



**RANCANG BANGUN *STACKING CONVEYOR*
DENGAN SISTEM KENDALI BERBASIS PLC**

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Oleh
Bayu Sanjung Pratama
NIM 5301411021

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2017

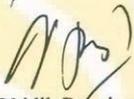
LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Rancang Bangun Stacking Conveyor Dengan Sistem Kendali Berbasis PLC telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 24 Agustus 2017.

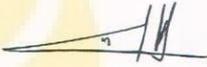
Nama : Bayu Sanjung Pratama
NIM : 5301411021
Prodi : Pendidikan Teknik Elektro

Panitia

Ketua Panitia


Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T.
NIP. 197805312005011002

Sekretaris


Drs. Agus Suryanto, M.T.
NIP. 196708181992031004

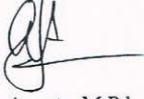
Penguji I


Dr. H. Noor Hudallah, M.T.
NIP. 196410161989011001

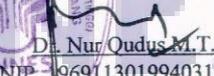
Penguji II


Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T.
NIP. 196605051998022001

Penguji III/Pembimbing


Drs. Henry Ananta, M.Pd.
NIP. 195907051986011002

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik UNNES


Dr. Nur Oudus, M.T.
NIP. 196911301994031001



PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (Unnes) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, November 2017

Yang membuat pernyataan,

UNNES

Bayu Sahjng Pratama

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG NIM/5301411021

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan; sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan; maka apabila kamu telah selesai satu urusan; kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain” (Qs. Al-Insyirah: 5-7).

PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan kepada.

1. Bapak dan Ibuku;
2. Teman-teman ukm clic dan elektro;
3. Antik yang selalu memberikan semangat.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan ke hadirat Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah sehingga skripsi yang berjudul Rancang Bangun *Stacking conveyor* dengan Sistem Kendali Berbasis PLC dapat diselesaikan. Tak lupa peneliti haturkan beribu ucapan terima kasih kepada Drs. Henry Ananta, M.Pd, yang telah membimbing dan memberikan motivasi kepada peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini.

Peneliti menyadari bahwa tersusunnya skripsi ini bukan atas kemampuan dan usaha peneliti semata, melainkan juga berkat bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada.

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dekan Fakultas Teknik Dr. H. Nur Qudus, M.T, Ketua Jurusan Teknik Elektro Dr. Ing- Dhidik Prastiyanto, S.T.M.T, yang telah memberikan ijin dan kemudahan dalam penyusunan skripsi.
3. Drs. Henry Ananta, M.Pd, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan dan saran kepada penyusun selama proses penyusunan skripsi.
4. Orang tua, keluarga, dan sahabat yang telah memberikan motivasi.
5. Semua pihak yang telah memberikan bantuan, arahan, dan doa dalam penyelesaian skripsi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga segala amal baik yang telah diberikan kepada peneliti mendapat balasan dari Allah Swt. Mudah-mudahan tesis ini bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, November 2017

Bayu Sanjung Pratama



ABSTRAK

Bayu Sanjung Pratama. 2017. *Rancang Bangun Stacking conveyor Dengan Sistem Kendali Berbasis PLC*. Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Drs. Henry Ananta, M.Pd.

Saat ini sudah banyak industri yang menggunakan peralatan control dengan system pemrograman yang dapat diperbaharui yaitu PLC (*Programmable Logic Controller*). Penggunaannya banyak diaplikasikan dengan mengkombinasikan antara komponen kontroler (*conveyor*) dengan komponen pneumatic pada proses produksi. Alat ini dirancang untuk dapat mendistribusikan barang produksi secara cepat ke tempat lain dengan pertimbangan efisiensi penggunaan energi. Dari pengaplikasian ini timbul masalah yaitu *conveyor* hanya dapat digunakan untuk barang dengan jenis yang sama. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana membuat suatu *prototype* yang berfungsi untuk melakukan tugas penyortiran benda berdasarkan tinggi secara otomatis.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan *Research and Development*. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut (1) Potensi dan masalah, (2) Pengumpulan data, (3) Desain produk, (4) Validasi desain oleh ahli, (5) Revisi desain, (6) Uji coba produk, (7) Revisi produk, (8) Uji coba pemakaian (9) Revisi produk, (10) Produksi masal.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Rancang bangun Simulator *conveyor* pemindai barang otomatis dengan pneumatic dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Simulator ini menggunakan pneumatic system sebagai bahan penggerak, dan sensor infra merah serta relay sebagai komponendan PLC sebagai system kontrol, serta motor DC 24V sebagai penggerak *conveyor*. Simulator ini bekerja dengan memindai barang/bendakerja yang sudah selesai di *packing* pada akhir *conveyor* menuju tempat yang ditentukan. Saran yang direkomendasikan adalah perlu ada pengembangan lebih lanjut untuk kontrol yang digunakan pada Simulator *conveyor* pemindai barang dengan pneumatik yang disesuaikan dengan SOP yang berlaku dalam dunia industri, serta untuk mempermudah dalam melakukan praktik system kendali.

Kata kunci: *rancang bangun, conveyor, pneumatic, PLC*

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
MOTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Teori Rancang Bangun	6
2.1.1 Pengertian Rancang	6
2.1.2 Pengertian Bangun	6
2.1.3 Pengertian Rancang Bangun	7
2.2 Sistem Kontrol	7
2.2.1 Pengertian Sistem Kontrol	7
2.2.2 Karakteristik Sistem Kontrol	8
2.2.3 Klasifikasi Sistem Kontrol	9
2.2.4 Bagian-bagian Sistem Kontrol	20
2.2.5 Tujuan Sistem Kontrol	22
2.3 Programmable Logic Controller (PLC)	22

Halaman

2.3.1 Sejarah PLC	22
2.3.2 Pengertian PLC	22
2.3.3 Cara Kerja PLC	23
2.3.4 Struktur Dasar PLC	24
2.3.5 Kelebihan dan Kekurangan PLC	26
2.4 Pneumatik	27
2.4.1 Pengertian Pneumatik	27
2.4.2 Cara Kerja Pneumatik	27
2.4.3 Komponen Pneumatik.....	28
2.4.4 Perhitungan pada Pneumatik.....	44
2.4.5 Kelebihan dan Kekurangan Pneumatik.....	47
2.5 Koordinasi PLC dan Sistem Pneumatik.....	49
2.5.1 Sensor Proximity.....	49
2.5.2 Motor DC	50
2.5.3 Perhitungan pada motor DC.....	54
2.6 Kerangka Berfikir	56
BAB III METODE PENELITIAN	59
3.1 Tujuan Penelitian	59
3.2 Desain Penelitian	60
3.3 Tempat dan waktu penelitian.....	61
3.4 Alat dan Bahan.....	61
3.5 Prosedur Penelitian	62
3.5.1 Potensi dan masalah.....	62
3.5.2 Desain Produk.....	64
3.5.3 Validasi Desain Oleh Pakar/Ahli	72
3.5.4 Revisi Desain	72
3.5.5 Pengujian Alat / Uji Coba Alat	72
3.5.6 Analisis Kinerja Alat/ Uji Kelayakan Alat	72
3.5.7 Analisis data.....	73
3.5.8 Kesimpulan	73

	Halaman
3.6 Teknik Pengumpulan Data.....	73
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	75
4.1 Gambaran Research and Development	75
4.2 Hasil Penelitian	78
4.2.1 Hasil Penelitian Laboratorium	80
4.3 Pembahasan.....	89
4.3.1 Pembahasan Hasil Simulator	89
BAB V PENUTUP	90
5.1. Simpulan	90
5.2. Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN.....	93



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin pesatnya perkembangan teknologi di era industri modern sekarang ini, berbagai macam teknologi banyak bermunculan mulai dari teknologi yang baru ditemukan, sampai teknologi yang merupakan perkembangan dari teknologi sebelumnya. Terlebih pada bidang sistem kontrol, teknologi-teknologi yang diterapkan berkembang dengan pesat pula dimana saat ini proses di dalam sistem kontrol tidak hanya berupa suatu rangkaian kontrol dengan menggunakan peralatan kontrol yang dirangkai secara listrik. Sistem kontrol di dunia industri sangat membantu dalam berbagai hal, misalnya pada kelancaran operasional, keamanan (investasi, lingkungan), ekonomi (biaya produksi), serta mutu produk (produktivitas).

Dalam perkembangannya, pada saat ini sudah banyak industri yang menggunakan salah satu peralatan kontrol dengan sistem pemrograman yang dapat diperbaharui atau lebih populer disebut dengan nama PLC (*Programmable Logic Controller*). Sebabnya jelas yaitu mengacu pada faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dan produktivitas industri itu sendiri, kemudahan transisi dari sistem kontrol sebelumnya, dan kemudahan trouble-shooting dalam konfigurasi sistem ini.

Selain itu faktor *human error* juga mampu diminimalisir dengan melihat tingkat keunggulan yang ditawarkan dari sistem kontrol otomatis tersebut.

Berdasarkan *Domino's Theory* yang dikemukakan oleh Heinrich H.W yang dikemas dalam buku "*Accident Prevention*" pada tahun 1972 bahwa "manusia cenderung melakukan kesalahan saat melakukan pekerjaan". Selanjutnya disempurnakan oleh Bird dan Germain (1986) yang menghubungkan dengan refleksi manajemen secara langsung akibat *human error* yang menyebutkan bahwa "kelalaian kerja dapat mengakibatkan kerugian pada manusia itu sendiri, harta benda, dan proses produksi". (<http://jurnalk3.com> yang diakses pada hari Selasa, 27-01-2015 pukul 00.48 WIB)

Penggunaan sistem kontrol pada industri banyak diaplikasikan dengan kombinasi antara komponen kontroler dengan komponen pneumatik pada proses produksi. Penggunaan udara bertekanan sudah banyak dikembangkan untuk keperluan proses produksi, misalnya untuk melakukan gerakan mekanik yang selama ini dilakukan oleh tenaga manusia, seperti menggeser, mendorong, mengangkat, menekan, dan memisahkan.

Pemilihan penggunaan komponen pneumatik dalam proses produksi pada industri, memiliki beberapa keunggulan, diantaranya: (1) kemudahan dalam memperoleh udara bertekanan, (2) mudahnya penyimpanan bahan baku, (3) bersih dari kotoran zat kimia yang merusak peralatan, (4) mudah dalam instalasi yaitu menggunakan selang atau pipa, (5) aman dari bahaya ledakan dan hubungan pendek, dan (6) tidak peka terhadap perubahan suhu.

Efektifitas produksi dalam industri tidak semata terpenuhi oleh adanya sistem kontrol otomatis yang sedang gencar diterapkan dalam dunia industri, penghematan waktu dan tenaga saat memindahkan barang dari satu tempat ke

tempat lainpun menjadi faktor pendukung efektifnya proses produksi. Hal ini dapat diatasi dengan adanya alat yang dinamakan “*conveyor*”, alat ini dirancang untuk dapat mendistribusikan barang produksi secara cepat ke tempat lain dengan pertimbangan efisiensi penggunaan energi.

Namun timbul suatu masalah yaitu *conveyor* hanya dapat digunakan untuk barang dengan jenis yang sama (satu *conveyor* untuk satu jenis barang), misalnya pada saat proses pengepakan berdasarkan tinggi barang.

