

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:

- Pengisian cat
- Kontroler
- Kontroler PID (*Proportional Integral Derivative*)
- PLC (*Programable Logic Controler*)
- Kompresor
- *Magnetic Contactor*
- Pneumatik
- Sensor Tekanan
- Motor Servo

2.1 Pengisian Cat

Pada proses pengemasan terdapat proses pengisian cat kaleng yang merupakan bagian terpenting untuk mendapatkan hasil pengisian cat kaleng yang baik. Pada dasarnya proses pengemasan dilakukan dengan pengisian kemasan langsung dari tabung pengisian. Keuntungan dari penggunaan pneumatik pada pengisian cat kaleng adalah hasil yang akurat, volume dan berat terpenuhi sesuai target sehingga aman untuk digunakan dalam jangka waktu yang lama.

2.2 Kontroler

Keberadaan kontroler dalam sebuah sistem kontrol mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Pada prinsipnya kontroler digunakan untuk mencapai kestabilan sistem tanpa harus merubah komponen penyusun. Karena karakteristik *plant* harus diterima sebagaimana kondisinya, sehingga perubahan

perilaku sistem hanya dapat dilakukan melalui penambahan suatu sub sistem 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).

Prinsip kerja kontroler adalah membandingkan nilai aktual keluaran *plant* dengan nilai referensi, kemudian menentukan nilai kesalahan dan akhirnya menghasilkan sinyal kontrol untuk meminimalkan kesalahan. Berdasarkan aksi kontrolnya, jenis – jenis kontroler adalah sebagai berikut :

2.2.1 Kontroler Proporsional

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

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

Dengan K_p adalah penguatan proporsional. Keluaran $m(t)$ hanya tergantung pada *magnitude* dari error, dimana semakin besar *error* maka semakin besar pula aksi koreksi yang dilakukan. Ciri-ciri kontroler proporsional harus diperhatikan ketika kontroler tersebut diterapkan pada

suatu sistem. Secara eksperimen, pengguna kontroler proporsional harus memperhatikan ketentuan-ketentuan berikut ini:

- Kalau nilai K_p kecil, kontroler proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat.
- Kalau nilai K_p dinaikkan, respon sistem menunjukkan semakin cepat mencapai keadaan mantab.
- Namun jika nilai K_p diperbesar sehingga mencapai harga yang berlebihan, akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil, atau respon sistem akan berosilasi (Pakpahan, 1988, 193).

2.2.2 Kontroler Integral

Nilai keluaran kontroler $m(t)$ diubah pada laju proporsional dari sinyal pembangkit kesalahan $e(t)$, sehingga dengan K_i adalah konstanta integral. Jika sinyal kesalahan $e(t)$, sehingga 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 telah dicapai sebelumnya. Aksi kontrol integral digunakan untuk menghilangkan kesalahan posisi dalam keadaan mantap (*error steady state*) tanpa memperhitungkan kecepatan respon. Ketika digunakan, kontroler integral mempunyai beberapa karakteristik berikut ini:

- Keluaran kontroler membutuhkan selang waktu tertentu, sehingga kontroler integral cenderung memperlambat respon.
- Ketika sinyal kesalahan berharga nol, keluaran kontroler akan bertahan pada nilai sebelumnya.
- Jika sinyal kesalahan tidak berharga nol, keluaran akan menunjukkan kenaikan atau penurunan yang dipengaruhi oleh besarnya sinyal kesalahan dan nilai K_i (Johnson, 1993, 376).
- 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 (Guterus, 1994, 7-4).

2.2.3 Kontroler Diferensial

Nilai sinyal keluaran kontroler $m(t)$ sebanding dengan perubahan laju sinyal kesalahan $\frac{d}{dt}e(t)$. Hubungan ini dapat ditulis sebagai kontroler diferensial akan memberikan sinyal kendali keluaran $m(t) = 0$ untuk sinyal kesalahan $e(t)$ yang konstan. Kontroler diferensial digunakan untuk memperbaiki atau mempercepat respon transien sebuah sistem serta dapat meredam osilasi. Karakteristik kontroler diferensial adalah sebagai berikut:

- Kontroler ini tidak dapat menghasilkan keluaran bila tidak ada perubahan pada masukannya (berupa sinyal kesalahan).
- Jika sinyal kesalahan berubah terhadap waktu, maka keluaran yang dihasilkan kontroler tergantung pada nilai T_d dan laju perubahan sinyal kesalahan. (Powel, 1994, 184).
- 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 sistem (Ogata., 1997, 240).

Berdasarkan karakteristik kontroler tersebut, kontroler diferensial umumnya dipakai untuk mempercepat respon awal suatu sistem, tetapi tidak memperkecil kesalahan pada keadaan tunak. 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 (Sutrisno, 1990, 102).

Dari ketiga aksi kontrol diatas dapat dibuat kombinasi diantara ketiganya yaitu :

2.2.4 Kontroler Proporsional ditambah Integral (PI)

Aksi kontrolnya dinyatakan dalam persamaan :

$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt \quad (2-2)$$

Kontroler ini mengintegrasikan sinyal kesalahan $\int e(t)dt$ yang kemudian ditambahkan dengan sinyal kesalahan $e(t)$.

2.2.5 Kontroler Proporsional ditambah Diferensial (PD)

Aksi kontrolnya dinyatakan sebagai :

$$m(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2-3)$$

Kontroler PD selalu mengukur kemiringan (*slope*) sinyal kesalahan $\frac{d}{dt} e(t)$ dan memperkirakan besar M_p yang akan terjadi serta memberikan koreksi sebelum terjadi lewatan sebenarnya sehingga diperoleh *maksimum overshoot* yang kecil. Jika kesalahan keadaan mantap tidak berubah terhadap waktu maka turunannya terhadap waktu sama dengan 0, sehingga kontroler PD tidak mempunyai pengaruh terhadap kesalahan mantap, tapi jika terdapat perubahan kesalahan, kontroler PD akan mengurangi besar kesalahan keadaan mantap. Jadi, pengendali PD digunakan untuk memperbaiki suatu sistem pengendalian yang tanggapan peralihanya mempunyai *maksimum overshoot* berlebihan tanpa memperhitungkan kecepatan responnya.

