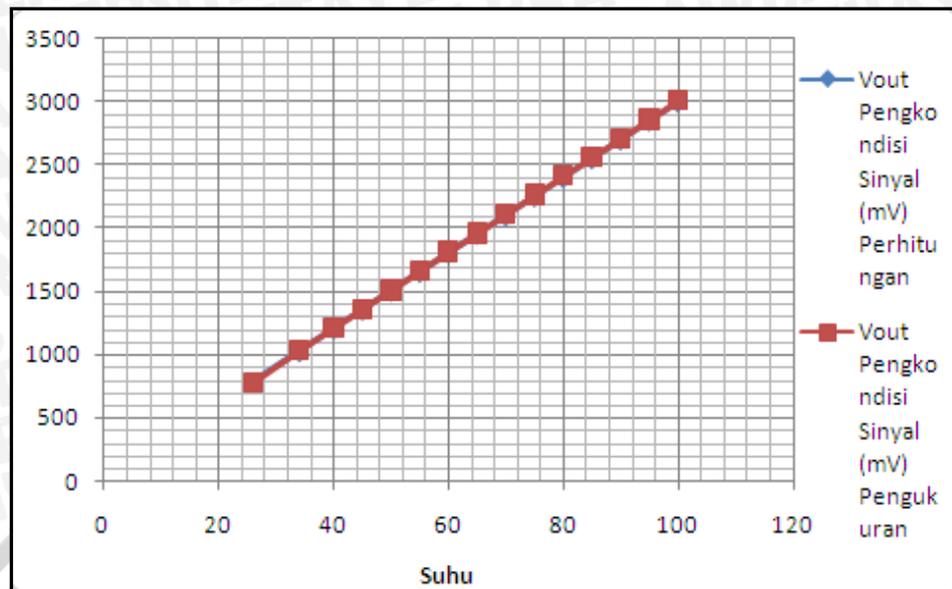
$$\% \text{ Kesalahan rata - rata} = \frac{\sum \% \text{ Kesalahan}}{n} \quad (5-3)$$

n = banyaknya pengujian yang dilakukan

Tabel 5.2. Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

No	Suhu (°C)	V _{out} Pengkondisi Sinyal (mV)		Kesalahan (%)	Data Terbaca di PLC
		Perhitungan	Pengukuran		
1	26	780	775	0,64	310
2	34	1020	1028	0,78	412
3	40	1200	1210	0,83	484
4	45	1350	1359	0,67	544
5	50	1500	1509	0,6	604
6	55	1650	1662	0,73	665
7	60	1800	1812	0,67	725
8	65	1950	1961	0,56	785
9	70	2100	2112	0,57	845
10	75	2250	2264	0,62	906
11	80	2400	2415	0,63	966
12	85	2550	2564	0,55	1026
13	90	2700	2714	0,52	1086
14	95	2850	2865	0,53	1146
15	100	3000	3014	0,47	1206
Kesalahan rata-rata (%)				0,62	

Data pada Tabel diatas dapat digambarkan menjadi bentuk grafik seperti dalam Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Antara Kondisi Suhu dengan V_{out} pada sensor suhu

Adanya perbedaan nilai antara perhitungan dan pengukuran dikarenakan :

- Sensor suhu LM35 yang digunakan mempunyai nilai toleransi keakuratan sebesar $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ atau sebanding dengan $\pm 5\text{mV}$.
- Pembacaan yang tidak tepat pada thermometer untuk skala yang lebih kecil.
- Kurang presisinya multimeter sehingga menyebabkan kesalahan dalam pengukuran tegangan keluaran (V_{out}) sensor suhu.

5.2 Pengujian Modul DAC XBF-DV04A

Pengujian dilakukan untuk mengetahui besarnya tegangan yang dikeluarkan oleh modul *analog*. Program yang ada pada *software* nilai masukannya dapat diubah-ubah sesuai dengan keperluan.

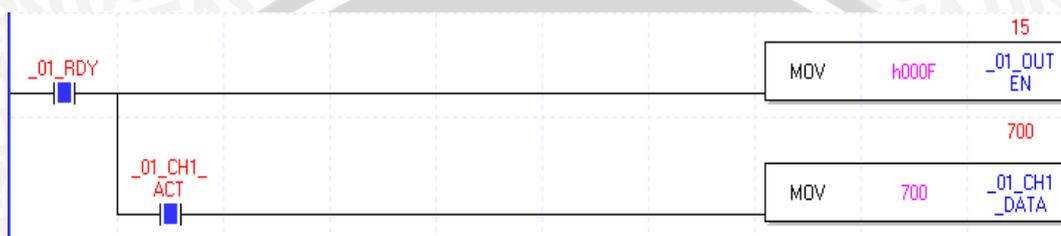
5.2.1 Peralatan Pengujian

1. PLC XBM-DN16S *main unit*
2. Modul *output analog* XBF-DV04A
3. *Multimeter digital*

5.2.2 Prosedur Pengujian

1. Mengaktifkan *device* U01.00.F untuk mengaktifkan modul *output analog*.

2. Mengaktifkan *device* U01.02 agar semua *channel* modul *analog* siap digunakan.
3. Mengaktifkan *device* U01.01.1 untuk modul *analog channel* 1.
4. Nilai yang diinginkan dimasukkan menuju ke alamat *analog output* modul *channel* 1 yaitu U01.04 menggunakan fungsi MOV.
5. Modul *analog output* akan mengeluarkan tegangan yang dibaca oleh multimeter.