Perkembangan teknologi yang sangat pesat juga harus diimbangi dengan perkembangan ilmu pengetahuan di dunia pendidikan. Dalam rangka peningkatan mutu dan kualitas pendidikan tentu saja tidak terlepas dari proses belajar mengajar. Proses belajar mengajar yang bermutu mampu menghasilkan sumber daya manusia (SDM) yang dapat menguasai pengetahuan, keterampilan dan keahlian sesuai dengan ilmu pengetahuan dan teknologi yang terus berkembang.

Berdasarkan masalah-masalah dan keadaan di dunia industri, maka penulis mengembangkan dan mengimplementasikan salah satu dari aplikasi sistem kontrol sebagai skripsi yang berjudul “**RANCANG BANGUN STACKING CONVEYOR DENGAN SISTEM KENDALI BERBASIS PLC**”.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang dan masalah yang telah dikemukakan di atas, maka dapat diidentifikasi bahwa teknologi dan ilmu pengetahuan terus berkembang seiring pergantian zaman. Dengan begitu perlu adanya peralihan tenaga dari manusia secara manual menjadi otomatis menggunakan teknologi yang telah berkembang. Pada penelitian penulis mencoba memberikan solusi

berupa sebuah rancang bangun *stacking conveyor* dengan sistem kendali berbasis PLC yang mampu memberikan (1) jaminan efektifitas dalam proses produksi di industri, (2) mampu meminimalisir faktor *human error*, dan (3) kemudahan dalam trouble-shooting sistem kontrol.

1.3. Pembatasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian skripsi ini supaya lebih terarah dan dapat dikaji lebih lanjut serta penyesuaian kemampuan dan keterbatasan yang ada pada peneliti untuk melakukannya tanpa menghilangkan kebermaknaan arti, konsep dan atau topik yang diteliti, maka masalah dibatasi pada:

1. Merancang bangun suatu *prototype* berupa alat penyortir barang berdasarkan ketinggian.
2. Sistem kontrol utama yang digunakan pada *prototype* ini menggunakan piranti PLC Schneider SR2 E121BC dengan kapasitas 10 I/O.
3. Sensor yang digunakan yaitu dengan menggunakan sensor *proximity induktif* dengan ketelitian jarak 10 cm dengan keluaran PNP NO (*Normally Open*).
4. Komponen penyortir menggunakan silinder pneumatik dari Chelic dengan jenis *Double Acting Cylinder* dan ukuran 16-50 mm.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah dikemukakan di atas, maka dapat dirumuskan suatu rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat suatu rancang bangun *stacking conveyor* dengan sistem kendali berbasis PLC yang mampu melakukan tugas penyortiran benda berdasarkan ketinggian secara otomatis?

1.5. Tujuan Perancangan

Tujuan perancangan yang ingin dicapai adalah:

1. Menghasilkan sebuah rancang bangun sistem kontrol berupa alat penyortir barang berdasarkan tinggi menggunakan piranti PLC.

1.6. Manfaat Perancangan

Penelitian ini dilaksanakan dengan harapan memberikan manfaat, diantaranya:

1. Dapat menambah perpustakaan dalam kajian Rancang Bangun *Stacking Conveyor* Dengan Sistem Kendali Berbasis PLC.
2. Menambah wawasan dan pengalaman bagi perancang/penulis.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Teori Rancang Bangun

2.1.1 Pengertian Rancang

Rancang merupakan serangkaian prosedur untuk menerjemahkan hasil analisis dari sebuah sistem ke dalam bahasa pemrograman untuk mendeskripsikan dengan detail bagaimana komponen-komponen sistem diimplementasikan, (Pressman, 2001: 364).

Tahapan perancangan menurut Jogiyanto (1999: 197), yaitu:

1. Untuk memenuhi kebutuhan kepada pemakai sistem
2. Untuk memberikan gambaran yang jelas dan rancang bangun yang lengkap kepada ahli teknik yang terlibat.
3. Berdasarkan pengertian di atas dapat diketahui bahwa rancang adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk mendesain sistem baru setelah menentukan proses dan data yang diperlukan.

2.1.2 Pengertian Bangun

Bangun merupakan kegiatan menciptakan sistem baru maupun mengganti atau memperbaiki sistem yang telah ada baik secara keseluruhan maupun sebagian, (Pressman 2001: 29).

Berdasarkan pengertian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa bangun merupakan kegiatan membangun sistem dan komponen baru yang didasarkan pada spesifikasi desain.

2.1.3 Pengertian Rancang Bangun

Menurut Jogiyanto (2005: 197), Rancang bangun (desain) adalah tahap dari setelah analisis dari siklus pengembangan sistem yang merupakan pendefinisian dari kebutuhan-kebutuhan fungsional, serta menggambarkan bagaimana suatu sistem dibentuk yang dapat berupa penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi, termasuk menyangkut mengkonfigurasi dari komponen-komponen perangkat keras dan perangkat lunak dari suatu sistem.

Berdasarkan pengertian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa rancang bangun merupakan kegiatan menerjemahkan hasil analisis ke dalam bentuk perangkat lunak, kemudian menciptakan sistem tersebut ataupun memperbaiki sistem yang sudah ada sebelumnya.

2.2. Sistem Kontrol

2.2.1 Pengertian Sistem Kontrol

Terdapat beberapa definisi dalam sistem kontrol yang dapat diuraikan, yaitu (1) sistem adalah kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja bersama-sama melakukan sesuatu untuk sasaran tertentu, (2) proses adalah perubahan yang berurutan dan berlangsung secara kontiniu dan tetap menuju keadaan akhir tertentu, dan (3) kontrol adalah suatu kerja untuk mengawasi, mengendalikan, mengatur dan menguasai sesuatu.

Berdasarkan uraian dari sistem kontrol (*system control*) di atas, sistem kontrol merupakan proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau

beberapa besaran (variabel atau parameter) sehingga berada pada suatu harga atau range tertentu. Contoh variabel atau parameter fisik, yaitu: tekanan (*pressure*), aliran (*flow*), suhu (*temperature*), ketinggian (*level*), pH, kepadatan (*viscosity*), kecepatan (*velocity*), dan lain-lain.

Menurut Bolton, sistem kontrol (*system control*) merupakan sistem dimana suatu masukan atau beberapa masukan tertentu digunakan untuk mengontrol keluarannya pada nilai tertentu, memberikan urutan kejadian tertentu, atau memunculkan suatu kejadian jika beberapa kondisi tertentu terpenuhi, (Bolton, 2006: 86).

Berdasarkan beberapa pengertian tersebut maka dapat didefinisikan bahwa sistem kontrol merupakan suatu alat yang mampu mengendalikan, memerintah, dan mengatur keadaan dari suatu sistem.

2.2.2 Karakteristik Sistem Kontrol

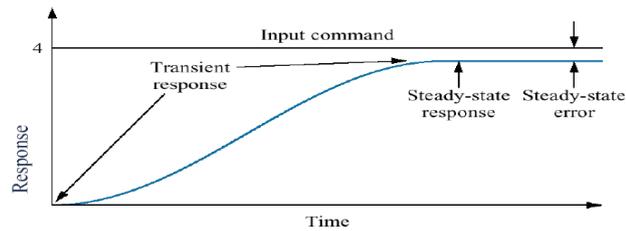
Beberapa karakteristik dasar sistem kontrol yaitu meliputi :

1. Transient Response

Setiap sistem kontrol diharapkan mempunyai periode *transient* sekecil mungkin, artinya responnya diharapkan secepat mungkin mencapai keadaan yang diinginkan.

2. Steady State

Suatu sistem kontrol selalu berkaitan dengan masalah ketelitian sistem tersebut.



Gambar 2.1. Waktu *Transient* dan Waktu *Steady-State*

3. *Sensitivity*

Kepekaan merupakan ukuran sampai seberapa besar penyimpangan fungsi alifi (*transfer function*) sistem.

4. *Stability*

Kestabilan suatu sistem kontrol batasannya bermacam-macam bergantung kepada analisisnya.

2.2.3 Klasifikasi Sistem Kontrol

Secara umum, sistem kontrol dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Sistem Kontrol Manual dan Otomatik

Sistem kontrol manual merupakan pengontrolan yang dilakukan oleh manusia yang bertindak sebagai operator. Sedangkan sistem kontrol otomatis adalah pengontrolan yang dilakukan oleh peralatan yang bekerja secara otomatis dan operasinya di bawah pengawasan manusia

Beberapa karakteristik penting dari sistem kontrol otomatis adalah:

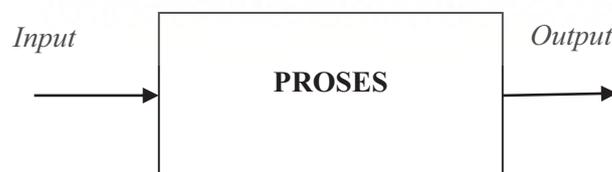
- a. Sistem kontrol otomatis merupakan sistem dinamik yang dapat berbentuk *linear* maupun *non-linear*.
- b. Bersifat menerima informasi, memprosesnya, mengolahnya dan kemudian mengembangkannya.

- c. Komponen atau unit yang membentuk sistem kontrol ini akan saling mempengaruhi satu sama lain.
- d. Bersifat mengembalikan sinyal ke bagian masukan (*feedback*) dan digunakan untuk memperbaiki sifat sistem.
- e. Karena adanya pengembalian sinyal ini, maka pada sistem kontrol otomatis selalu terjadi masalah stabilitas.

Beberapa keuntungan dari penggunaan sistem kontrol otomatis di industri modern adalah:

- a. Konsistensi produk yang lebih baik.
 - b. Dapat mengurangi biaya operasi karena pabrik dan bahan baku.
 - c. Pengurangan jumlah tenaga kerja yang digunakan.
 - d. Tingkat keselamatan yang lebih baik.
2. Sistem Lingkaran Terbuka dan Lingkaran Tertutup

Sistem kontrol lingkaran terbuka (*open loop*) merupakan sistem pengontrolan yang besaran keluarannya tidak memberikan efek terhadap besaran masukan, sehingga variabel yang dikontrol tidak dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan.



Gambar 2.2. Sistem Kontrol Lingkaran Terbuka

Perbandingan antara *output* $C(s)$ dengan sinyal *error* $E(s)$ disebut *feedforward transfer function*,.

$$G(s) = \frac{U(s)}{E(s)}$$

Elemen dasar yang terdapat pada sistem kontrol *open-loop* ada tiga, diantaranya:

a. Elemen Kontrol

Elemen ini menentukan aksi atau tindakan yang harus diambil sebagai akibat dari diberikannya masukan berupa sinyal dengan nilai yang diinginkan ke dalam sistem.

b. Elemen koreksi

Elemen ini mendapatkan masukan dari pengontrol dan menghasilkan keluaran berupa tindakan untuk mengubah variabel yang dikontrol.

c. Proses

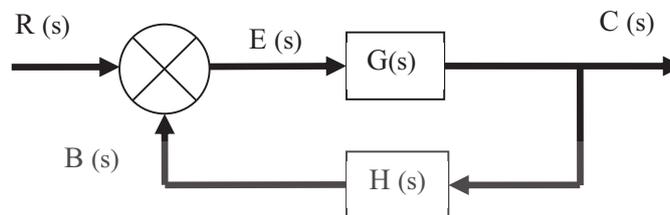
Merupakan proses dimana suatu variabel dikontrol.