2.2.6 Kontroler Proporsional ditambah integral ditambah Diferensial (PID).

Aksi kontrolnya dinyatakan sebagai :

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

Dalam bentuk diskrit adalah sebagai berikut

$$v(KT) = k_p \left[e(KT) + \frac{1}{T_i} \sum_{k=1}^n T e(KT) + \frac{T d e(KT) - e(KT-T)}{T} \right] + \mu_0 \quad (2-5)$$

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

Penalaan parameter kontroler PID (*Proporsional Integral Diferensial*) selalu didasari atas tinjauan terhadap karakteristik yang diatur (*Plant*). Dengan demikian betapapun rumitnya suatu *plant*, perilaku *plant* tersebut harus diketahui terlebih dahulu sebelum penalaan parameter PID itu dilakukan. Karena penyusunan model matematik *plant* tidaklah mudah, maka dikembangkan suatu metode eksperimental. Metode ini didasarkan pada reaksi *plant* yang dikenai suatu perubahan. Dengan menggunakan metode itu; model matematik perilaku *plant* tidak diperlukan lagi, karena dengan menggunakan data yang berupa kurva keluaran, proses kontroler PID telah dapat dilakukan. (Sumber: Tutorial Elektro Indonesia edisi ke XII, Ir. Chairuzzaini, 1998)

Keberadaan kontroler dalam sebuah sistem kontrol mempunyai kontribusi yang besar terhadap kerja 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 tugas komponen kontroler adalah mereduksi sinyal kesalahan, yaitu perbedaan antara sinyal seting dan sinyal aktual. Hal ini sesuai dengan tujuan sistem kontrol adalah mendapatkan sinyal aktual senantiasa (diinginkan) sama dengan sinyal seting. Semakin cepat reaksi sistem mengikuti sinyal aktual dan semakin kecil kesalahan yang terjadi, semakin baiklah kinerja sistem kontrol yang diterapkan.

Apabila perbedaan antara nilai setting 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 antara setting dengan besaran yang diatur sekecil mungkin. (Sumber: Rusli, 1997)

2.3 Metode Manual Tuning PID

Dalam metode penentuan parameter secara manual, langkah pertama adalah memberikan nilai nol pada parameter K_i dan K_d . Kemudian parameter K_p dinaikan sampai output *loop* mencapai osilasi. Parameter K_i kemudian dinaikan sampai *error steady state* tereliminasi. Terlalu banyak nilai K_i akan menyebabkan ketidakstabilan

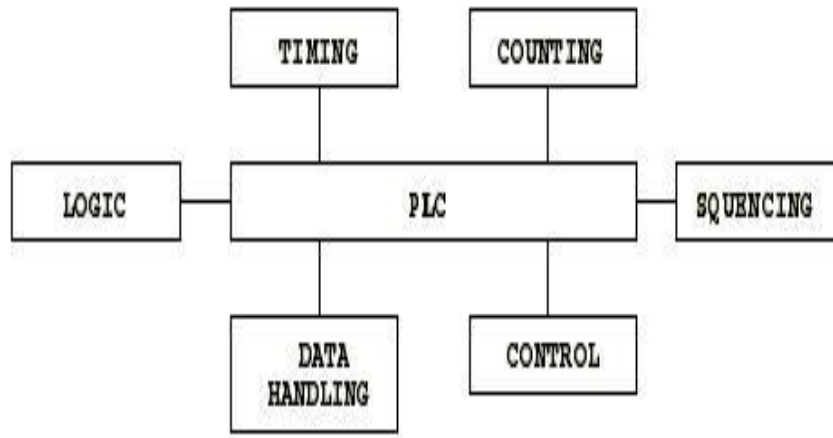
sistem. Terakhir nilai parameter Kd ditingkatkan jika dibutuhkan, sampai *loop* dirasakan cukup cepat untuk mencapai *setpoint* setelah ada gangguan beban. Namun terlalu banyak nilai pada Kd akan menyebabkan respon yang terlalu cepat dan menyebabkan *overshoot*. *Loop* PID yang cepat biasanya memperbolehkan adanya *overshoot*. (Astrom, K.J, & Hagglund, Tore 1995). Tabel 2.1 merupakan dimana kondisi saat menaikkan parameter kontrol.

Tabel 2. 1 Kondisi – kondisi saat menaikkan parameter kontrol

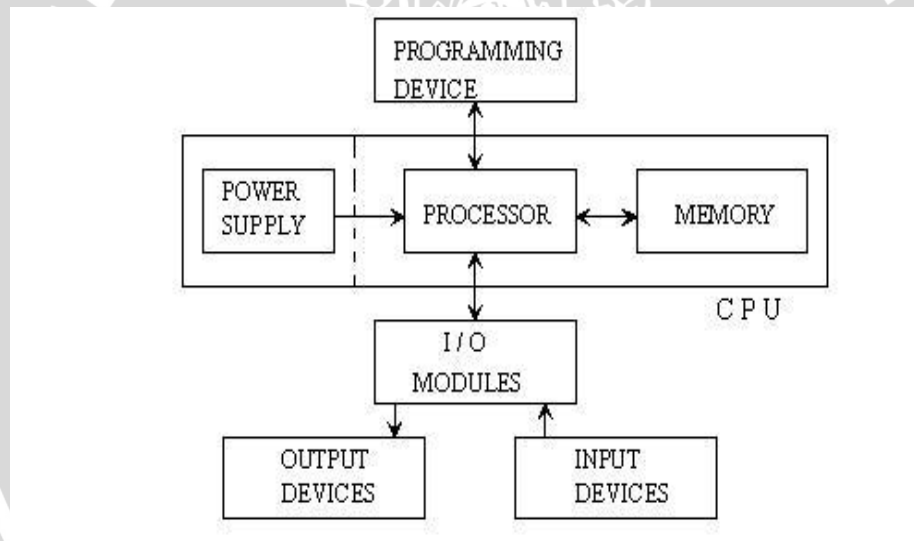
RESPONSE	RISE TIME	OVERSHOOT	SETTLING TIME	SS ERROR
Kp	Menurun	Meningkat	Perubahan Kecil	Menurun
Ki	Menurun	Meningkat	Meningkat	Eliminasi
Kd	Perubahan Kecil	Menurun	Menurun	Perubahan Kecil

2.4 *Progammable Logic Control (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 modules*". Fungsi dari PLC dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 merupakan arsitektur dari PLC.