Gambar 5.4 Nilai Kalibrasi Tegangan yang Ditransfer Ke Modul Analog Channel 1

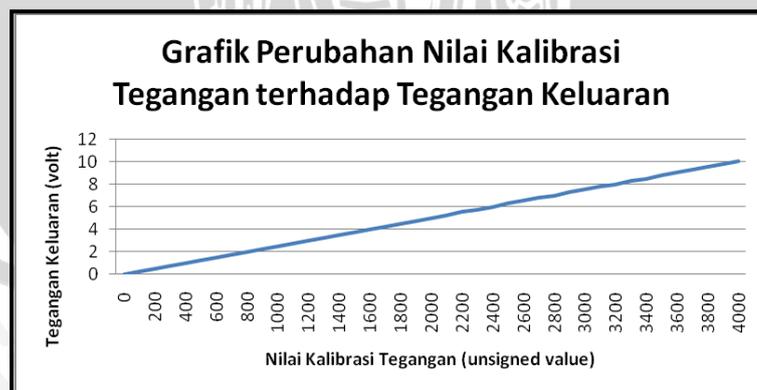
Angka berwarna merah yang ditunjukkan oleh Gambar 5.4 menunjukkan bahwa nilai tersebut berhasil ditransfer. Sehingga modul *analog* akan mengeluarkan tegangan yang akan menggerakkan motor blower. Nilai yang dimasukkan berkisar antara 0~4000. Setiap perubahan besar tegangan akan dicatat. Tabel 5.3 menunjukkan perbandingan nilai masukan dengan jumlah tegangan yang dikeluarkan oleh modul *analog*.

Tabel 5.3 Tabel Perubahan Nilai Kalibrasi Tegangan terhadap Tegangan Keluaran

No	Nilai Kalibrasi (unsigned value)	Tegangan Keluaran (volt)	No	Nilai Kalibrasi (unsigned value)	Tegangan Keluaran (volt)
1	0	0	22	2100	5.23
2	100	0.24	23	2200	5.5
3	200	0.5	24	2300	5.74
4	300	0.75	25	2400	5.99
5	400	0.98	26	2500	6.24
6	500	1.23	27	2600	6.49

7	600	1.48	28	2700	6.75
8	700	1.72	29	2800	6.98
9	800	1.97	30	2900	7.24
10	900	2.22	31	3000	7.48
11	1000	2.47	32	3100	7.74
12	1100	2.73	33	3200	7.97
13	1200	3	34	3300	8.23
14	1300	3.24	35	3400	8.47
15	1400	3.49	36	3500	8.74
16	1500	3.75	37	3600	8.99
17	1600	3.98	38	3700	9.24
18	1700	4.25	39	3800	9.48
19	1800	4.48	40	3900	9.74
20	1900	4.73	41	4000	10
21	2000	4.97			

Dari tabel diatas, dapat diubah menjadi grafik seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik Perubahan Nilai Kalibrasi Tegangan dengan Tegangan Keluaran

Berdasarkan Gambar 5.5 tampak bahwa tegangan keluaran modul *analog* naik sesuai dengan peningkatan nilai kalibrasi tegangan yang diberikan. Dengan demikian sistem dapat bekerja sesuai yang diinginkan.

5.3 Pengujian Perubahan Nilai Kalibrasi Tegangan Masukan Rangkaian Blower Terhadap Putaran Blower

Saat motor blower berputar, secara otomatis modul input analog akan membaca tegangan yang dikeluarkan oleh LM35. Hasilnya akan ditampilkan di atas ladder diagram yang digunakan untuk pengalamatan pembacaan suhu. Program yang telah diwrite pada PLC ini secara langsung bisa menampilkan nilai kalibrasi tegangan terhadap suhu.

Pengujian dilakukan menggunakan motor blower yang ditempatkan pada channel 0. Dengan demikian saat program dijalankan akan tampak pembacaan tegangan pada spesial module monitor channel 0. Tabel 5.3 menunjukkan tampilan pembacaan kalibrasi tegangan terhadap putaran blower.

5.3.1 Peralatan yang Dibutuhkan

1. Catu daya 10V DC dari modul *analog* PLC
2. *Tacho meter digital*
3. Rangkaian motor blower

Tabel 5.4 menunjukkan tampilan pembacaan kalibrasi tegangan terhadap putaran blower.