Karakteristik *open loop control system* yaitu:

- 1) Tindakan pengendaliannya tidak tergantung dari *output* sistem.
- 2) Tidak memberikan kompensasi/koreksi terhadap gangguan.
- 3) Ketepatan hasil bergantung pada kalibrasi
- 4) Sederhana dan murah.

Sedangkan sistem kontrol lingkaran tertutup (*closed loop*) adalah sistem pengontrolan yang besaran keluarannya memberikan efek terhadap besaran masukan, sehingga besaran

yang dikontrol dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan



Gambar 2.3. Sistem Kontrol Lingkaran Tertutup

Pada sistem ini, ditunjukkan $C(s)$ adalah *output* dan $R(s)$ adalah *input*, maka didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C(s) &= G(s) E(s) \\ E(s) &= R(s) - B(s) \\ &= R(s) - H(s) \cdot C(s) \end{aligned}$$

Dimana:

$$R(s) = \text{Input Laplace Transform}$$

$$C(s) = \text{Output Laplace Transform}$$

$$G(s) = \text{Transfer function forward element}$$

$$H(s) = \text{TF. Feedback elemen}$$

$$E(s) = \text{Error sinyal}$$

$$G(s)H(s) = \text{transfer function}$$

Sedangkan elemen dasar pada sistem kontrol *closed-loop* adalah sebagai berikut:

a. Elemen Pembanding

Elemen ini berfungsi untuk membandingkan nilai yang dikehendaki dari variabel yang sedang dikontrol dengan nilai terukur yang diperoleh dan menghasilkan sebuah sinyal *error*. Dimana $error = \text{sinyal dengan nilai yang diinginkan} - \text{sinyal dengan nilai sebenarnya yang terukur}$.

Jadi, jika keluarannya merupakan nilai yang diinginkan, maka tidak akan muncul sinyal *error*, sehingga tidak ada sinyal yang diumpangkan untuk memulai kontrol. Sinyal *error* hanya akan muncul dan memulai aksi kontrol jika terdapat perbedaan antara nilai yang diinginkan dengan nilai variabel sebenarnya.

b. Elemen Implementasi Kontrol

Elemen kontrol menentukan aksi atau tindakan apa yang akan diambil bila diterima sebuah sinyal *error*. Kontrol yang dilakukan dapat berupa diberikannya sebuah sinyal yang akan menyalakan atau memadamkan sebuah saklar jika terdapat sinyal *error*.

c. Elemen Koreksi

Elemen ini sering pula disebut dengan elemen kontrol akhir, yang menghasilkan suatu perubahan di dalam proses yang bertujuan untuk mengoreksi atau mengubah kondisi yang dikontrol. Istilah aktuator digunakan untuk menyatakan

elemen dari sebuah unit koreksi yang membangkitkan daya untuk menjalankan aksi kontrol.

d. Proses

Proses merupakan sistem dimana terdapat variabel yang dikontrol.

e. Elemen Pengukuran

Elemen pengukuran menghasilkan sebuah sinyal yang berhubungan dengan kondisi variabel dari proses yang sedang dikontrol.

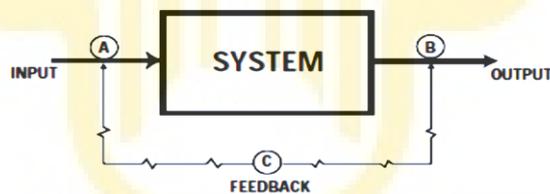
Closed loop control system mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- a. Tindakan pengendaliannya tergantung dari *output* sistem (*feedback*).
- b. Mampu melakukan koreksi terhadap gangguan.
- c. Terdapat kemungkinan terjadi *over correction* sehingga sistem menjadi tidak stabil.
- d. Kompleks dan lebih mahal.

3. Sistem Kontrol Kontiniu dan Diskrit

Sistem kontrol kontiniu merupakan sistem yang memanfaatkan pengendali (*controller*) berbasis nilai kontinu, seperti: *Proportional* (P), *Integrator* (I), dan *Differensiator* (D), atau kombinasi dari ketiganya (PI, PD, atau PID).

Kontroler PID adalah jenis yang paling banyak digunakan dari proses kontroler. Ini adalah kemampuan untuk menyempurnakan tindakan kontrol ke spesifik konstanta waktu proses dan oleh karena itu untuk menangani proses perubahan dari waktu ke waktu yang telah menerima kontroler PID penerimaan luas. Untuk mengukur output atau bentuk penyimpangan, apa yang diinginkan yang untuk mengukur perbedaan (kesalahan). Cara yang paling umum mengukur dan mengurangi kesalahan apapun adalah melalui kritik yang teknik pengukuran *output* dan makan kembali ke kontroler. Fungsi *controller* proses untuk menyesuaikan variabel proses *input* untuk menghilangkan kesalahan itu. PID kontroler yang paling sering jenis kontroler dipilih untuk melakukan hal ini.



Gambar 2.4. Blok Diagram Sistem Kontrol PID

Proportional control

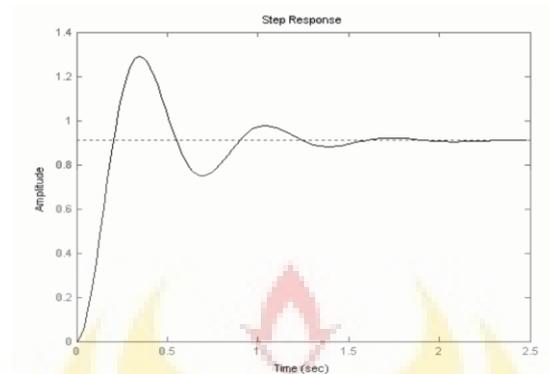
Hubungan antara sinyal kontrol dan *error* adalah: $u(t) = K_p e(t)$

Fungsi *transfer* dalam domain s :

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p$$

Proportional controller tidak lain adalah *amplifier* dengan penguatan sebesar K_p . Kata *proportional* mempunyai arti bahwa besarnya aksi kontrol sesuai dengan besarnya *error* dengan faktor pengali tertentu.

Kelemahan dari aksi kontrol ini adalah terdapatnya *steady state error* yaitu *output* mempunyai selisih terdapat *set point*.



Gambar 2.5 Tanggapan Sistem Terhadap Aksi Kontrol *Proporsional*

Integral control

Pada pengontrol ini, kecepatan perubahan sinyal kontrol sebanding dengan sinyal *error*.

$$\frac{du(t)}{dt} = K_i e(t) \quad \frac{u(t)}{dt} = K_i \int_0^t e(t) dt$$

Fungsi *transfer* dalam domain s:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_1}{s}$$

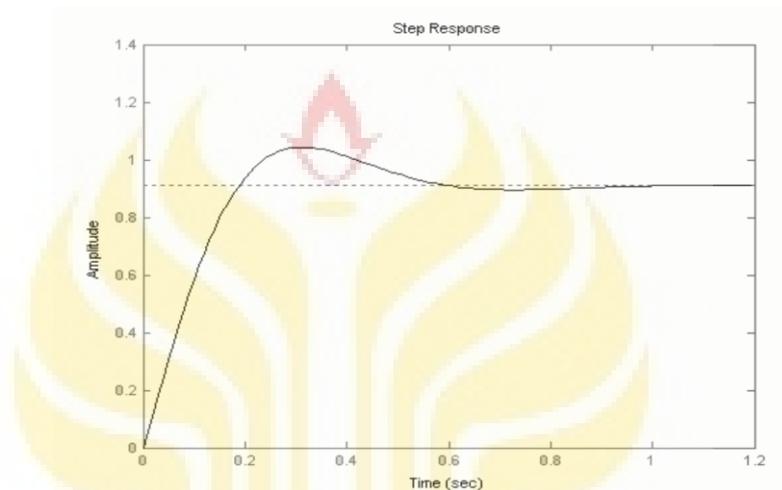
Jika $e(t)$ diduakalikan, maka kecepatan perubahan $u(t)$ adalah dua kali semula. Selama sinyal *error* masih ada, maka sinyal kontrol akan beraksi terus. Ketika sinyal *error* nol, $u(t)$ tetap stasioner. Dengan demikian, aksi kontrol integral akan menghilangkan *steady state error*. Artinya *output* sistem akan selalu mengejar *set point* sedekat mungkin. Aksi kontrol integral sering disebut *automatic reset control*. Kerugian dari aksi kontrol ini adalah terjadi osilasi sehingga mengurangi kestabilan sistem.

Proportional Derivative

Fungsi alih sistem dengan aksi pengontrolan PD menjadi:

$$\frac{p(s)}{q(s)} = \frac{K_p + K_D s}{s^2 + (5 + K_D)s + (8 + K_p)}$$

anggapan sistem ini diperlihatkan sebagai berikut:



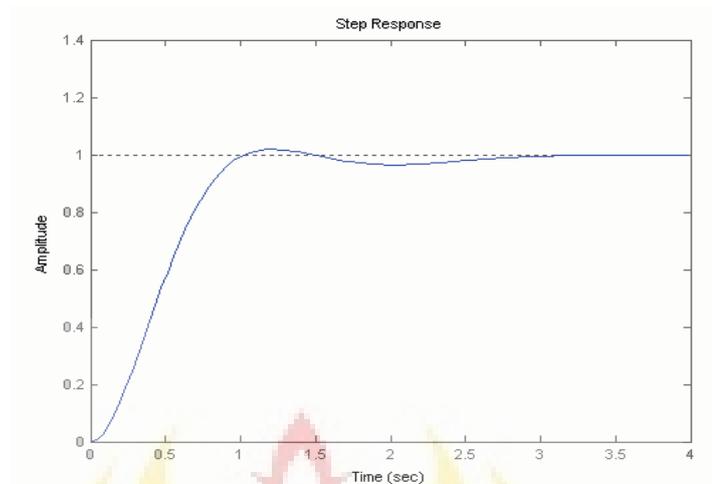
Gambar 2.6. Tanggapan Sistem Terhadap Aksi Kontrol *Proportional Derivative*

Pada grafik di atas terlihat bahwa penggunaan kontrol *Proportional Derivative* (PD) dapat mengurangi *overshoot* dan waktu turun, tetapi kesalahan keadaan tunak tidak mengalami perubahan yang berarti.

Proportional-Integral

Fungsi alih sistem dengan penambahan aksi pengontrolan PI menjadi:

$$\frac{p(s)}{q(s)} = \frac{K_i + K_D s}{s^3 + 5s^2 + (8 + K_p)s + K_i}$$



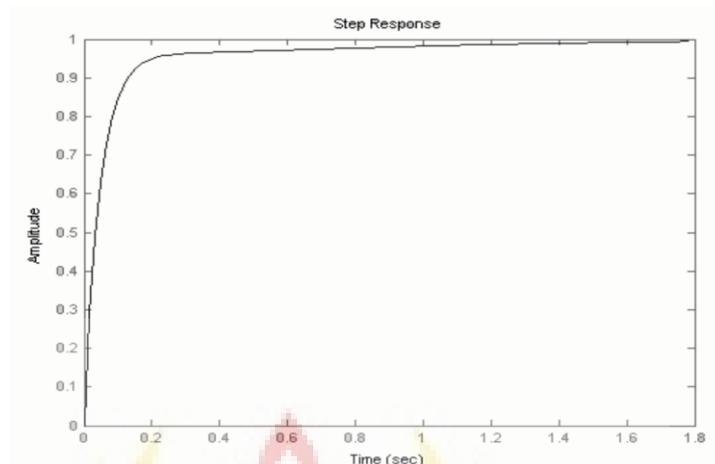
Gambar 2.7. Tanggapan Sistem Terhadap Aksi Kontrol *Proporsional Integral*

Dari grafik gambar 2.7. di atas terlihat bahwa waktu naik sistem menurun, dengan *overshoot* yang kecil, serta kesalahan keadaan tunak dapat diminimalkan. Tanggapan sistem memberikan hasil yang lebih baik daripada aksi kontrol sebelumnya tetapi masih mempunyai waktu naik yang lambat.