Gambar 2.1 Fungsi PLC
 Sumber: PLC Twido 2010:192



Gambar 2.2 Arsitektur PLC
 Sumber: PLC Twido 2010:192

2.4.1 Prinsip Kerja PLC

- **Programmable**

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

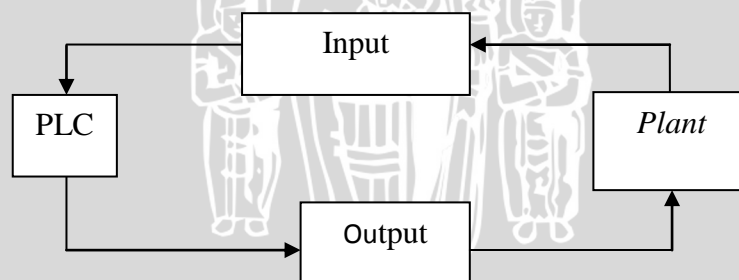
- **Logic**

Menunjukkan kemampuan PLC dalam memroses 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 *relay – relay* mempunyai banyak kelemahan. Diantaranya kontak-kontak *relay* 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.

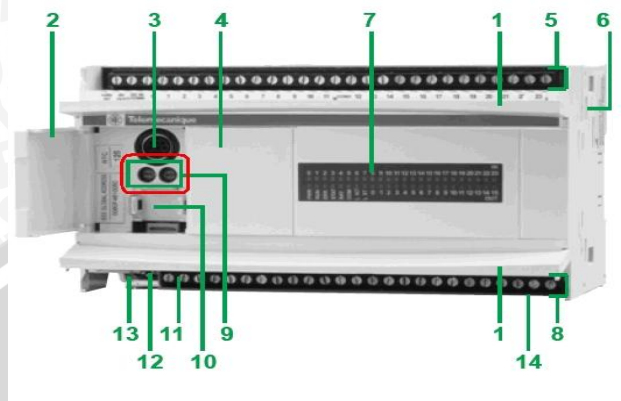
Gambar 2.3 merupakan blok diagram dari sistem PLC sebagai berikut :



Gambar 2.3 Diagram blok prinsip kerja PLC

Sumber: PLC Twido 2010:192

2.4.2 PLC Tipe Schneider Twido TWDLCAE-40-DRF



Gambar 2.4 PLC Schneider Twido TWDLCAE-40-DRF

Sumber : Twido Schneider user manual

Keterangan Gambar 2.4 :

1. Penutup blok koneksi ke terminal.
2. Penutup *port* akses.
3. Konektor *serial port mini* DIN tipe RS-485 (untuk pemrograman PLC).
4. Slot untuk mendiagnosa secara digital atau perbaikan modul *display* TWD XCP ODC.
5. Blok terminal *screw* untuk *supply* 24VDC ke sensor dan koneksi *input* sensor ke PLC.
6. Konektor untuk tambahan modul *I/O*.
7. *Display* untuk menampilkan kondisi :
 - Status kontroler (PWR, RUN, STAT dan ERR).
 - *Input* dan *Output* (INx dan OUTx).
8. Blok terminal *screw* untuk *output*.
9. Dua *screw* untuk seting manual poin (Satu poin untuk 10 dan 16 *I/O*).
10. Perluasan konektor untuk tambahan *serial port* RS 232C atau RS 485 dengan menggunakan adaptor TWD NAC xxx (16 dan 24 *I/O*).
11. Blok terminal *screw* untuk *supply* 100 – 240VAC atau 19,2 – 30VDC.
12. Konektor (akses lewat bawah PLC) untuk :

- *memory cartridge* TWD XCP MFK32 atau *real-time clock cartridge* TWD XCP RTC untuk kontroler dasar TWD LCxA xxDRF.
- *memory cartridge* TWD XCP MFK64 atau *built in clock cartridge* TWD XCP RTC untuk kontroler dasar TWD LCAx 40DRF.

13. Konektor RJ45 untuk koneksi *Ethernet*, hanya pada kontroler dasar TWD LCAE 40DRF.

2.4.2.1 *Central Processing Unit* (CPU)

Central Processing Unit berfungsi untuk mengambil instruksi dari memori, mendekode 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, misalkan dalam rancangan hal catu daya yang berada diluar CPU.

2.4.2.2 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).

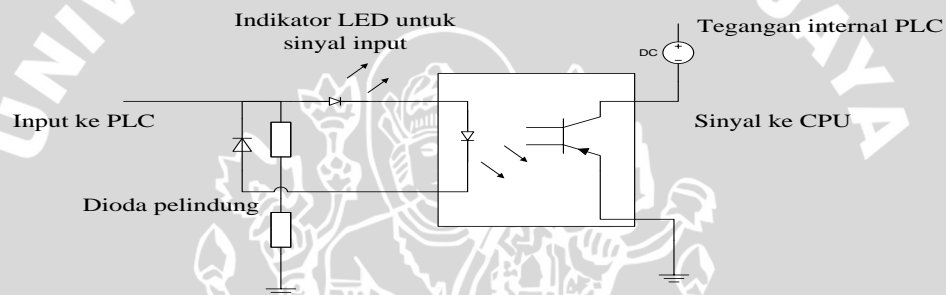
2.4.2.3 Unit Input

- **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*, modul ini hanya mempunyai dua kemungkinan kondisi, yaitu 0 dan 1.

