



**RANCANG BANGUN TRAINER ALAT PENYORTIR
BARANG LOGAM DAN NON LOGAM SEBAGAI
MEDIA PEMBELAJARAN PADA MATA KULIAH
DASAR SISTEM KONTROL**

Skripsi

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

Oleh

Muhammad Imaduddin NIM. 5301411018

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

2016

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini bebas dari plagiat, dan apabila dikemudian hari terdapat plagiat dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, 25 November 2015



Muhammad Imaduddin

NIM. 5301411018

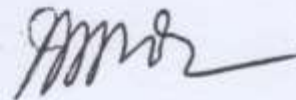
PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Muhammad Imaduddin
N I M : 5301411018
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro, S1
Judul Skripsi : Rancang Bangun Trainer Alat Penyortir Barang Logam
dan Non-Logam sebagai Media Pembelajaran pada Mata
Kuliah Dasar Sistem Kontrol.

Skripsi / TA ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, S1, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 25 November 2015

Pembimbing,



Dr. I Made Sudana, M.Pd

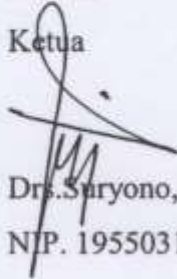
NIP. 195605081984031004

PENGESAHAN

Skripsi ini telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 17 Desember 2015.

Panitia

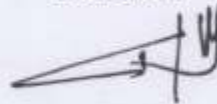
Ketua



Drs. Suryono, M.T

NIP. 195503161985031001

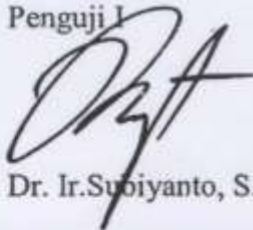
Sekretaris



Drs. Agus Suryanto, M.T

NIP.196708181992031004

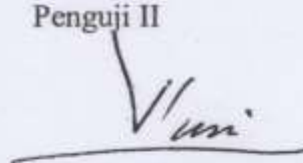
Penguji I



Dr. Ir. Subiyanto, S.T., M.T.

NIP. 197411232005011001

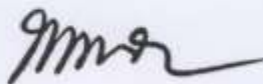
Penguji II



Drs. Djoko Adi Widodo, M.T

NIP. 195909271986011001

Penguji III / Pembimbing



Dr. I Made Sudana, M.Pd

NIP. 195605081984031004

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Qudus, M.T

NIP. 196911301994031001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

- ❖ *Don't stop dreaming, because success starts from dreams.*
- ❖ Pendidikan merupakan perlengkapan paling baik untuk masa tua.

Persembahan

Dengan mengucapkan puji dan syukur, saya persembahkan skripsi ini untuk :

- ❖ Ayah, ibu dan adik tercinta yang selalu menjadi semangat di setiap langkah.
- ❖ Keluarga besar Fakultas Teknik, UNNES
- ❖ Teman-teman seperjuangan PTE angkatan 2011
- ❖ Untuk Yosi Atika, Amd.
- ❖ Semua orang yang turut membantu terselesaikannya skripsi ini.

ABSTRAK

Muhammad Imaduddin, 2015. **Rancang Bangun Trainer Alat Penyortir Barang Logam dan Non Logam sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Dasar Sistem Kontrol**. Pembimbing: Dr. I Made Sudana, M.Pd. Pend. Teknik Elektro, S-1, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Perkuliahan praktik dasar sistem kontrol merupakan suatu kegiatan pembelajaran yang membutuhkan trainer sebagai media pendukung pembelajaran. Namun, kurangnya alat praktik pendukung menyebabkan rendahnya pemahaman mahasiswa terhadap sistem kontrol. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah trainer berupa alat penyortir logam yang dapat digunakan sebagai media pendukung pada perkuliahan praktik dasar sistem kontrol.