Proportional-Integral-Derivative

Aksi kontrol PID merupakan gabungan dari aksi P, I dan D dan fungsi alih sistem menjadi:

$$\frac{p(s)}{q(s)} = \frac{K_D s^2 + K_p s + K_i}{s^3 + (5 + K_D)s^2 + (8 + K_p)s + K_i}$$



Gambar 2.8. Tanggapan Sistem Terhadap Aksi Kontrol PID

Dengan aksi kontrol P, I dan D, terlihat bahwa kriteria sistem yang diinginkan hampir mendekati, terlihat dari grafik tanggapan sistem tidak memiliki *overshoot*, waktu naik yang cepat, dan kesalahan keadaan tunaknya sangat kecil mendekati nol, (Katsuhiko Ogata, 2002: 682).

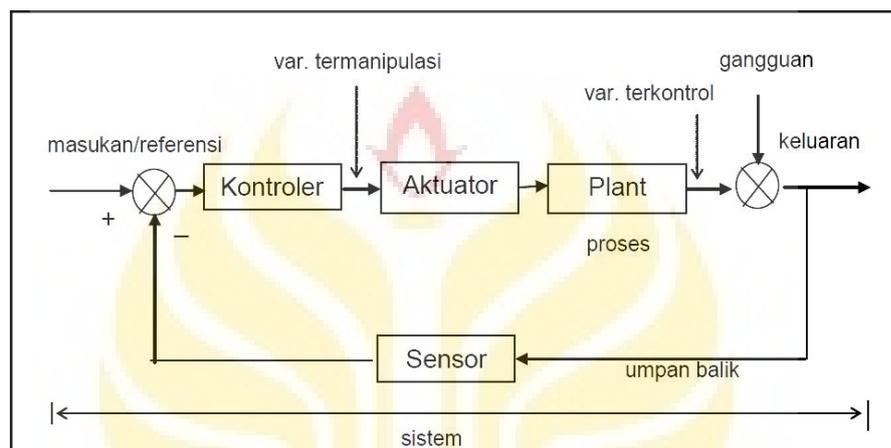
Grafik tanggapan sistem terhadap sinyal masukan fungsi langkah, tergantung pada nilai parameter K_p , K_d dan K_i .

Sedangkan sistem kontrol diskrit merupakan sistem kontrol dimana satu atau lebih masukannya berubah secara diskrit terhadap waktu dan melibatkan fungsi-fungsi kontrol logika. Kontrol ini sering juga disebut dengan kontrol sekuensial (urutan). (Bolton, 2006: 100).

4. Menurut sumber penggerak
 - A. Elektrik
 - B. Mekanik
 - C. Pneumatik, dan
 - D. Hidraulik.

2.2.4 Bagian-bagian Sistem Kontrol

Berikut merupakan skema kerja dan bagian-bagian sistem kontrol secara umum.



Gambar 2.9. Sistem Kontrol secara Lengkap

1. Sistem (*system*) adalah kombinasi dari komponen-komponen yang bekerja bersama-sama membentuk suatu obyek tertentu.
2. Variabel terkontrol (*controlled variable*) adalah suatu besaran (*quantity*) atau kondisi (*condition*) yang terukur dan terkontrol. Pada keadaan normal merupakan keluaran dari sistem.
3. Variabel termanipulasi (*manipulated variable*) adalah suatu besaran atau kondisi yang divariasikan oleh kontroler sehingga mempengaruhi nilai dari variabel terkontrol.
4. Kontrol (*control*) – mengatur, artinya mengukur nilai dari variabel terkontrol dari sistem dan mengaplikasikan variabel termanipulasi

pada sistem untuk mengoreksi atau mengurangi deviasi yang terjadi terhadap nilai keluaran yang dituju.

5. Plant (*plant*) adalah sesuatu obyek fisik yang dikontrol.
6. Proses (*process*) adalah suatu operasi yang dikontrol.
7. Gangguan (*disturbance*) adalah sinyal yang mempengaruhi terhadap nilai keluaran sistem.
8. Kontrol umpan balik (*feedback control*) adalah operasi untuk mengurangi perbedaan antara keluaran sistem dengan referensi masukan.
9. Kontroler (*controller*) adalah suatu alat atau cara untuk modifikasi sehingga karakteristik sistem dinamik (*dynamic system*) yang dihasilkan sesuai dengan yang kita kehendaki.
10. Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk mengukur keluaran sistem dan menyatakannya dengan sinyal masukan sehingga bisa dilakukan suatu operasi hitung antara keluaran dan masukan.
11. Aksi kontrol (*control action*) adalah besaran atau nilai yang dihasilkan oleh perhitungan kontroler untuk diberikan pada *plant* (pada kondisi normal merupakan variabel termanipulasi).
12. Aktuator (*actuator*) adalah suatu peralatan atau kumpulan komponen yang menggerakkan *plant*.

2.2.5 Tujuan Sistem Kontrol

Dalam aplikasinya, suatu sistem kontrol memiliki tujuan atau sasaran tertentu. Sasaran sistem kontrol adalah untuk mengatur keluaran (*output*) dalam suatu sikap, kondisi, atau keadaan yang telah ditetapkan oleh masukan (*input*) melalui elemen sistem kontrol.

2.3. Programmable Logic Controller (PLC)

2.3.1 Sejarah PLC

PLC (*Programmable Logic Controller*) merupakan salah satu piranti kontrol yang dirancang untuk menggantikan sistem kontrol konvensional. PLC pertama kali dirancang oleh perusahaan General Motor (GM) pada tahun 1968. Ide utama pada perancangan PLC adalah dengan mensubstitusi relay yang digunakan untuk mengimplementasikan rangkaian kontrol. Secara bahasa PLC berarti pengontrol logika yang dapat diprogram, (Hanif Said, 2012: 2)

2.3.2 Pengertian PLC

Berdasarkan namanya, konsep PLC dapat diuraikan sebagai berikut :

1. **Programmable**, menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat yang dapat dengan mudah diubah fungsi dan kegunaannya.
2. **Logic**, menunjukkan kemampuan dalam memproses *input* secara aritmatik dan *logic* yaitu melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi, negasi, *AND*, *OR*, dan lain sebagainya.

3. **Controller**, menunjukkan kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan *output* yang diinginkan. PLC ini memiliki bahasa pemrograman yang mudah dipahami dan dapat dioperasikan bila program yang telah dibuat dengan menggunakan *software* yang sesuai dengan jenis PLC yang digunakan.

Menurut Bolton, PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi semisal logika, *sequencing*, pewaktuan (*timing*), pencacahan dan aritmatik guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses, (Bolton, 2004: 3).

Programmable Logic Controller (PLC) adalah sebuah pengontrol berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi, seperti sekuensial, logika, pewaktuan, pencacahan, dan aritmatika untuk mengontrol mesin atau suatu proses, (Lussiana. ETP, dkk, 2011: 102).

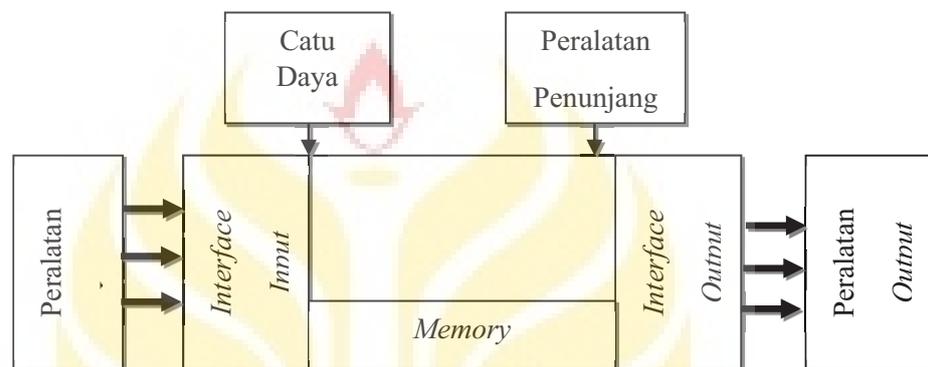
Berdasarkan beberapa pendapat para ahli diatas, dapat disimpulkan bahwa PLC merupakan suatu alat pengganti relay elektromagnetis yang digunakan untuk mengontrol suatu mesin atau sistem secara otomatis dan mampu mengurangi tenaga pekerja sehingga lebih efisien serta cepat.

2.3.3 Cara Kerja PLC

Cara kerja sebuah PLC adalah dengan mengamati dan menerima sinyal masukan (melalui sensor-sensor terkait), kemudian melakukan proses dan melakukan serangkaian instruksi logika terhadap sinyal masukan tersebut sesuai

dengan program atau *ladder diagram* yang tersimpan dalam memori, dan selanjutnya akan menghasilkan sinyal keluaran untuk mengendalikan aktuator atau perangkat lainnya.

2.3.4 Struktur Dasar PLC



Gambar 2.10 Diagram Blok PLC

Beberapa komponen dasar yang terdapat pada piranti PLC, (Hanif Said, 2012: 8) diantaranya:

1. *Power Supply*
2. *Power Supply* berfungsi sebagai penyuplai daya ke semua komponen dalam PLC. Tegangan *power supply* untuk PLC adalah 220 V_{AC} atau 24 V_{DC}.
3. *Central Processing Unit (CPU)*

CPU merupakan otak dari PLC yang mengerjakan berbagai operasi antara lain mengeksekusi program, menyimpan, dan mengambil data dari memori, membaca kondisi atau nilai *input* serta mengatur nilai

output, memeriksa kerusakan melalui *self diagnostic*, serta melakukan komunikasi dengan perangkat lain.

4. *Memory*

Memory merupakan tempat untuk menyimpan program dan data yang akan diolah dan dijalankan oleh CPU.

5. Modul *Input/Output*

Modul *input/output* merupakan bagian dari PLC yang berhubungan dengan perangkat luar yang memberikan masukan kepada CPU, seperti saklar dan sensor maupun keluaran dari CPU, seperti : lampu, motor, dan solenoid *valve*.

6. Fasilitas Komunikasi

Fasilitas komunikasi (COM) mutlak diperlukan dalam sebuah PLC, untuk melakukan pemrograman dan pemantauan atau berkomunikasi dengan perangkat lain.

Fungsi PLC secara umum ada 2 yaitu sebagai berikut:

1. *Sequential Control*

PLC mampu memproses *input* sinyal biner menjadi *output* yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan (*sequential*), di sini PLC menjaga agar semua langkah (*step*) dalam proses sekuensial berlangsung dalam urutan yang tepat.