Pada Gambar 2.5 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 pada sisi rangkaian lainnya yang sama sekali tidak tersambung secara elektronik, tetapi tersambung secara *optic*, tujuannya adalah melindungi CPU dari sinyal-sinyal yang tidak dikehendaki yang bisa merusak CPU.



Gambar 2.5 Digital input PLC

Sumber: user manual Twido Schneider. *Revised October 2009*

- **Unit Input Analog**

Unit input analog berfungsi untuk menangani sinyal analog dan mengkonversikan menjadi sinyal digital dengan menggunakan sebuah *converter* 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 melakukan pengkabelan alat yang akan dikendalikan oleh PLC.

2.4.2.4 Unit Output

- **Unit Output Digital**

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

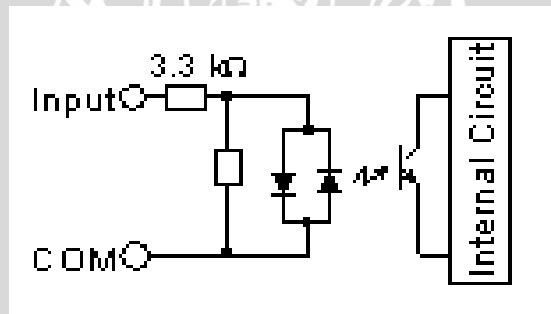
- **Unit Output Analog**

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.

2.4.2.5 Pengkabelan PLC

- **Pengkabelan CPU PLC**

Pengawatan standar CPU PLC dapat dilihat dalam gambar 2.6 :

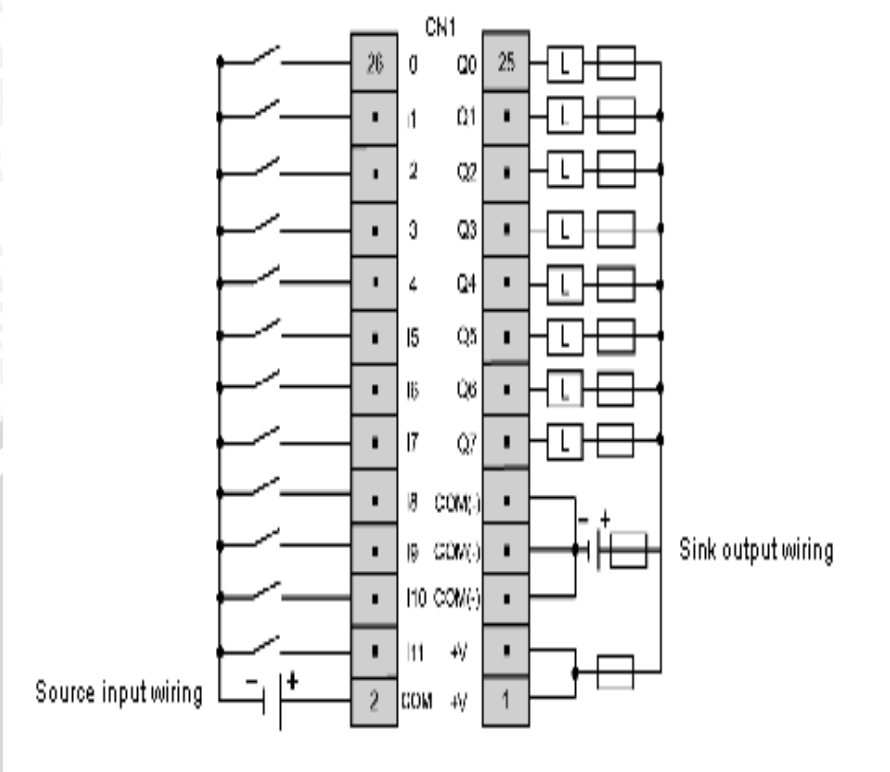


Gambar 2. 6 Diagram Pengkabelan Standar pada PLC Twido CAE40DRF

Sumber: *Twido - Positioning User Manual*

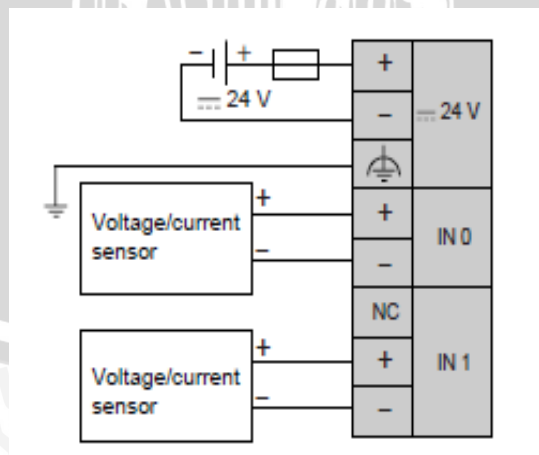
- **Pengkabelan Modul Input Analog PLC**

Sistem pengkabelan pada modul input analog PLC untuk mengetahui *input* masukan I/O yang akan di gunakan. Gambar 2.7 merupakan pengkabelan dari modul *input* analog PLC.



Gambar 2.7 Diagram Pengkabelan pada PLC Twido CAE40DRF (Input DC)
 Sumber: Twido - Analog User Manual

- **Pengkabelan Modul *Input Analog TWDAMI2HT***
 Gambar 2.8 merupakan bentuk dari pengkabelan modul *expand input analog TWDAMI2HT*.



Gambar 2.8 Pengkabelan pada Modul *expand TWDAMI2HT (Input Analog)*
 Sumber: Twido Analog User Manual

2.4.2.6 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 menemonicnya. Kedua, rancangan rangkaian kontrol diubah dahulu ke fungsi menemonicnya (dikodekan dulu), sesuai dengan tombol-tombol yang ada pada papan ketik PLC.