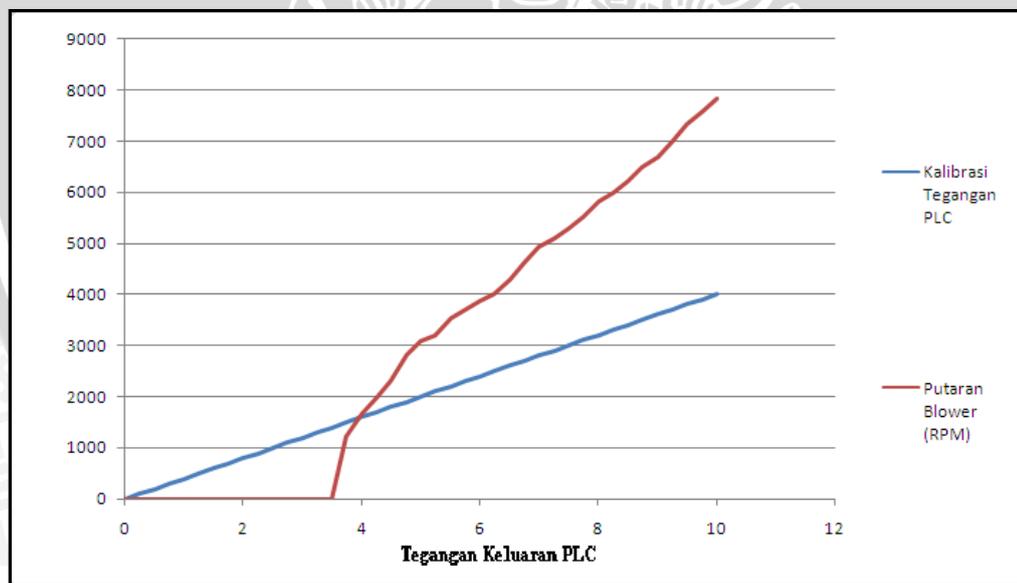
Tabel 5.4 Tabel Perubahan Nilai Kalibrasi Tegangan masukan blower terhadap Putaran Blower

Tegangan Dari PLC	Kalibrasi Tegangan PLC	Putaran Blower (RPM)
0	0	0
0.24	100	0
0.5	200	0
0.75	300	0
0.98	400	0
1.23	500	0

1.48	600	0
1.72	700	0
1.97	800	0
2.22	900	0
2.47	1000	0
2.73	1100	0
3	1200	0
3.24	1300	0
3.49	1400	0
3.75	1500	1223
3.98	1600	1683
4.25	1700	1990
4.48	1800	2330
4.73	1900	2830
4.97	2000	3103
5.23	2100	3214
5.5	2200	3542
5.74	2300	3713
5.99	2400	3893
6.24	2500	4015
6.49	2600	4312
6.75	2700	4638
6.98	2800	4949
7.24	2900	5101
7.48	3000	5303

7.74	3100	5520
7.97	3200	5851
8.23	3300	6002
8.47	3400	6231
8.74	3500	6512
8.99	3600	6706
9.24	3700	7013
9.48	3800	7332
9.74	3900	7598
10	4000	7848

Dari tabel diatas, dapat diubah menjadi grafik seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.6.



Gambar 5.6. Grafik Perubahan Nilai Kalibrasi Tegangan terhadap Suhu

Dari pengujian diatas dapat dilihat motor mulai berputar pada nilai tegangan 3.75 atau pada tegangan kalibrasi 1500

5.4 Pengujian Auto-Tuning Kontroler PID

Pengujian pada kontroler PID yang ada pada PLC ini digunakan untuk penentuan parameter kontrol PID (K_p , K_i , dan K_d).

5.4.1 Peralatan Pengujian

Peralatan yang dibutuhkan antara lain:

1. Miniatur ruang tertutup
2. Sensor LM35
3. Komputer
4. Sistem pengontrol PLC XBM DN-16S, XBF-DV04A dan XBF-AD04A
5. *Software* XG5000

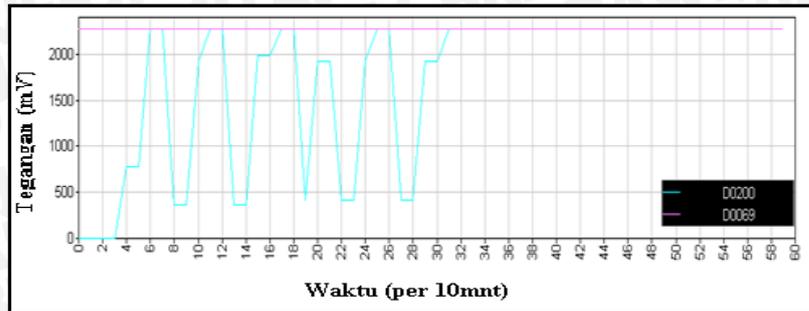
5.4.2 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujiannya adalah:

1. Membuat program perangkat lunak untuk pengaturan kecepatan blower
2. Mengaktifkan program *auto-tuning*
3. Monitoring grafik respon *system*

5.4.3 Tuning Parameter Kontrol PID dengan metode *Auto-Tuning*

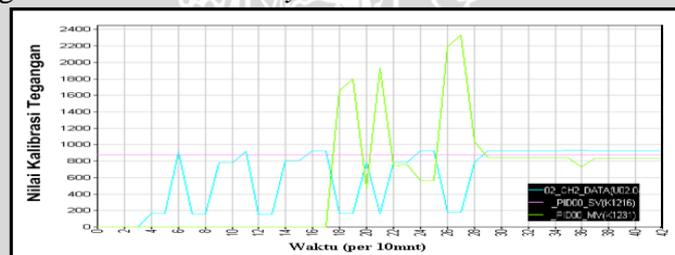
Sesuai dengan perancangan sebelumnya, bahwa metode *auto-tuning* yang digunakan adalah menggunakan kaidah Ziegler-Nichols. *Auto-tuning* ini digunakan untuk mencari parameter awal dari keluaran motor blower dengan menggunakan lebar dari periode osilasi. Dengan demikian, saat modus running posisi awal maka yang respon motor blower akan membentuk keluaran osilasi terlebih dahulu. Nilai masukan tegangan kalibrasi yang diberikan adalah 966.



Gambar 5.7 Grafik Perbandingan Antara Tegangan Pengkondisi Sinyal LM35 Terhadap Waktu Saat *Auto-Tuning*

Nilai yang ditetapkan sebagai *set value* adalah sebesar 2415 mV. Saat proses pemanasan dijalankan, tegangan motor blower mengalami osilasi seperti ditunjukkan pada Gambar 5.7 garis merah muda. Setelah parameter PID ditemukan, selanjutnya

motor blower dikontrol untuk mengikuti *set value*. PLC mengeluarkan sinyal control yang membuat *error steady state* = 0%



Gambar 5.8 Grafik Nilai Tegangan Keluaran Kalibrasi LM35 terhadap Waktu saat Modus *Auto-Tuning*

Pada Gambar 5.8 terdapat 3 buah garis berwarna, yaitu warna merah, biru dan Hijau. Garis warna merah menunjukkan nilai *set value*, warna biru adalah keluaran LM35 dan warna hijau merupakan sinyal kontrol PID. Saat program running, kontroler PID secara otomatis akan memberi masukan nilai tertentu yang membuat respon keluaran motor blower terlihat mengalami osilasi. Saat itulah modus *auto-tuning* parameter aktif. Kemudian setelah didapat parameter PID (K_p , K_i dan K_d) maka kontroler PID mengeluarkan tegangan sinyal kontrol mulai di 170 menit. Dan pada menit ke 290, respon sistem telah mencapai keadaan *steady state*.

Hasil Parameter Kp, Ki dan Kd

Setelah melakukan proses *auto-tuning*, maka program akan mengeluarkan nilai parameter PID yang digunakan untuk mengontrol kecepatan motor Blower.

Nilai parameter yang dihasilkan dari *auto-tuning* adalah:

Kp : 3,3251

Ki : 5,8965

Kd : 1,5590

5.5 Pengujian Sistem Tanpa Kontroler

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari keseluruhan system pemanasan dimana kontroler belum dipergunakan.

5.5.1 Peralatan yang dibutuhkan

1. Miniatur ruang tertutup
2. Sensor LM35
3. Thermometer *analog* untuk ruangan
4. Catu daya 12V DC

5.5.2 Prosedur pengujiannya

1. Sambungkan motor blower dan *heater* ke catu daya.
2. Ukur suhu dengan thermometer sesuai waktu yang ditentukan.

5.5.3 Hasil Pengujian

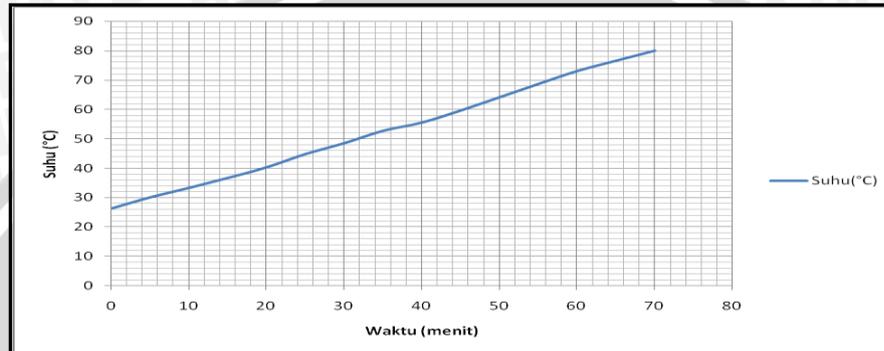
Data hasil pengujian suhu tanpa kontroler terhadap waktu saat pemanasan bisa dilihat dari tabel 5.5 dibawah.