2. *Monitor Plant*

PLC secara terus menerus memonitor status suatu sistem, misalnya :temperatur, tekanan, dan ketinggian. PLC juga mampu mengambil tindakan yang diperlukan sehubungan dengan proses yang dikontrol seperti: nilai sudah melebihi batas serta menampilkan pesan tersebut pada operator (*user*).

Sedangkan fungsi PLC secara khusus yaitu mampu menggantikan komponen relay pada sistem kontrol konvensional yang mampu memberikan *input* ke CNC (*Computerized Numerical Control*). Sering dijumpai pada proses *finishing*, membentuk benda kerja, proses *moulding*, dan lain sebagainya.

2.3.5 Kelebihan dan Kekurangan PLC

PLC memiliki beberapa keunggulan, diantaranya:

1. Proses pengawatannya lebih mudah, karena pengguna hanya melakukan pengawatan pada *input* dan *output* PLC, sedangkan rangkaian kontrolnya diprogram melalui komputer.
2. Memiliki kehandalan yang tinggi dibandingkan relay mekanis dan *timer*.
3. Perawatan dan *maintenance* perangkat yang mudah.
4. Konsumsi daya yang relatif rendah.
5. Proses *trouble-shooting* lebih mudah, karena PLC memiliki fasilitas *self-diagnostic*.
6. Perubahan alur kontrol yang relatif singkat.

PLC juga memiliki beberapa kelemahan, diantaranya:

1. Pengawatan (*wiring*) tidak terlihat
2. PLC tidak dapat ditempatkan di sembarang tempat, seperti pada suhu dan getaran yang tinggi.

2.4. Pneumatik

2.4.1 Pengertian Pneumatik

Pneumatik berasal dari bahasa Yunani "*Pneuma*" yang berarti tiupan atau angin. Definisi pneumatik adalah salah satu cabang ilmu fisika yang mempelajari fenomena udara yang dimampatkan sehingga tekanan yang terjadi akan menghasilkan gaya sebagai penyebab gerak atau aktuasi pada aktuator, (Totok Heru, 2011: 3).

2.4.2 Cara Kerja Pneumatik

Sistem kerja komponen pneumatik menyerupai sistem kerja dari kontrol listrik. Adapun sistem kontrol listrik berasal dari tegangan listrik yang diperoleh dari jala-jala PLN (380 Volt untuk 3 *phase* dan 220 Volt untuk 1 *phase*) atau dari catu daya (24 Volt DC, 12 Volt DC dll), maka untuk sistem pneumatik menggunakan udara bertekanan (*compressed air*) sebagai sumber energi, (Hanif Said, 2012: 33). Udara bertekanan ini dihasilkan oleh alat yang bernama *Air Compressor*.

Penggunaan sistem pneumatic sebagai sistem otomasi banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari yang meliputi penyusunan, pencengkaman,

pencetakan, pengaturan arah benda, pemindahan (*transfer*), penyortiran sampai proses pengepakan barang.

Udara dipermukaan bumi ini terdiri atas campuran dari bermacam-macam gas. Komposisi dari macam-macam gas tersebut adalah sebagai berikut: 78 % vol. gas 21% vol. nitrogen, dan 1 % gas lainnya seperti karbondioksida, argon, helium, krypton, neon dan xenon. Dalam sistem pneumatik udara difungsikan sebagai media *transfer* dan sebagai penyimpan tenaga (*daya*) yaitu dengan cara dikempa atau dimampatkan, (Wirawan dan Pramono, 2004: 458). Udara termasuk golongan zat fluida karena sifatnya yang selalu mengalir dan bersifat *compressible* (dapat dikempa).

Sifat-sifat udara senantiasa mengikuti hukum-hukum gas. Karakteristik udara dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Udara mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah.
2. Volume udara tidak tetap.
3. Udara dapat dikempa (dipadatkan).
4. Berat jenis udara $1,3 \text{ kg/m}^3$.
5. Udara tidak berwarna.

2.4.3 Komponen Pneumatik

Beberapa komponen yang terdapat pada sistem pneumatik, (Hanif Said, 2012 : 39), meliputi:

1. Catu Daya

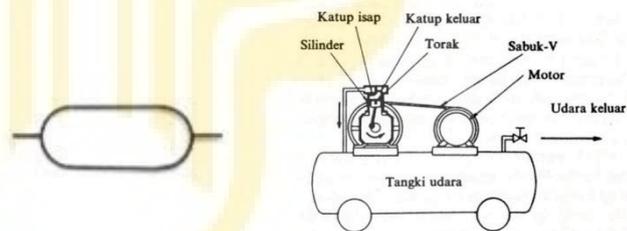
Pasokan energi biasanya didapat dari kompresor, tangki udara, pemisah air dan *oil*, pengatur tekanan, dan peralatan lainnya.

A. Kompresor

Kompresor digunakan untuk menghisap udara di atmosfer dan memampatkan serta menyimpannya dalam tangki penampungan hingga tekanan tertentu.

a. Tangki Udara

Tangki udara bertekanan berfungsi untuk menstabilkan pemakaian udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor. Tangki ini juga berfungsi sebagai cadangan suplai udara darurat ke sistem apabila kompresor mengalami kegagalan.



(a)

(b)

Gambar 2.12.

(a) Simbol Tangki Udara, (b) Tangki Udara

b. *Oil dan Water Trap*

Oil dan Water Trap dalam sistem pneumatik berfungsi sebagai pemisah oli dan air dari udara yang masuk dari kompresor. Jumlah persentase air dalam udara yang masuk ke dalam sistem penumatik tergolong sangat kecil, namun

dapat menjadi penyebab serius untuk tidak berfungsinya sistem.

c. *Air Filter*

Air filter merupakan penyaring udara yang dikompresi untuk memisahkan udara dari kemungkinan adanya debu dan kotoran yang terdapat dalam udara setelah melewati unit *Oil* dan *Water Trap* serta unit *Dehydrator*.

d. *Air Regulator*

Air regulator digunakan sebagai pengatur kekuatan tekanan udara sesuai batas yang diinginkan dari catu daya sistem pneumatik sebelum masuk ke sistem kontrol. *Air regulator* biasanya dilengkapi dengan sebuah pengukur tegangan yang menunjukkan besarnya tekanan udara yang mengalir menuju sistem.



Gambar 2.13.

(a) Simbol *Air Service Unit*, (b) FRL

2. Elemen Masukan / Kontrol

Pada sistem kontrol terdapat komponen saklar yang berfungsi sebagai media kontrol alat listrik, sedangkan pada pneumatik dikenal dengan istilah katup (*valve*), (Hanif Said, 2012: 43).

Katup pneumatik merupakan perlengkapan kontrol atau pengatur, baik untuk memulai (*start*), berhenti (*stop*), mengarahkan aliran, atau mengatur tekanan udara dari satu daya menuju beban atau elemen kerja.

Adapun simbol katup pneumatik secara internasional mengikuti standar CETOP (*Comite Europeen des Transmissions Oleohydrau-liquies et Penumatiques*) dan ISO/R1219 -1970.

Beberapa jenis katup yang terdapat pada sistem pneumatik, diantaranya:

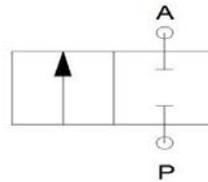
a. Katup Kontrol Arah

Katup kontrol arah (*directional way valve*) merupakan komponen kontrol pneumatik berupa katup yang terdiri dari beberapa lubang saluran udara yang berfungsi untuk melewatkan, memblokir, dan mengarahkan aliran udara bertekanan.

Adapun untuk penggolongan katup jenis ini dapat dibedakan berdasarkan penandaan angka yaitu sebagai berikut :

- **Katup 2/2 way**

Katup 2/2 way mempunyai 2 lubang aliran udara dan dua perubahan posisi kerja.



Gambar 2.14. Katup 2/2 way

Pada posisi kerja awal, udara bertekanan dari catu daya tidak akan mengalir dari P ke A (di blokir). Jika katup mendapatkan sinyal kontrol di sisi kiri maka kerjanya akan berubah ke kotak sebelah kiri dan udara bertekanan akan mengalir P ke A.

- **Katup 3/2 way**

Katup 3/2 way mempunyai 3 lubang aliran udara dan 2 perubahan posisi kerja.



Gambar 2.15 Katup 3/2 way

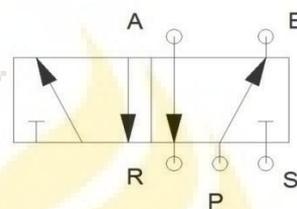
Pada posisi awal, udara bertekanan dari beban akan dibuang dari A ke R sedangkan udara bertekanan dari catu daya tetap diposisi P.

Jika katup mendapatkan sinyal kontrol disisi kiri maka kerja akan berubah ke kotak sebelah kiri dan

udara bertekanan dari catu daya akan mengalir dari P-
A.

- **Katup 5/2 way**

Katup 5/2 way mempunyai 5 lubang aliran udara dan 2 perubahan posisi kerja.



Gambar 2.16. Katup 5/2 way

Pada posisi kerja awal., udara bertekanan dari catu daya akan mengalir dari P ke B, sedangkan udara bertekanan dari beban akan dibuang dari A ke R.

Jika katup mendapatkan sinyal kontrol di sisi kiri maka posisi kerja akan berubah ke kotak sebelah kiri dan udara bertekanan dari catu daya akan mengalir dari P ke A, sedangkan udara dari beban akan di buang dari B ke S.

- **Katup 5/3 way**

Katup 5/3 way mempunyai 5 lubang aliran udara dan 3 perubahan posisi kerja. Pada posisi kerja awal, udara bertekanan dari catu daya tidak akan mengalir dari P ke A atau B (diblokir).

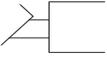
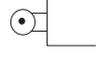
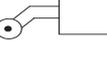
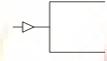
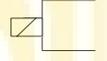
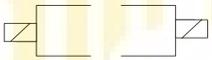
Jika katup mendapatkan sinyal kontrol disisi kiri maka posisi kerja akan berubah ke kotak sebelah kiri dan udara bertekanan dari catudaya akan mengalir dari P ke A, sedangkan udara bertekanan dari beban akan di buang dari B ke S.

Jika katup mendapatkan sinyal kontrol disisi kanan maka posisi kerja akan berubah ke kotak sebelah kanan dan udara bertekanan dari catu daya akan mengalir dari P ke B, sedangkan udara bertekanan dari beban akan dibuang dari A ke R.

b. Penggerak Katup Kontrol Arah

Penggerak katup kontrol arah berfungsi sebagai mengatur perubahan posisi kerja pada katup kontrol arah.

Jenis pengaktifan	Keterangan
Mekanik	
	Operasi tombol
	Tombol
	Operasi tuas

	Pedal kaki
	Pegas kembali
	Operasi rol
	Operasi rol satu arah
Pneumatik	
	Pengaktifan langsung pneumatik
	Pengaktifan tidak langsung pneumatik (pilot/pemandu)
Listrik	
	Operasi dengan solenoid tunggal
	Operasi dengan solenoid ganda
Kombinasi	
	Solenoid ganda dan operasi pilot manual

Tabel 2.1 Penggerak Kontrol arah

Terdapat beberapa tipe dari penggerak katup kontrol arah yaitu dengan penggerak manual, mekanik, dan elektrik.