Pada penelitian ini menggunakan metode *trial-error* yaitu metode uji coba dan revisi. Urutan prosedur penelitian yaitu : (1) pendahuluan, (2) observasi, (3) desain alat, (4) validasi desain, (5) pembuatan trainer, (6) uji coba laboratorium, (7) revisi, (8) simulasi kelas terbatas, (9) penutup. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampel pada mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro 2011.

Berdasarkan hasil penelitian, 88,5% mahasiswa menyatakan bahwa trainer alat penyortir logam dan non-logam berbasis PLC ini dapat menambah pemahaman mahasiswa tentang dasar sistem kontrol dan telah diterima untuk digunakan sebagai media pendukung pada perkuliahan Dasar Sistem kontrol.

Kata kunci : trainer penyortir logam, *trial-error*, dasar sistem kontrol.

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun Trainer Alat Penyortir Barang Logam dan Non Logam sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Dasar Sistem Kontrol”** dapat terselesaikan dengan baik.

Penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang.

Dengan terselesaikannya penulisan skripsi ini, maka penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Nur Qudus, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
2. Bapak Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto S.T, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang.
3. Bapak Dr. I Made Sudana, MPd, selaku dosen pembimbing skripsi.
4. Seluruh dosen dan karyawan di jurusan Pendidikan Teknik Elektro.
5. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro 2011.
6. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah membantu sampai terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Semarang, 25 November 2015



Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
Pernyataan Keaslian skripsi	ii
Perstujuan Pembimbing	iii
Pengesahan.....	iv
Motto dan persembahan	v
Abstrak.....	vi
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Lampiran	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	6
1.3. Pembatasan Masalah	7
1.4. Rumusan Masalah	8
1.5. Tujuan Penelitian	8
1.6. Manfaat Penelitian	8
1.7. Penegasan Istilah.....	9
BAB II. LANDASAN TEORI	11
2.1. Media Pembelajaran.....	11
2.1.1. Pengertian Media Pembelajaran	11
2.1.2. Macam-Macam Media Pembelajaran	12

2.1.3. Pemilihan Media Pembelajaran	22
2.1.4. Nilai dan Manfaat Media Pembelajaran	24
2.2. Teori Rancang Bangun.....	25
2.2.1. Pengertian Rancang	25
2.2.2. Pengertian Bangun.....	26
2.2.3. Pengertian Rancang Bangun.....	26
2.3. Sistem Kontrol	27
2.3.1. Pengertian Sistem Kontrol.....	27
2.3.2. Karakteristik Sistem Kontrol.....	28
2.3.3. Klasifikasi Sistem Kontrol.....	29
2.3.4. Bagian-Bagian Sistem Kontrol.....	42
2.3.5. Tujuan Sistem Kontrol.....	44
2.4. <i>Programmable Logic Control (PLC)</i>	44
2.4.1. Sejarah PLC	44
2.4.2. Pengertian PLC.....	44
2.4.3. Cara Kerja PLC	46
2.4.4. Struktur Dasar PLC	47
2.4.5. Fungsi PLC	49
2.4.6. Kelebihan dan Kekurangan PLC	50
2.5. Pneumatik.....	51
2.5.1. Pengertian Pneumatik	51
2.5.2. Cara Kerja Pneumatik.....	51
2.5.3. Karakteristik Udara Kempa	52
2.5.4. Komponen Pneumatik	53
2.5.5. Perhitungan pada Pneumatik	71