Demikian juga, untuk sistem pemantauannya atau untuk memonitor program 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 menemonicnya (pada tampilan layar LCD *program console*).

2.4.2.7 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 *relay output* yang dapat dihubungkan langsung pada busbar bagian kiri. Jika diperlukan *relay output* bekerja terus menerus, maka di antara busbar kiri dengan *output* diberi kontak NC dari internal *Auxiliary Relay* yang tidak digunakan.

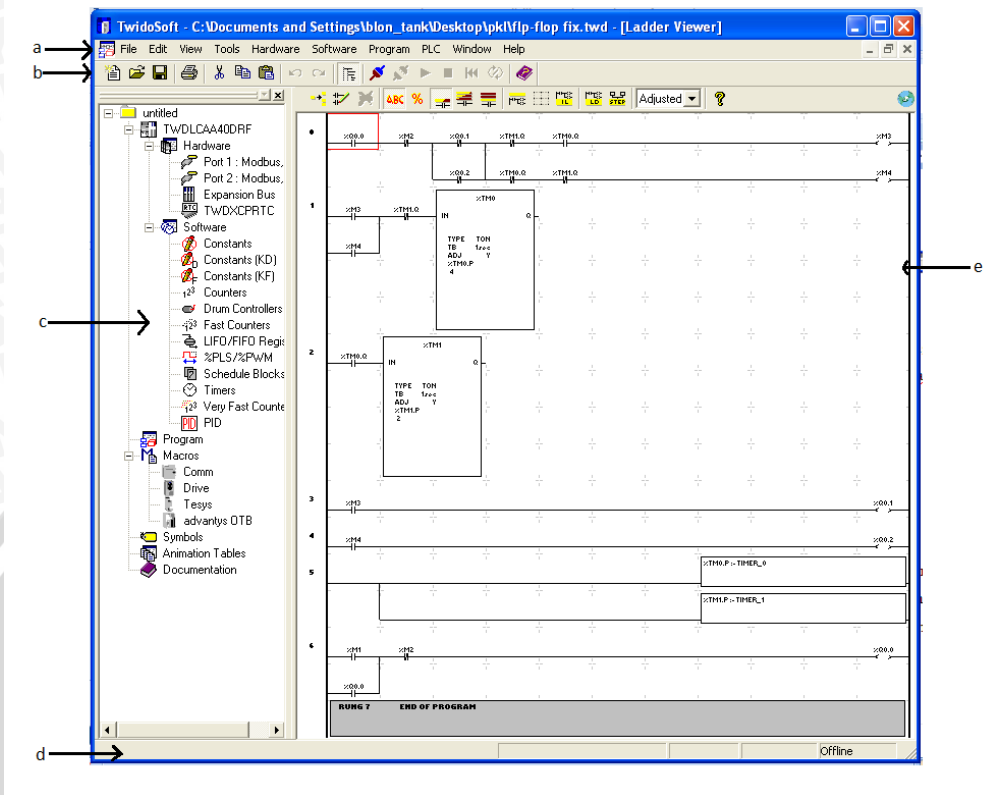
4. Busbar sebelah kanan dari diagram tangga boleh tidak digambar, karena hubungan busbar tersebut telah tersambung secara otomatis pada PLC.
5. Semua *output* dilengkapi dengan kontak - kontak bantu yang dapat digunakan secara seri maupun paralel.
6. Jumlah kontak-kontak NO dan NC dapat dihubungkan secara 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.

2.4.2.8 Membuat *Ladder Diagram* program

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*.

2.4.2.9 Penggunaan Program *Ladder TwidoSoft*

Di dalam program *twidosoft* terdapat *ladder diagram* program untuk membuat sistem mampu berjalan sesuai *input* dan *output* yang telah diberikan. Gambar 2.9 merupakan bentuk dari penggunaan dari program *ladder diagram twidosoft*



Gambar 2. 9 Tampilan Dasar Program Ladder TwidoSoft V.3.5

Sumber: TwidoSoft User Manual

Deskripsi gambar 2.9 :

- a. *Menu bar* : Ini adalah menu bar dasar untuk software TwidoSoft V.3.5.
- b. *Tool bar* : Untuk menjalankan instruksi yang terkandung dalam menu.
- c. *Project window* : Untuk menampilkan item konfigurasi dari proyek yang dibuka.
- d. *Status bar* : Untuk menampilkan status TwidoSoft, informasi dari PLC yang terhubung
- e. *Edit window* : Program yang dibuka akan ditampilkan dan diedit.

2.4.2.10 Instruksi dasar

Pengguna biasanya menggunakan instruksi secara langsung dalam program yang cenderung 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 program maka semakin memudahkan program untuk mengeksekusi secara cepat.

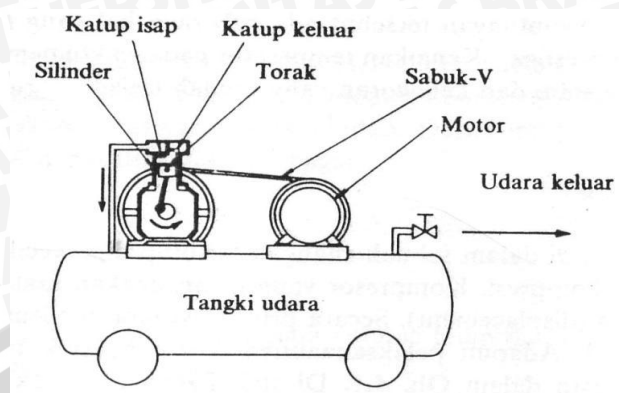
2.5 Kompresor

Kompresor adalah suatu alat untuk menyuplai udara yang bertekanan tinggi, yaitu dengan cara mengisap udara luar dan dikompresikannya dalam suatu sistem atau tabung kompresor itu sendiri. Kompresor banyak kita jumpai, misalnya mulai dari alat pengisi ban, pengecatan, pembersih udara, penyediaan udara untuk pembakaran ketel atau motor Disel, sirkulasi udara pada sistem pendingin udara, dan alat-alat pneumatik, yaitu bor pneumatik, rem pneumatik, robot pneumatik, otomasi/otomatisasi pada mesin-mesin industri, dan semacamnya. Pada industri, penggunaan kompresor sangat penting, baik sebagai penghasil udara mampat atau sebagai satu kesatuan dari mesin. Kompresor banyak dipakai untuk mesin pneumatik, sedangkan yang menjadi satu dengan mesin yaitu turbin gas, mesin pendingin dan lainnya.