Pada sistem elektropneumatik menggunakan penggerak katup kontrol arah tipe solenoid sehingga sistem katup ini dinamakan solenoid *valve*.

c. Katup Searah

Katup searah (*non-return valve*) merupakan komponen kontrol pneumatik yang berfungsi untuk melewatkan aliran udara bertekanan ke satu arah dan menutup aliran ke arah sebaliknya. Jenis katup searah yang paling sering digunakan adalah tipe *check valve*.



Gambar 2.18.

(a) Simbol Katup Searah, (b) Katup Penyearah

d. Katup Pengontrol Aliran

Katup pengontrol aliran (*flow control valve*) merupakan komponen kontrol pneumatik yang berfungsi sebagai pengatur dan pengendali aliran udara bertekanan, khususnya udara yang harus masuk ke dalam dan keluar dari silinder pneumatik.



(a)

(b)

Gambar 2.19

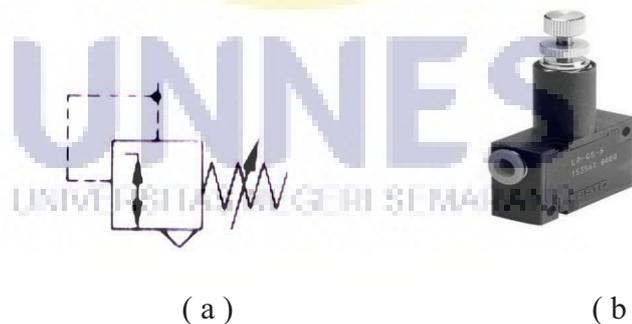
(a) Simbol Katup Pengontrol Aliran 1 Arah,

(b) Katup Pengontrol Aliran 1 Arah

Katup ini terdiri dari 2 tipe, yaitu katup pengontrol aliran dua arah (*bi-directional flow control valve*) atau biasa disebut katup cekik dan katup pengontrol aliran satu arah (*one way flow control valve*).

e. Katup Pengontrol Tekanan

Katup pengontrol tekanan (*pressure control valve*) merupakan komponen kontrol pneumatik yang berfungsi untuk mencegah terlampauinya tekanan maksimal yang ditolerir dalam sistem. Katup ini juga akan menjaga tekanan keluaran yang stabil, walaupun tekanan masukan berubah-ubah, dengan syarat tekanan masukan harus lebih besar atau minimal sama dengan tekanan keluaran yang diinginkan.



Gambar 2.20

(a) Simbol Katup Pengontrol Tekanan, (b) Katup Pengontrol Tekanan

f. *Vacum Ejector* dan *Vacum Generator*

Vacum ejector merupakan katup pneumatik khususnya dimana saat lubang udara masukan (P) diberi udara bertekanan maka lubang udara keluaran (A) akan menghasilkan udara vakum. *Vacuum ejector* ini berfungsi untuk menghisap benda kerja

Pada sistem elektropneumatik, *vacuum ejector* biasanya dirangkai dengan katup kontrol solenoid menjadi satu kesatuan. Alat ini dinamakan *vacuum generator*.

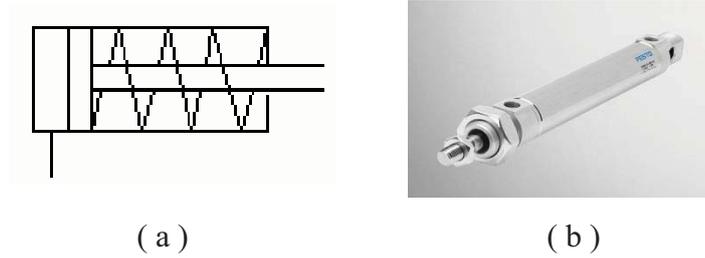
3. Elemen Kerja

Elemen kerja atau *actuator* adalah bagian akhir dari sistem pneumatik yang berfungsi untuk mengubah energi suplai angin bertekanan menjadi energi kerja (Hanif Said, 2012 : 54). Aktuator terbagi menjadi 2 tipe, yaitu aktuator gerak lurus (silinder) dan aktuator gerak memutar (motor pneumatik).

Terdapat beberapa macam aktuator, diantaranya adalah:

a. Silinder Kerja Tunggal

Silinder kerja tunggal adalah *actuator* yang digerakkan oleh udara bertekanan pada satu sisi saja sehingga menghasilkan kerja satu arah. Untuk gerak balik digunakan tenaga yang didapat dari pegas yang telah terpasang didalam silinder tersebut sehingga besar kecepatannya tergantung dari pegas yang dipakai.



Gambar 2.21

(a) Simbol Silinder Kerja Tunggal, (b) Silinder Kerja Tunggal

b. Silinder Kerja Ganda

Silinder kerja ganda ini digunakan apabila torak diperlukan untuk melakukan kerja bukan hanya pada gerakan maju, tetapi juga pada gerakan mundur. Pada silinder ini dapat dikontrol pada kedua sisinya.

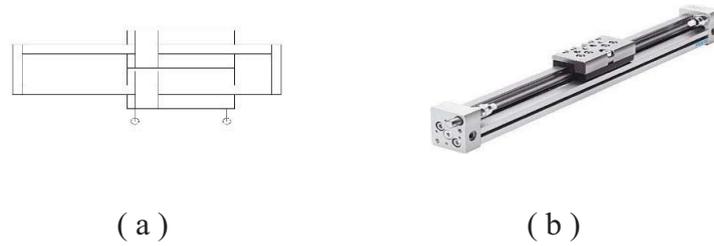


Gambar 2.22

(a) Simbol Silinder Kerja Ganda, (b) Silinder Kerja Ganda

c. Silinder Geser

Silinder geser memiliki konstruksi yang berbeda dengan silinder biasa. Silinder ini tidak memiliki batang yang bergerak maju atau mundur, melainkan rel yang bergerak atau bergeser.

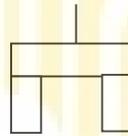


Gambar 2.23

(a) Simbol Silinder Geser, (b) Silinder Geser

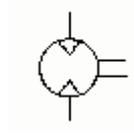
d. Penjepit

Penjepit atau *clamp* ini berfungsi untuk menjepit komponen. Jika mendapatkan suplai udara bertekanan, penjepit ini akan menjepit komponen.

Gambar 2.24. Simbol Penjepit/*Clamp*

e. Motor pneumatik

Motor pneumatik ini bekerja dengan menggunakan udara bertekanan yang diperoleh dari sumber energi, sehingga lebih aman jika dibandingkan dengan motor listrik yang menggunakan energi listrik. Terdapat 2 macam tipe dari motor pneumatik, yaitu motor pneumatik *full* yang dapat berputar 360 dan motor *semirotary* yang hanya mampu berputar 90.



Gambar 2.25. Simbol Motor Pneumatik

4. Komponen Pendukung

Selain komponen utama dari pneumatik, juga terdapat beberapa komponen pendukung, (Hanif Said, 2012: 59) diantaranya:

a) Selang

Media penghantar energi pada sistem pneumatik adalah selang. Berbeda dengan sistem kontrol listrik yang menggunakan kabel sebagai media penghantar arus. Selang mempunyai sifat elastis atau lentur sehingga memungkinkan selang mudah diatur maupun ditempatkan sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2.26 Selang Udara

b) Sambungan / *Fitting*

Fitting merupakan komponen pendukung dalam sistem pneumatik yang berfungsi sebagai penghubung antara komponen pneumatik dengan selang atau sebagai sambungan antar selang.

Gambar di bawah ini menunjukkan beberapa macam bentuk dari *fitting* tersebut.



Gambar 2.27 Sambungan/*Fitting*

c) *Silencer*

Silencer merupakan komponen pendukung dalam sistem pneumatik yang berfungsi untuk meredam suara bising dari tekanan udara keluaran yang dibuang ke terminal R atau S.



Gambar 2.28. (a) Simbol *Silencer*, (b) *Silencer*

d) *Reed Switch*

Reed switch merupakan saklar yang bekerja berdasarkan cincin magnet yang terdapat pada pangkal tuas silinder. Apabila ujung tuas silinder bergerak dan sejajar dengan *reed switch* maka kontak *switch* tersebut akan bekerja.



Gambar 2.29. *Reed Switch*

e) *Pressure Switch*

Pressure switch adalah saklar yang bekerja apabila terdapat aliran udara bertekanan dengan tekanan tertentu yang melewatinya. *Pressure switch* berfungsi sebagai pemutus aliran udara bertekanan dari kompresor apabila udara sudah melebihi batas yang diinginkan.



Gambar 2.30. *Pressure Switch*

f) *Vacuum Switch*

Vacuum switch merupakan saklar yang memanfaatkan udara *vacuum* pada katub sebagai media pendeteksi adanya perubahan.



Gambar 2.31. *Vacuum Switch*

Vacuum Pad

Vacuum pad merupakan perlengkapan sistem pneumatik yang berfungsi untuk menghisap benda di bawahnya apabila terdapat aliran udara *vacuum* yang melewatinya.



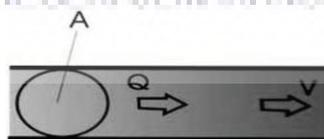
Gambar 2.32 *Vacuum Pad*

2.4.4 Perhitungan pada Pneumatik

Beberapa perhitungan pada sistem pneumatik :

1. Debit Aliran Udara

Udara yang melewati saluran dengan luas penampang A (m^2) dengan kecepatan udara mengalir V (m/dtk), maka akan memiliki debit aliran Q (m^3 /dtk) sebesar A (m^2) x V (m/dtk)



Gambar 2.33 Debit Aliran Udara dalam Pipa

$$Q = A \times V$$

Dimana:

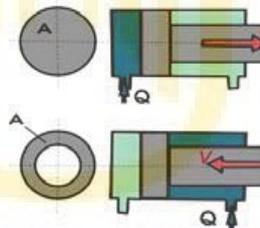
Q = Debit Aliran Udara

A = Luas Penampang

V = Kecepatan Udara yang Mengalir

2. Kecepatan Piston

Suatu silinder pneumatik mempunyai piston dengan luas dan memiliki luas penampang batang piston, akan tetapi kecepatan piston saat bergerak maju belum tentu lebih besar dibandingkan dengan saat piston bergerak mundur.