Tabel 5.6. Data hasil pengujian suhu tanpa kontroler terhadap waktu saat pemanasan

Waktu (mnt)	Suhu(°C)
0	26,4
5	30,2
10	33,4
15	36,8
20	40,4
25	44,9
30	48,6
35	52,8
40	55,6

45	59,7
50	64,2
55	68,7
60	73,1
65	76,6
70	80

Data pada tabel diatas dapat digambarkan menjadi bentuk grafik seperti dalam Gambar 5.5.



Gambar 5.9 Suhu tanpa kontroler terhadap waktu pemanasan

5.6 Pengujian Sistem Menggunakan PLC

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keberhasilan dari keseluruhan sistem yang dirancang. pada pengujian ini semua sistem digabungkan menjadi satu kesatuan dan menggunakan kontrol PID sebagai sistem kontrolnya. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kontrol sistem perubahan suhu ruangan pengovenan.

5.6.1 Peralatan yang dibutuhkan

1. Miniatur ruang tertutup
2. Sensor LM35
3. Komputer
4. Sistem pengontrol PLC XBM DN-16S, XBF-DV04A dan XBF-AD04A
5. *Software* XG5000

5.6.2 Prosedur pengujiannya

1. Membuat program ladder diagram untuk pengaturan suhu
2. Memasukkan nilai parameter Kp, Ki dan Kd
3. Downloading program menuju PLC
4. Mengatur nilai *set value* pada nilai masukan tegangan sebesar 966

5. Pada pengujian ini dilakukan pengujian proses pemanasan dan pendinginan ruang pengovenan

5.6.3 Hasil pengujian

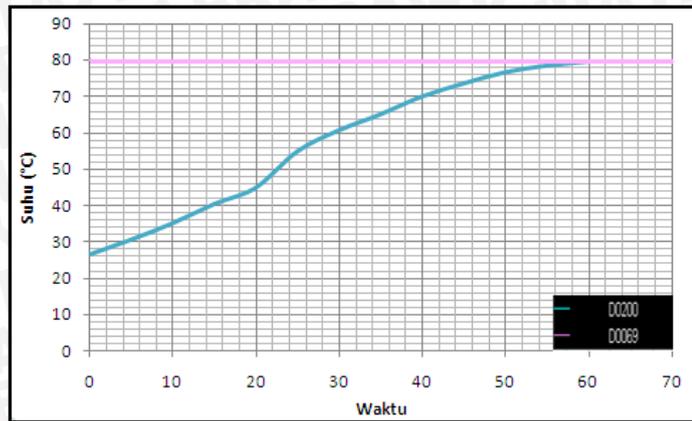
5.6.3.1 Hasil pengujian suhu terhadap waktu saat pemanasan.

Data hasil pengujian suhu terhadap waktu saat pemanasan bisa dilihat dari tabel 5.6 dibawah

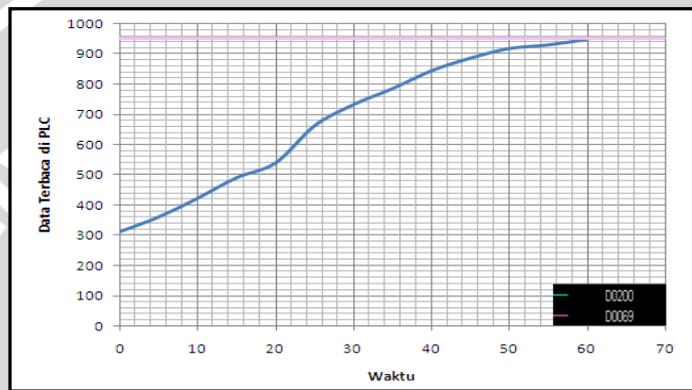
Tabel 5.6. Data hasil pengujian suhu terhadap waktu saat pemanasan

Waktu (mnt)	Suhu(°C)	Data Terbaca di PLC
0	26,4	311
5	30,5	360
10	35	422
15	40,3	490
20	44,8	539
25	54,8	662
30	60,6	732
35	65	785
40	69,9	844
45	73,5	886
50	76,6	918
55	78,4	930
60	79,5	948

Data pada tabel diatas dapat digambarkan menjadi bentuk grafik seperti dalam Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Suhu terhadap Waktu Pemanasan



Gambar 5.11 Data Terbaca di PLC Terhadap Waktu Pemanasan

Dari grafik pada Gambar 5.11 bahwa waktu yang dibutuhkan untuk proses pemanasan dari suhu awal hingga mencapai *set point* 80 °C adalah 60 menit. Suhu awal adalah suhu ruangan oven sebelum sistem dinyalakan. Suhu awal sebesar 26°C.