Fungsi dari kompresor adalah untuk menaikkan tekanan suatu gas. Tekanan gas dapat di naikan dengan mengurangi volume. Ketika volume dikurangi, tekanannya akan naik. Gambar 2.10 dan Gambar 2.11 merupakan contoh bentuk dari kompresor dan kontruksi kompresor.



Gambar 2.10 Kompresor
Sumber : Perancangan



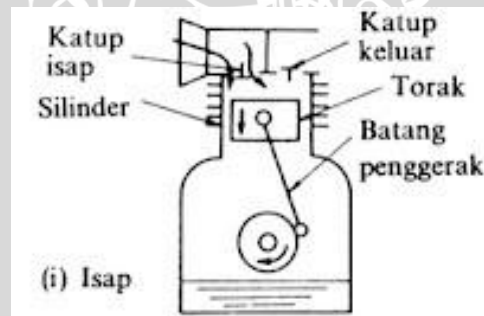
Gambar 2.11 Kontruksi kompresor
Sumber : Uung Ungkawa, 2010:6

2.5.1 Langkah kerja kompresor

Adapun langkah-langkah kerja dari kompresor sebagai berikut :

- **Langkah hisap**

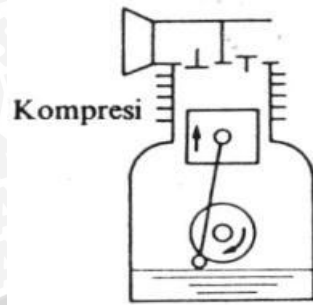
Poros engkol berputar, torak bergerak dari TMA (Titik Mati Atas) ke TMB (Titik Mati Bawah). Kevakuman terjadi pada ruangan di dalam silinder, sehingga katup hisap terbuka oleh adanya perbedaan tekanan dan udara terhisap masuk ke dalam silinder dapat dilihat pada Gambar 2.12 :



Gambar 2.12 Langkah kerja hisap
Sumber : Uung Ungkawa, 2010:6-7

- **Langkah kompresi**

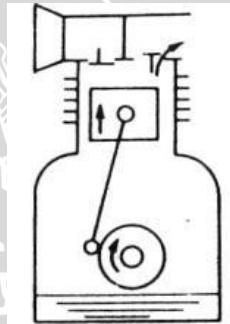
Langkah kompresi terjadi saat torak bergerak TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Titik Mati Atas), katup hisap dan katup keluar tertutup sehingga udara dimampatkan di dalam silinder dapat dilihat pada Gambar 2.13 :



Gambar 2.13 Langkah kerja kompresi
Sumber : Uung Ungkawa, 2010:7-8

- **Langkah keluar**

Bila torak meneruskan gerakannya ke TMA (Titik Mati Atas), tekanan di dalam silinder akan naik sehingga katup keluar oleh tekanan udara sehingga udara keluar memasuki tangki penyimpanan udara. Dapat dilihat pada Gambar 2.14 :



Gambar 2.14 Langkah kerja keluar
Sumber : Uung Ungkawa, 2010:8-9

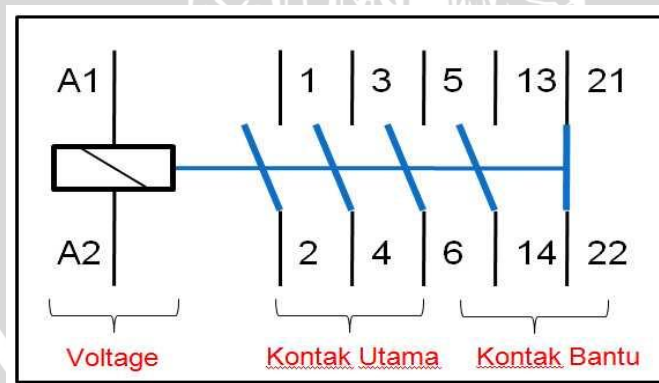
2.6 *Magnetic Contactor* (MC)

Magnetic Contactor (MC) adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai penghubung/kontak listrik dengan kapasitas yang besar dengan menggunakan daya minimal. Dapat dibayangkan MC adalah *relay* dengan kapasitas yang besar. Umumnya MC terdiri dari 3 *pole* kontak utama dan kontak bantu (*aux. contact*). Untuk menghubungkan kontak utama hanya dengan cara memberikan tegangan pada koil MC sesuai spesifikasinya. Komponen utama sebuah MC adalah koil dan kontak utama. Koil dipergunakan untuk menghasilkan medan magnet yang akan menarik kontak utama sehingga terhubung pada masing masing *pole*.

Magnetic Contactor adalah perangkat pengendalian otomatis, dan sangat cocok untuk digunakan di jalur tegangan maksimal 380v 50Hz atau 60Hz. Kapasitas

arus dari 6A sampai 780 A. Dalam penggunaannya kontaktor dengan struktur lebih simple / kompak, ukuran kecil dan ringan. Secara luas diaplikasikan dalam rangkaian pengendalian, terutama mengendalikan motor atau perangkat listrik lainnya. Untuk aplikasi yang lebih, MC mempunyai beberapa *accessories*. Dan yang paling banyak dipergunakan adalah kontak bantu. Jika kontak bantu yang telah tersedia kurang, maka bisa dilakukan penambahan di samping atau depan. *Pneumatic Timer* juga sering dipakai dalam wiring sebuah sistem, misalnya pada *Star Delta Starter*.