Gambar 2.34 Arah Kecepatan Piston Saat Maju dan Mundur

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

$$V_{\text{maju}} = \frac{Q}{A}$$

$$V_{\text{mundur}} = \frac{Q}{A}$$

Dimana:

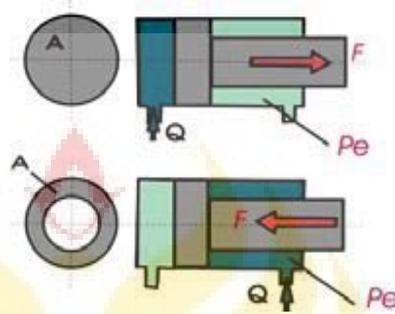
V = Kecepatan Piston (m/s)

Q = Debit Aliran Udara (liter/menit)

$$A = \text{Luas Penampang Silinder (m}^2\text{)}$$

$$A_n = A - A_k \text{ (m}^2\text{)}$$

3. Gaya Piston



Gambar 2.35 Arah Gaya Piston Saat Maju dan Mundur

$$F_{\text{maju}} = P_e \times A - F_R$$

$$F_{\text{mundur}} = P_e \times A_n - F_R$$

Dimana:

$$F = \text{Gaya Piston (N)}$$

$$P_e = \text{Tekanan Kerja Efektif (N/m}^2\text{)}$$

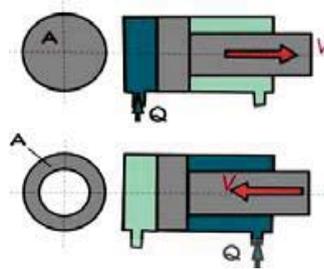
$$A = \text{Luas Penampang Silinder (m}^2\text{)}$$

$$A_n = A - A_k \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A_k = \text{Luas Batang Piston (m}^2\text{)}$$

$$F_R = \text{Gaya Gesek Batang Piston (N)}$$

4. Udara yang Diperlukan



Gambar 2.36 Arah Aliran Udara Saat Piston Maju dan Mundur

$$Q_{\text{maju}} = A \cdot S \cdot n \left(\frac{P_e \cdot P_{\text{atm}}}{P_{\text{atm}}} \right)$$

$$Q_{\text{mundur}} = A_n \cdot S \cdot n \left(\frac{P_e \cdot P_{\text{atm}}}{P_{\text{atm}}} \right)$$

Dimana:

Q = Debit Aliran Udara (liter/menit)

S = Langkah (m)

P_e = Tekanan Kerja Efektif (N/m^2)

A = Luas Penampang Silinder (m^2)

A_k = Luas Batang Piston (m^2)

n = Banyaknya Langkah (kali/menit)

2.4.5 Kelebihan dan Kekurangan Pneumatik

Penggunaan pneumatik dalam proses produksi memiliki kelebihan bila dibandingsn media kerja lain, (Hanif Said, 2012: 33) antara lain:

1. Ketersediaan bahan baku yang berupa udara, dimana udara praktis terdapat dimana-mana dalam jumlah yang tidak terbatas.

2. Penyaluran bahan baku mudah, sangat mudah disalurkan melalui pipa sampai jarak jauh.
3. Penyimpanan bahan baku sangat mudah, karena udara bertekanan dari kompresor dapat disimpan dalam tabung sehingga kompresor tidak perlu bekerja terus-menerus.
4. Tahan terhadap temperatur, dimana udara bertekanan relatif tidak peka terhadap perubahan temperatur.
5. Bersih, tidak menyebabkan pencemaran lingkungan.
6. Dapat digunakan untuk kecepatan kerja tinggi, sebab udara bertekanan merupakan media yang cepat sehingga kecepatan kerja yang tinggi dapat dicapai.
7. Aman dari sengatan arus listrik.
8. Tidak ada resiko terbakar.

Di samping memiliki banyak kelebihan, instalasi pneumatik juga memiliki kekurangan, antara lain:

1. Pengadaan udara bertekanan harus bersih dari partikel debu dan kondensasi untuk mencegah keausan komponen pneumatik.
2. Udara buangan dapat menimbulkan suara yang sangat bising, kecuali diatasi dengan peredam suara atau *silencer* yang dipasang pada saluran pembuangan.
3. Mudah terjadi kebocoran, salah satu sifat udara bertekanan adalah ingin selalu menempati ruang yang kosong dan tekanan udara susah dipertahankan dalam waktu bekerja. Oleh karena itu diperlukan *seal*

agar udara tidak bocor. Kebocoran *seal* dapat menimbulkan kerugian energi. Peralatan pneumatik harus dilengkapi dengan peralatan kekedapan udara agar kebocoran pada sistim udara bertekanan dapat ditekan seminimal mungkin.

2.5. Koordinasi PLC dan Sistem Pneumatik

Sistem pneumatik, khususnya elektropneumatik banyak diterapkan pada sistem otomasi di dunia industri karena memiliki banyak keuntungan, seperti: ketersediaan, penyaluran, aman dari sengatan arus listrik dan penyimpanan energi yang sangat mudah, (H. Said, 2012: 67)

Sistem otomasi di industri biasanya menggunakan PLC sebagai sistem kontrolnya dan komponen pneumatik sebagai elemen aktuatornya, dan juga dilengkapi dengan panel kontrol yang akan mengontrol jalannya sistem.

Beberapa komponen lain yang biasa digunakan pada koordinasi sistem kontrol PLC dan pneumatik yaitu:

2.5.1 Sensor *Proximity*

Sensor *Proximity* (sensor jarak) digunakan untuk mengetahui keberadaan sebuah benda tanpa bersentuhan dengan benda tersebut. Terdapat beberapa bentuk untuk saklar jenis ini, dan beberapa diantaranya hanya peka terhadap objek-objek yang terbuat dari logam (*metal*), (Bolton, 2004: 16).

Jenis sensor yang sensitif terhadap objek dari logam yaitu sensor *proximity* induktif. Sensor ini terdiri dari sebuah kumparan yang dililitkan pada sebuah inti besi (*ferrous*). Ketika salah satu ujung inti besi ini diletakkan di dekat sebuah

objek yang juga terbuat dari besi, maka akan terjadi perubahan jumlah efektif inti besi yang diasosiasikan dengan kumparan tersebut dan dengan sendirinya induktansinya. Perubahan induktansi ini dapat dipantau dengan menggunakan sebuah rangkaian resonan, dimana keberadaan objek yang terbuat dari besi mengubah pasokan arus ke rangkaian tersebut. Arus ini dapat digunakan untuk mengaktifkan sebuah saklar elektronik, dan dengan demikian menghasilkan sebuah perangkat “hidup”/”mati”. Jarak secara umum yang mampu dideteksi oleh sensor ini berkisar antara 2-15 mm.



Gambar 2.37 Sensor *Proximity* Induktif

Tipe sensor yang mampu mendeteksi benda logam dan non-logam adalah sensor *proximity* kapasitif. Kapasitansi sepasang pelat logam yang dipisahkan oleh suatu jarak bergantung pada jarak pemisah tersebut, dimana semakin kecil jarak pemisah semakin tinggi kapasitansinya. Perubahan kapasitansi dapat digunakan untuk mengaktifkan sebuah rangkaian saklar elektronik sehingga menghasilkan sebuah perangkat “hidup”/”mati”. Sensor kapasitif dapat digunakan untuk mendeteksi objek yang umumnya berjarak antara 4-60 mm dari kepala sensor.

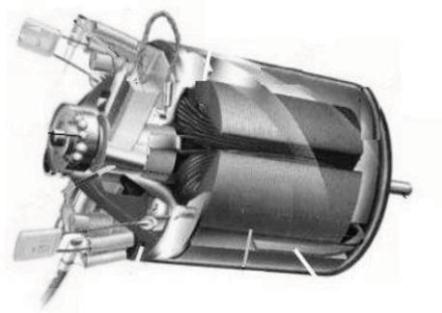
2.5.2 Motor DC

Motor listrik sering digunakan sebagai elemen kontrol akhir dalam sistem kontrol posisi ataupun kecepatan. Cara kerja dasar dari sebuah motor listrik adalah

gaya yang bekerja pada konduktor yang berada di dalam suatu medan magnet ketika ada arus yang melewati konduktor tersebut. Untuk konduktor dengan panjang (L) yang mengalirkan arus (I) dalam suatu medan magnetik dengan kerapatan fluksi (B) pada sudut yang tepat, maka gaya (F) yang dibangkitkan adalah sama dengan $B.I.L$, (Bolton, 2006: 142).

Motor listrik menggunakan energi listrik dan energi magnet untuk menghasilkan energi mekanis. Operasi motor tergantung pada interaksi dua medan magnet tersebut. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa motor listrik bekerja dengan prinsip bahwa dua medan magnet dapat dibuat berinteraksi untuk menghasilkan gerakan. Tujuan suatu motor adalah untuk menghasilkan gaya yang bergerak (torsi), (Frank D, 1996: 331).

Pada suatu motor DC terdapat kumparan-kumparan kawat yang dipasangkan pada slot silinder yang terbuat dari material magnetik yang dikenal dengan istilah *armature* atau jangkar. Jangkar dipasang pada sebuah bantalan dan dapat berotasi dengan bebas. Medan magnetik dihasilkan oleh kutub-kutub medan. Medan magnetik ini sendiri dapat dibangkitkan oleh suatu magnet permanen ataupun elektromagnet dengan sifat magnet yang dihasilkan oleh arus yang mengalir melalui kumparan medan. Baik terbuat dari magnet permanen atau elektromagnet, bagian ini umumnya membentuk bagian luar motor yang disebut stator. Dalam praktiknya, terdapat lebih dari satu kumparan jangkar serta lebih dari sekumpulan kutub-kutub stator. Ujung-ujung dari kumparan jangkar dihubungkan pada segmen-segmen cincin tersegmentasi yang sering disebut sebagai komutator, yang ikut berputar bersama dengan jangkar.



Gambar 2.38 Motor DC

Penghantar yang mengalirkan arus ditempatkan tegak lurus pada medan magnet, sehingga cenderung bergerak tegak lurus terhadap medan. Besarnya gaya yang didesakkan untuk menggerakkan berubah sebanding dengan kekuatan medan magnet, besarnya arus yang mengalir pada penghantar, dan panjang penghantar. Untuk menentukan arah gerakan penghantar yang mengalirkan arus pada medan magnet, digunakan “hukum tangan kanan motor.” Yang mana ibu jari dan dua jari yang pertama dari tangan kanan disusun sehingga saling tegak lurus satu sama lain dengan menunjukkan arah garis gaya magnet dari medan, dan jari tengah menunjukkan arah arus yang mengalir (*min ke plus*) pada penghantar. Ibu jari menunjukkan arah gerakan penghantar, (Frank D, 1996: 332).

Motor DC dengan kumparan medan dapat diklasifikasikan berdasarkan hubungan antara lilitan medan dan lilitan jangkarnya, yaitu sebagai berikut:

1. Motor Lilitan Seri

Untuk motor lilitan-seri, kumparan jangkar dan medan motor terhubung secara seri. Motor ini mampu menghasilkan torka awal yang sangat tinggi serta kecepatan dalam kondisi tanpa beban yang sangat besar. Meskipun demikian dalam kondisi beban ringan, dapat muncul

kondisi yang membahayakan dimana motor memiliki kemungkinan untuk berputar dalam kecepatan yang terlampau tinggi. Pembalikan polaritas tegangan catu tidak memiliki efek terhadap arah putaran motor, karena baik arus jangkar dan medan keduanya berbalik arah.

2. Motor Lilitan-*Shunt*

Untuk motor lilitan-*shunt*, kumparan jangkar dan medan motor terhubung paralel. Motor ini menghasilkan torka awal yang sangat kecil, kecepatan dalam kondisi tanpa beban yang jauh lebih kecil, serta memiliki regulasi kecepatan yang baik.

Motor ini mampu menghasilkan kecepatan yang hampir konstan meski diberi pembebanan yang berbeda sehingga motor ini sangat banyak digunakan. Untuk membalik arah putaran, salah satu diantara arah aliran arus jangkar atau medan dapat diubah.

3. Motor Gabungan

Motor lilitan gabungan (*compound*) mempunyai 2 buah lilitan medan, satu diantaranya terhubung seri dengan lilitan jangkar, sedangkan yang lain terhubung secara paralel. Motor lilitan gabungan dibentuk dengan tujuan untuk mendapatkan sifat-sifat terbaik dari motor seri dan *shunt* yaitu torka awal yang tinggi serta regulasi kecepatan yang baik.