5.6.3.2 Hasil pengujian suhu terhadap waktu saat pendinginan.

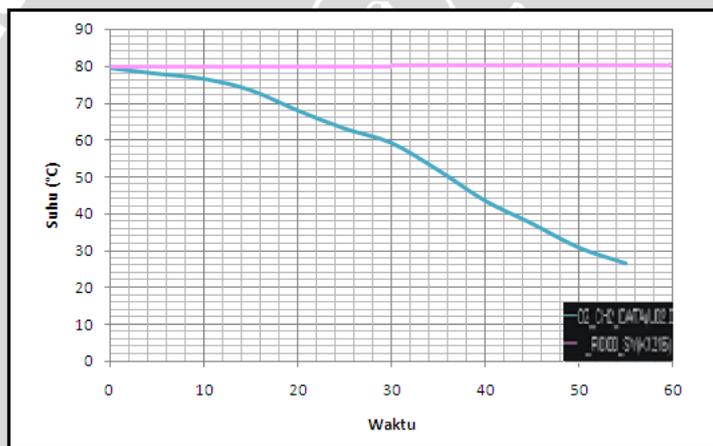
Data hasil pengujian suhu terhadap waktu saat pemanasan bisa dilihat dari tabel 5.7 dibawah.

Tabel 5.7 Data hasil pengujian suhu terhadap waktu saat pendinginan

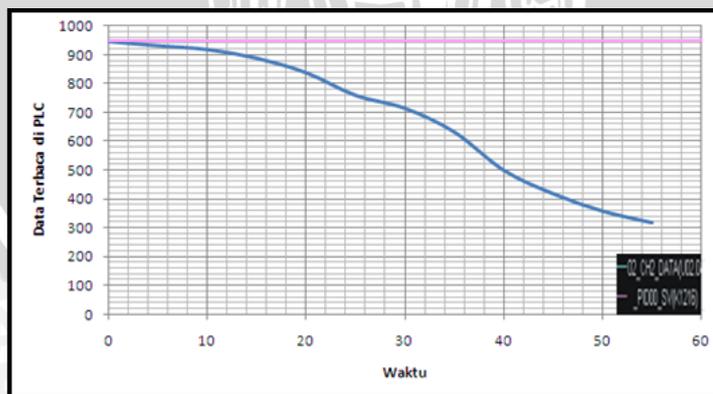
Waktu (mnt)	Suhu(°C)	Data Terbaca di PLC
0	79,5	946
5	78	931
10	76,6	918
15	73,5	888

20	68	838
25	63,1	760
30	59,2	715
35	51,8	633
40	43,5	501
45	37,3	420
50	30,8	360
55	26,5	320

Data pada tabel diatas dapat digambarkan menjadi bentuk grafik seperti dalam Gambar 5.11.



Gambar 5.12 Suhu terhadap Waktu Pendinginan.



Gambar 5.13 Data Terbaca di PLC Terhadap Waktu Pendinginan

Dari grafik pada Gambar 5.13 waktu untuk pendinginan lebih cepat dari proses pemanasan dengan membutuhkan waktu 55 menit untuk mencapai suhu awal 26 °C.

5.7 Pengujian Sistem Menggunakan 6 Setpoint yang Berbeda

5.7.1 Peralatan yang dibutuhkan

1. Miniatur ruang tertutup
2. Sensor LM35
3. Komputer
4. Sistem pengontrol PLC XBM DN-16S, XBF-DV04A dan XBF-AD04A
5. *Software* XG5000

5.7.2 Prosedur pengujiannya

1. Membuat program ladder diagram untuk pengaturan suhu
2. Memasukkan nilai parameter Kp, Ki dan Kd
3. Downloading program menuju PLC
4. Mengatur nilai *set value* pada nilai masukan tegangan sebesar 484 (40°C), 725(60°C), 352(30°C), 725(60°C), 845(70°C), 966(80°C) secara bergantian setelah keadaan *stedystate*
5. Pada pengujian ini dilakukan pengujian proses pemanasan dan pendinginan ruang pengovenan