Sebuah kontaktor terdiri dari koil, beberapa kontak *Normally Open* (NO) dan beberapa *Normally Close* (NC). Pada saat satu kontaktor normal, NO akan membuka dan pada saat kontaktor bekerja, NO akan menutup. Sedangkan kontak NC sebaliknya yaitu ketika dalam keadaan normal kontak NC akan menutup dan dalam keadaan bekerja kontak NC akan membuka. Koil adalah lilitan yang apabila diberi tegangan akan terjadi magnetisasi dan menarik kontak-kontaknya sehingga terjadi perubahan atau bekerja. Kontaktor yang dioperasikan secara elektromagnetis adalah salah satu mekanisme yang paling bermanfaat yang pernah dirancang untuk penutupan dan pembukaan rangkaian listrik maka gambar prinsip kerja kontaktor magnet dapat dilihat pada Gambar 2.15 :



Gambar 2.15 Simbol *Magnetic Contactor*
Sumber: *Application Note Magnetic Contactor*

Kontaktor termasuk jenis saklar yang digerakkan oleh magnet seperti yang telah dijelaskan di atas. Bila pada jepitan A1 dan A2 kumparan magnet diberi

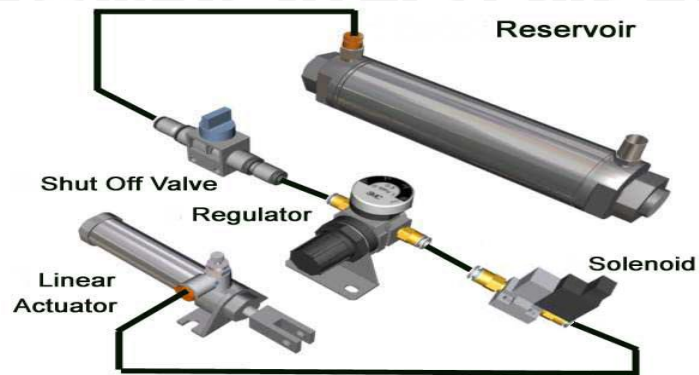
tegangan, maka magnet akan menarik jangkar sehingga kontak-kontak bergerak yang berhubungan dengan jangkar tersebut ikut tertarik. Tegangan yang harus dipasangkan dapat tegangan bolak balik (AC) maupun tegangan searah (DC), tergantung dari bagaimana magnet tersebut dirancangkan. Untuk beberapa keperluan digunakan juga kumparan arus (bukan tegangan), akan tetapi dari segi produksi lebih disukai kumparan tegangan karena besarnya tegangan umumnya sudah dinormalisasi dan tidak tergantung dari keperluan alat pemakai tertentu.

Spesifikasi kontaktor magnet yang harus diperhatikan adalah kemampuan daya kontaktor ditulis dalam ukuran Watt/KW, yang disesuaikan dengan beban yang dialirkan. Kemampuan menghantarkan arus dari kontak-kontaknya ditulis dalam satuan ampere.

2.7 Pneumatik

Pneumatik merupakan teori atau pengetahuan tentang udara yang bergerak, keadaan-keadaan keseimbangan udara dan syarat-syarat keseimbangan. Perkataan pneumatik berasal bahasa Yunani "*pneuma*" yang berarti "napas" atau "udara". Jadi pneumatik berarti terisi udara atau digerakkan oleh udara mampat. Pneumatik merupakan cabang teori aliran atau mekanika fluida dan tidak hanya meliputi penelitian aliran-aliran udara melalui suatu sistem saluran, yang terdiri atas pipa-pipa, selang-selang dan sebagainya, tetapi juga aksi dan penggunaan udara mampat.

Pneumatik menggunakan hukum-hukum aeromekanika, yang menentukan keadaan keseimbangan gas dan uap (khususnya udara atmosfer) dengan adanya gaya-gaya luar (*aero*-statika) dan teori aliran (*aero*-dinamika). Pneumatik dalam pelaksanaan teknik udara mampat dalam industri merupakan ilmu pengetahuan dari semua proses mekanik dimana udara memindahkan suatu gaya atau gerakan. Jadi pneumatik meliputi semua komponen mesin atau peralatan, dalam mana terjadi proses-proses pneumatik. Dalam bidang kejuruan teknik pneumatik dalam pengertian yang lebih sempit lagi adalah teknik udara mampat (udara bertekanan). Gambar 2.16 merupakan bentuk dari sistem pneumatik.



Gambar 2.16 Pneumatik
Sumber : perancangan

2.7.1 Alasan Pemakaian Pneumatik

Keunggulan sistem pneumatik dalam penggunaannya diutamakan karena beberapa hal yaitu :

1. Paling banyak dipertimbangkan untuk beberapa mekanisasi.
2. Dapat bertahan lebih baik terhadap keadaan-keadaan tertentu.

Suatu sistem yang proses kerjanya dengan cara pneumatik, maka akan berjalan lebih rapi (efisien) dibandingkan dengan cara lainnya. Udara bertekanan memiliki banyak sekali keuntungan, tetapi dengan sendirinya juga terdapat segi-segi yang merugikan. Hal-hal yang menguntungkan dari pneumatik pada sistem mekanik yang sesuai dengan tujuan sudah diakui oleh cabang-cabang industri. Pneumatik mulai digunakan untuk pengendalian maupun penggerakan mesin-mesin dan alat-alat.

2.7.2 Keuntungan Pemakaian Pneumatik

Adapun keuntungan dalam pemakaian pneumatik dalam pengerjaannya yang mudah didapat dan mudah diangkut. Dan keuntungan dari pemakaian pneumatik tersebut dapat disimpulkan dalam beberapa aspek antara lain :

- 1). Udara dimana saja tersedia dalam jumlah yang tak terhingga.