4. Motor Penguatan Terpisah

Motor penguatan terpisah memiliki kontrol arus jangkar dan medan yang terpisah. Arah putaran dapat diatur atau diubah dengan cara mengubah atau membalik arah aliran arus jangkar dengan medan. Ukuran

daya mekanis kerja motor dinyatakan dalam *horse power* (hp) atau Watt (W), yang mana 1 hp = 746 W. Dua faktor penting yang menentukan *output* daya mekanis adalah torsi dan kecepatan.

$$HP = \frac{\text{Kecepatan (rpm)} \times \text{Torsi (lb/ft)}}{5252}$$

2.5.3 Perhitungan pada motor DC

1. Kecepatan Linear dan Kecepatan Sudut

Jika waktu yang dibutuhkan untuk menempuh lintasan satu lingkaran adalah T dan menempuh jarak sejauh $2\pi R$, maka kelajuan benda untuk mengelilingi lintasan dinyatakan dalam $V = s/T$, inilah yang dinyatakan sebagai kecepatan linear. Sedangkan kecepatan sudut (*angular*) dinotasikan dengan ω merupakan perubahan perpindahan sudut per satuan waktu. Untuk menyatakan kecepatan sudut sering dinyatakan dalam radian, (Lussiana, dkk, 2011 : 38). Sebagai contoh radian per detik (rps) atau radian per menit (rpm).

$$\omega = \frac{\text{besar sudut (radian)}}{\text{waktu yang diperlukan}}$$

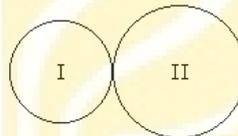
Secara umum hubungan kecepatan linear (V) dan kecepatan sudut (ω) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi}{t}$$

Berkaitan dengan aplikasi dunia elektronika, sering kali penggunaannya pada susunan roda, baik sistem gerak langsung maupun sistem gerak tidak langsung.

a. Sistem gerak susunan langsung

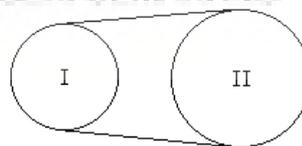
Pergerakan pada sistem ini adalah melalui persinggungan antara roda I dan roda II secara langsung. Maka dapat diketahui bahwa kecepatan linear roda I dan roda II adalah sama, sedangkan kecepatan sudutnya berbeda.



Gambar 2.39. Sistem Gerak Susunan Roda Langsung

b. Sistem gerak susunan tidak langsung

Aplikasi dari susunan roda model ini sering diaplikasikan pada koveyor yaitu roda yang dikaitkan dengan ban, tali atau rantai yang digunakan untuk mengangkut beban.



Gambar 2.40. Sistem Gerak Roda Susunan Tidak Langsung

2.6 Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir pada penelitian ini berdasarkan prinsip kerja sistem kontrol pada PLC dan Pneumatik. Selanjutnya dari prinsip kerja keduanya dihubungkan menjadi satu kesatuan rancang bangun *stacking conveyor* dengan sistem kendali berbasis PLC.

Dalam perkembangannya, pada saat ini sudah banyak industri yang menggunakan salah satu peralatan kontrol dengan sistem pemrograman yang dapat diperbaharui atau lebih populer disebut dengan nama PLC (*Programmable Logic Controller*). Sebabnya jelas yaitu mengacu pada faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dan produktivitas industri itu sendiri, kemudahan transisi dari sistem kontrol sebelumnya, dan kemudahan trouble-shooting dalam konfigurasi sistem ini. Selain itu faktor *human error* juga mampu diminimalisir dengan melihat tingkat keunggulan yang ditawarkan dari sistem kontrol otomatis tersebut. Berdasarkan *Domino's Theory* yang dikemukakan oleh Heinrich H.W yang dikemas dalam buku "*Accident Prevention*" pada tahun 1972 bahwa "manusia cenderung melakukan kesalahan saat melakukan pekerjaan". Selanjutnya disempurnakan oleh Bird dan Germain (1986) yang menghubungkan dengan refleksi manajemen secara langsung akibat *human error* yang menyebutkan bahwa "kelalaian kerja dapat mengakibatkan kerugian pada manusia itu sendiri, harta benda, dan proses produksi". (<http://jurnalk3.com> yang diakses pada hari Selasa, 27-01-2015 pukul 00.48 WIB)

Penggunaan sistem kontrol pada industri banyak diaplikasikan dengan kombinasi antara komponen kontroler dengan komponen pneumatik pada proses

produksi. Penggunaan udara bertekanan sudah banyak dikembangkan untuk keperluan proses produksi, misalnya untuk melakukan gerakan mekanik yang selama ini dilakukan oleh tenaga manusia, seperti menggeser, mendorong, mengangkat, menekan, dan memisahkan.

Pemilihan penggunaan komponen pneumatik dalam proses produksi pada industri, memiliki beberapa keunggulan, diantaranya: (1) kemudahan dalam memperoleh udara bertekanan, (2) mudahnya penyimpanan bahan baku, (3) bersih dari kotoran zat kimia yang merusak peralatan, (4) mudah dalam instalasi yaitu menggunakan selang atau pipa, (5) aman dari bahaya ledakan dan hubungan pendek, dan (6) tidak peka terhadap perubahan suhu.

Efektifitas produksi dalam industri tidak semata terpenuhi oleh adanya sistem kontrol otomatis yang sedang gencar diterapkan dalam dunia industri, penghematan waktu dan tenaga saat memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lainpun menjadi faktor pendukung efektifnya proses produksi. Hal ini dapat diatasi dengan adanya alat yang dinamakan “*conveyor*”, alat ini dirancang untuk dapat mendistribusikan barang produksi secara cepat ke tempat lain dengan pertimbangan efisiensi penggunaan energi.

Namun timbul suatu masalah yaitu conveyor hanya dapat digunakan untuk barang dengan jenis yang sama (satu *conveyor* untuk satu jenis barang), misalnya pada saat proses pengepakan terdapat barang berupa logam dan non-logam, namun *conveyor* tidak bisa membedakan mana barang logam dan non-logam sehingga terjadilah masalah dimana *conveyor* hanya bisa mendistribusikan barang tanpa bisa membedakan jenis barang yang akan didistribusikan. Contoh

penerapannya yaitu pada industri makanan yang dalam proses produksinya dalam bentuk makanan kaleng dan makanan dalam kemasan plastik.

Untuk itu pada penelitian ini akan mencoba memberikan solusi dengan membuat rancang bangun *stacking conveyor* dengan sistem kendali berbasis PLC. Sehingga kekurangan yang ada pada conveyor yang hanya bisa mendistribusikan barang tanpa bisa memilah secara otomatis dapat diatasi dengan rancang bangun ini. Pada arancang bangun ini peneliti akan memberikan sensor proximity sebagai alat pemilah barang sesuai dengan kebutuhan. Pemilahan dilakukan secara mekanik menggunakan Pneumatik yang sebelumnya telah diprogram menggunakan PLC.

BAB V

PENUTUP

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa rancang bangun simulator *conveyor* pemindai barang otomatis dengan pneumatik dapat bekerja dengan mendeteksi barang yang melewati sensor dengan tinggi minimal 3 cm atau dengan jarak minimal 10 cm terhadap sensor. Barang dengan tinggi yang sesuai dengan ketentuan akan didorong menggunakan pneumatik menuju tempat penampungan sedangkan barang yang tidak sesuai akan dibiarkan lewat dan menuju tempat penampungan sendiri. Selain jarak, faktor lain yang mempengaruhi sensor adalah jenis bahan atau permukaan objek, dimana objek yang berbahan kasar akan memiliki kepekaan sensing yang lebih besar dibanding permukaan yang lebih licin. Sehingga dalam penelitian ini objek dengan tinggi minimal 3 cm dan berbahan licin yang dapat bekerja secara maksimal dan sesuai ketentuan.

5.2. Saran

Perlu ada pengembangan lebih lanjut untuk kontrol yang digunakan pada Simulator *conveyor* pemindai barang dengan pneumatik yang disesuaikan dengan SOP yang berlaku dalam dunia industri, serta untuk mempermudah dalam melakukan praktik sistem kendali.

DAFTAR PUSTAKA

- Guntoro, H. 2010. Blog Dunia Listrik. Diakses pada hari kamis tanggal 4 Juni 2015 pukul 20.34 WIB dari
<http://dunia-listrik.blogspot.co.id/2010/02/dasar-dasar-pneumatik.html>
- Parr, Andrew. 1998. Hidrolika Dan Pneumatika: Pedoman bagi Teknisi dan Insinyur. Terjemahan Gunawan Prasetyo. 2003. Jakarta: Erlangga.
- Rangga, B. 2012. Mekanik Elektronik Informatika. Diakses pada hari kamis tanggal 4 Juni 2015 pukul 21.11 WIB dari
<http://mekatronika08.blogspot.co.id/2012/05/symbol-symbol-pneumatik-dan-fungsinya.html>
- Radita, A. 2013. Penggunaan dan Pengaturan Motor Listrik. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Susilo, B. 2013. Rancang Bangun Simulator Pneumatik sebagai Alat Pemindah Barang. TA. Teknik Mesin Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sugiyono, 2013. Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R & D. Bandung: Alfabeta
- Ogata, Katsuhiko. 2002. *Modern Control Engineering*. 4th edition. New Jersey. Prentice Hall
- Bolton, W. 2004. *Programmable Logic Control (PLC) 3rd edition*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Bolton, W. 2006. *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Said H. 2012. *Aplikasi PLC dan Sistem Pneumatik pada Manufaktur Industri*. Yogyakarta : CV Andi Offset.
- Lussiana, Hustinawati, Atit P.S, Ary B.Km dan Yogi P. 2011. Mekanika. Universitas Gunadharma.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta

- Pressman, R.S. 2001. *Software Engineering*. 5th edition. New York : The MacGraw-Hill Companies, Inc.
- Jogiyanto H.M. 1999. *Analisis dan Desain Sistem Informasi Pendekatan Terstruktur teori dan Aplikasi Basis Data*. Yogyakarta : Andi Publisher
- Triwiyanto, A. 2011. Konsep Umum Sistem Kontrol. *Buku Ajar Sistem Kontrol Analog*. (1) ; 1-2
- Marlina. 2012. Penerapan Agenda Pengingat Berbasis Aplikasi. *Jurnal Sains, Teknologi dan Kesehatan*, Vol 3(1) p145.
- Sonjaya, Ujang. 2011. Rancang Bangun Sistem Kontrol Konveyor Penghitung Barang Menggunakan PLC (Programmable Logic Controller) Omron Tipe CPM1A 20 CDR. *Artikel*. Teknik Mesin.
- Latief. Abd, Alwi. M. R, dan Fahrul Andi. 2012. Studi Starting Udara Tekan Dengan Motor Pneumatik Pada Mesin Induk KMP.Bontoharu. *Jurnal Riset dan Teknologi*. Volume 10. Makassar.
- Santosa, Septiawan F. 2011. Simulator Conveyor Belt sebagai Media Pembelajaran pada Mata Pelajaran Kompetensi Kejuruan Di SMK Negeri 2 Depok Sleman. *Skripsi*. Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.