5.7.3 Hasil Pengujian

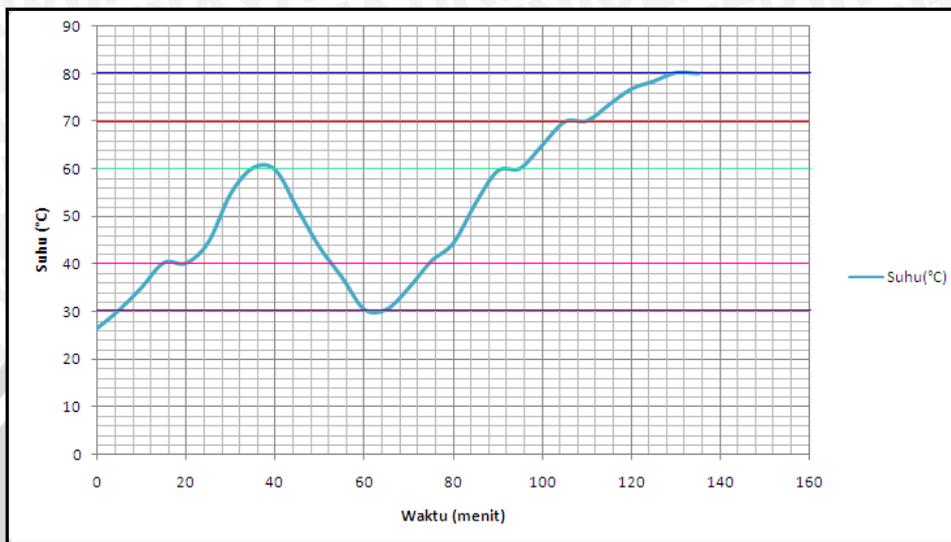
Data hasil pengujian suhu terhadap waktu menggunakan 6 setpoint bisa dilihat dari tabel 5.8 dibawah

Tabel 5.8 Data hasil pengujian suhu terhadap waktu menggunakan 6 setpoint

Waktu (mnt)	Suhu(°C)	Data Terbaca di PLC	Waktu (mnt)	Suhu(°C)	Data Terbaca di PLC
0	26,5	312	70	35	422
5	30,4	363	75	40,6	496
10	35,1	424	80	44,4	533
15	40,3	490	85	52,8	648
20	40,2	488	90	59,6	716
25	44,6	532	95	60,1	723
30	54,8	622	100	65	785
35	60,2	725	105	69,9	844
40	59,8	718	110	70,1	850
45	51,6	622	115	73,5	886
50	43,5	501	120	76,8	919

55	37,2	421	125	78,4	930
60	30,5	358	130	80,2	969
65	30,5	358	135	80	966

Data pada tabel diatas dapat digambarkan menjadi bentuk grafik seperti dalam Gambar 5.12.



Gambar 5.13 Suhu terhadap waktu menggunakan 6 setpoint yang berbeda



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari perancangan, pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan pada alat pengovenan kerangka dasar mobil, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemrograman *ladder diagram* pada *software* XG5000 dapat berfungsi dengan baik untuk mengontrol suhu ruang pengovenan. Sehingga kontroler PID yang digunakan dapat memberi sinyal kontrol yang sesuai untuk mempertahankan kecepatan motor blower untuk menjaga suhu ruangan.
2. Penggunaan kontroler PID dengan modus *auto-tuning* memberikan nilai parameter yang sesuai dengan sistem pengovenan. Dengan parameter PID yang dipakai ($K_p=3,3251$, $K_i=5,8965$ dan $K_d=1,5590$) respon keluaran suhu terhadap waktu pada pengovenan memiliki *maximum overshoot* yang kecil dan memiliki *error steady state* kurang dari 0.5%, dengan demikian system dapat dikatakan berjalan sesuai harapan.
3. Waktu yang diperlukan sistem untuk memanaskan ruang pengovenan dari suhu awal ruang 26 °C sampai suhu set point 80 °C adalah 60 menit dan waktu yang dibutuhkan sistem untuk mendinginkan suhu set point sampai suhu awal adalah 55 menit.
4. Keluaran sensor suhu terhadap perubahan temperatur adalah mendekati linier, dengan kesalahan rata-rata sebesar 0.54%.

6.2 Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kelemahan. Untuk memperbaiki kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut disarankan :

1. Menggunakan lebih dari 1 sensor suhu LM35 yang diletakkan pada setiap sudut ruang pengovenan. Tujuan dari penambahan sensor tersebut adalah agar sistem mampu mendeteksi tingkat kekeringan lebih merata.
2. Elemen pemanas yang digunakan sebaiknya menggunakan elemen yang memiliki daya yang lumayan besar agar proses pemanasan tidak terlalu lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, Abdul. 2011. *Perancangan Sistem Pengendali Suhu Ruang Pengovenan Kerangka Dasar Mobil Menggunakan PLC*. Malang. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
- Anonim. [http://digilib.petra.ac.id/viewer.php?page=1&submit.x=0&submit.y=0&qual=high&fname=/jiunkpe/s1/mesn/2007/jiunkpe-ns-s1-2007-24403004-6394-cat mobil-chapter1.pdf](http://digilib.petra.ac.id/viewer.php?page=1&submit.x=0&submit.y=0&qual=high&fname=/jiunkpe/s1/mesn/2007/jiunkpe-ns-s1-2007-24403004-6394-cat_mobil-chapter1.pdf)(18 Oktober 2010)
- Ibnu, Harmowo. 2002. *Analisis Distribusi Temperatur Pada Piant Oven Room*. Malang. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
- Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik*. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- Programmable Logic Controller analog module unit operation user manual.XGB analog. LSIS
- Programmable Logic Controller hardware operation user manual.XGB hardware. LSIS
- Putra, Agfianto Eko. 2004. *PLC Konsep, Pemrograman dan Aplikasi*. Yogyakarta: Gavamedia
- Setiawan, Iwan. 2006. *Programmable Logic Controller (PLC) dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol*. Yogyakarta. Penerbit Andi.
- XG5000 software unit operation user manual.XGT series. LSI