- 2). Saluran-saluran balik tidak diperlukan karena udara bekas dapat dibuang bebas ke atmosfer, sistem elektrik dan hidrolik memerlukan saluran balik.
- 3). Udara bertekanan dapat diangkut dengan mudah melalui saluran-saluran dengan jarak yang besar, jadi pembuangan udara bertekanan dapat dipusatkan dan menggunakan saluran melingkar semua pemakai dalam satu perusahaan dapat dilayani udara bertekanan dengan tekanan tetap dan sama besarnya. Melalui saluran-saluran cabang dan pipa-pipa selang, energi udara bertekanan dapat disediakan dimana saja dalam perusahaan.

2.8 Sensor Tekanan

Sensor merupakan sebuah alat yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran mekanis menjadi besaran elektrik. Tekanan yang dilambangkan dalam huruf (P) adalah satuan fisika untuk menyatakan gaya, yang dilambangkan dengan (F) persatuan luas, yang dilambangkan dengan (A). Satuan tekanan sering digunakan untuk mengukur kekuatan atau tekanan dari unsur zat yaitu berupa cairan dan gas.

Hal ini dapat ditunjukkan pada persamaan:

$$P = \frac{F}{A}$$

Dimana :

P : tekanan dengan satuan pascal (*pressure*)

F : gaya dengan satuan newton (*force*)

A : luas permukaan dengan satuan m^2 (Area)

2.8.1 Sensor Tekanan ADZ - SML 10.0

Sensor Tekanan ADZ-SML 10.0 adalah alat yang berfungsi untuk mengukur besarnya tekanan. Prinsip fisik yang mendasarinya adalah bahwa sebuah tekanan yang dihasilkan dari kompresor untuk bisa dikontrol. Pada literatur keteknikan, tipe alat seperti ini juga dikenal dengan Sensor tekanan udara.

Sensor ini terdiri dari 2 buah kabel keluaran. Dimana nilai keluaran dari sensor ini adalah bernilai 4-20 mA yang dapat langsung dikoneksikan pada plc. Sensor ini mempunyai akurasi sebesar 0,5% sehingga diharapkan pengukuran bisa dilakukan secara presisi. Gambar 2.17 merupakan bentuk dari Sensor Tekanan ADZ-SML 10.0.



Gambar 2.17 Sensor Tekanan ADZ-SML 10.0
Sumber : Datasheet

2.9 Motor Servo

Motor servo disusun dari sebuah motor DC, *gearbox*, variabel resistor (VR) atau potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas maksimum putaran sumbu (*axis*) motor servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang pada pin kontrol motor servo. Gambar 2.18 merupakan bentuk dari motor servo.



Gambar 2.18 Motor Servo
Sumber : Datasheet

2.9.1 Konstruksi Motor Servo

Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah *Clock Wish* (CW) dan *Counter Clock Wish* (CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat

dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Adapun jenis – jenis putaran dari motor servo antara lain :

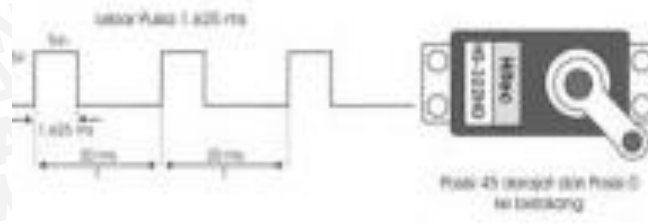
- Jenis Motor Servo Motor Servo Standar 180° Motor servo jenis ini hanya mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan – tengah – kiri adalah 180°.
- Motor Servo Continuous (360°) Motor servo jenis ini mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinu).

Gambar 2.19 berikut merupakan kontruksi dari Motor servo :



Gambar 2.19 Kontruksi Motor Servo
Sumber : Datasheet

Pulsa Kontrol Motor Servo Operasional motor servo dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar ± 20 ms, dimana lebar pulsa antara 0.5 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari *range* sudut maksimum. Apabila motor servo diberikan pulsa dengan besar 1.5 ms mencapai gerakan 90°, maka bila kita berikan pulsa kurang dari 1.5 ms maka posisi mendekati 0° dan bila kita berikan pulsa lebih dari 1.5 ms maka posisi mendekati 180°. Gambar 2.20 merupakan pulsa kendali motor servo.



Gambar 2.20 Pulsa Kendali Motor Servo
Sumber : datasheet

Pulsa Kendali Motor Servo Motor Servo akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan sinyal PWM dengan frekuensi 50 Hz. Dimana pada saat sinyal dengan frekuensi 50 Hz tersebut dicapai pada kondisi *Ton duty cycle* 1.5 ms, maka rotor dari motor akan berhenti tepat di tengah-tengah (sudut 0°/ netral). Pada saat *Ton duty cycle* dari sinyal yang diberikan kurang dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar ke berlawanan arah jarum jam (Counter Clock wise, CCW) dengan membentuk sudut yang besarnya linier terhadap besarnya *Ton duty cycle*, dan akan bertahan diposisi tersebut. Dan sebaliknya, jika *Ton duty cycle* dari sinyal yang diberikan lebih dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar searah jarum jam (*Clock Wise*, CW) dengan membentuk sudut yang linier pula terhadap besarnya *Ton duty cycle*, dan bertahan diposisi tersebut.

2.10 PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM adalah bagian yang digunakan untuk mengatur kecepatan dari motor DC. Dimana kecepatan motor DC tergantung pada besarnya *duty cycle* yang diberikan pada motor DC tersebut.

Pada sinyal PWM, frekuensi sinyal konstan sedangkan *duty cycle* bervariasi dari 0%-100%. Dengan mengatur *duty cycle* akan diperoleh keluaran yang diinginkan. Sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) secara umum dapat dilihat dalam Gambar 2.21 berikut:



Gambar 2.21 Gambar Sinyal PWM Secara Umum
 Sumber : electronics-scheme.com

$$Duty\ cycle = \frac{T_{on}}{T} \times 100\% \dots (\%) p$$

Dengan :

T_{on} = Periode logika tinggi

T = Periode keseluruhan