LAMPIRAN I

Foto Alat





Tampak Depan

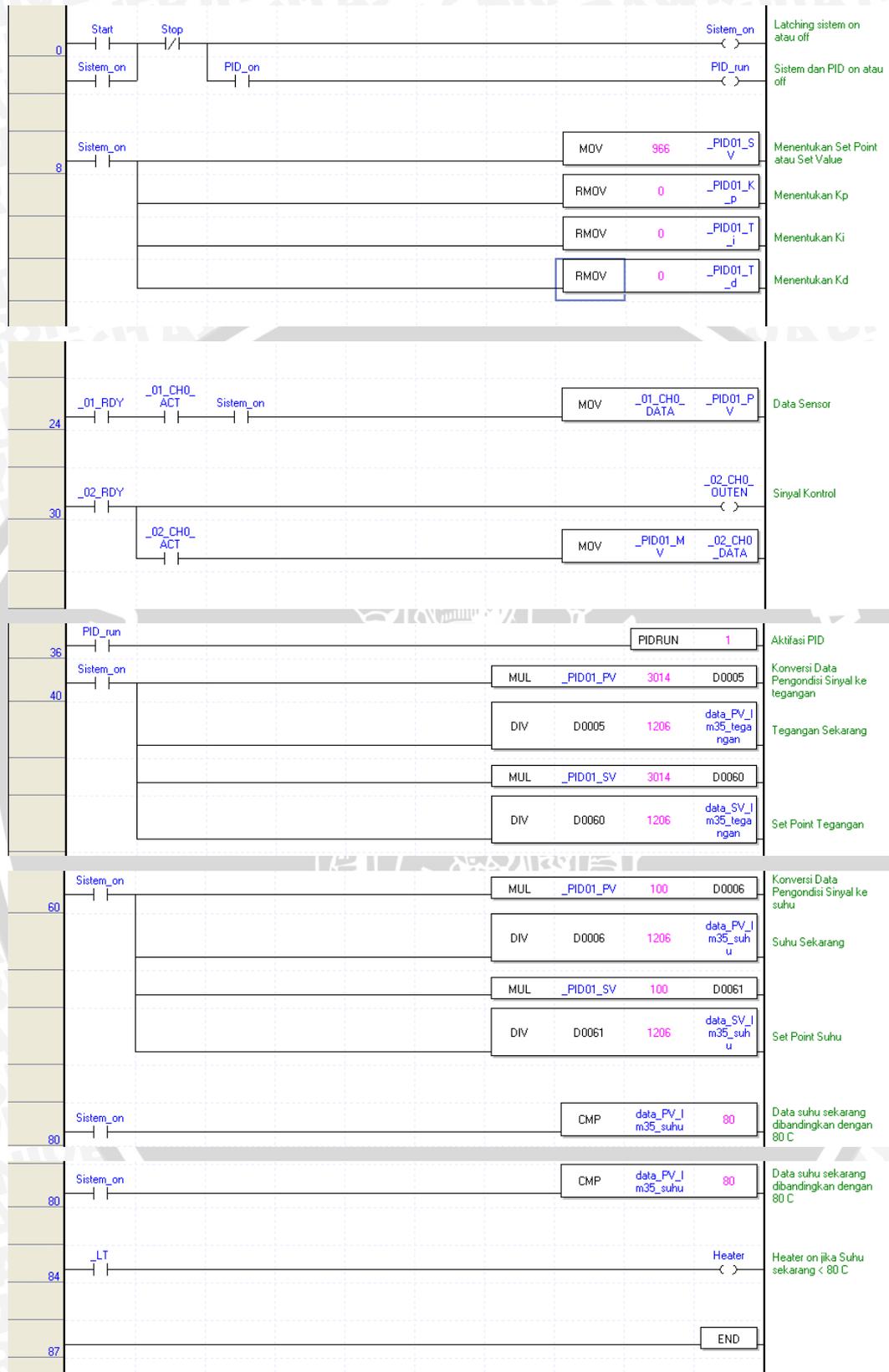


Tampak Samping

LAMPIRAN II

Ladder Diagram PLC





LAMPIRAN III

Datasheet Komponen