2.5.6. Kelebihan dan Kekurangan Pneumatik	74
2.6. Koordinasi PLC dan Sistem Pneumatik.....	76
2.6.1. Sensor <i>Proximity</i>	76
2.6.2. Motor DC.....	78
2.6.3. Perhitungan pada Motor DC.....	82
2.7. Hasil Penelitian yang Relevan	84
2.8. Kerangka Berfikir.....	86
BAB III. METODE PENELITIAN <i>TRIAL AND ERROR</i>	89
3.1. Metode dan Dasar Penelitian	89
3.2. Obyek Penelitian	89
3.3. Prosedur Penelitian.....	90
3.3.1. Mulai.....	91
3.3.2. Observasi	91
3.3.3. Desain Alat	92
3.3.4. Validasi Desain.....	107
3.3.5. Pembuatan Modul.....	108
3.3.6. Uji Coba Laboratorium.....	109
3.3.8. Simulasi Kelas Terbatas	109
3.4. Lokasi Penelitian.....	110
3.5. Pengumpulan Data	110
3.6. Analisis Data	113
BAB IV. PEMBAHASAN	115
4.1. Hasil Penelitian Alat Penyortir Logam	115
4.1.1. Uji Coba Laboratorium.....	116
4.1.2. Data Simulasi Kelas Terbatas.....	121

4.2. Analisis Data	122
4.3. Pembahasan.....	133
4.3.1. Pembahasan Uji Coba Laboratorium.....	133
4.3.2. Pembahasan Simulasi Kelas Terbatas	134
BAB V. PENUTUP	141
5.1. Kesimpulan	141
5.2. Saran.....	141
DAFTAR PUSTAKA	142
LAMPIRAN	144

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Penggerak Kontrol Arah	60
Tabel 3.1. Garis Besar Isi Modul	107
Tabel 3.2. Alat dan Bahan Perancangan	108
Tabel 3.3. Pedoman Skala <i>Likert</i> secara Umum	112
Tabel 3.4. Range Persentase dan Kriteria Kualitatif	114
Tabel 4.1. Uji Tegangan <i>Power Suplly</i>	118
Tabel 4.2. Pengujian Kesesuaian Buku Petunjuk dengan Trainer	118
Tabel 4.3. Materi Pertanyaan Indikator pada Angket	119
Tabel 4.4. Data Angket Kriteria Manfaat.....	122
Tabel 4.5. Data Angket Kriteria Kemudahan.....	125
Tabel 4.6. Data Angket Kriteria Kinerja.....	127
Tabel 4.7. Data Angket Kriteria Tampilan	129
Tabel 4.8. Analisis Persentase Keberterimaan Modul	131

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Waktu <i>Transient</i> dan Waktu <i>Steady-State</i>	28
Gambar 2.2. Sistem Kontrol Lingkar Terbuka.....	31
Gambar 2.3. Sistem Kontrol Lingkar Tertutup	32
Gambar 2.4. Blok Diagram Sistem Kontrol PID	36
Gambar 2.5. Tanggapan Sistem terhadap Aksi Kontrol Proporsional.....	37
Gambar 2.6. Tanggapan Sistem terhadap Aksi Kontrol P-D.....	38
Gambar 2.7. Tanggapan Sistem terhadap Aksi Kontrol P-I.....	39
Gambar 2.8. Tanggapan Sistem terhadap Aksi Kontrol P-I-D	40
Gambar 2.9. Sistem Kontrol secara Lengkap.....	42
Gambar 2.10. Diagram Blok PLC.....	47
Gambar 2.11. Simbol Komponen Kompresor.....	53
Gambar 2.12. Simbol Tangki Udara dan Tangki Udara	54
Gambar 2.13. Simbol <i>Air Service Unit</i> dan FRL	55
Gambar 2.14. Katup <i>2/2 way</i>	57
Gambar 2.15. Katup <i>3/2 way</i>	57
Gambar 2.16. Katup <i>5/2 way</i>	58
Gambar 2.17. Katup <i>5/3 way</i>	59
Gambar 2.18. Simbol Katup Searah dan Katup Penyearah	61
Gambar 2.19. Simbol dan Model Katup Pengontrol Aliran 1 Arah.....	62
Gambar 2.20. Simbol dan Model Katup Pengontrol Tekanan.....	63
Gambar 2.21. Simbol dan Model Silinder Kerja Tunggal	64
Gambar 2.22. Simbol dan Model Silinder Kerja Ganda	65
Gambar 2.23. Simbol dan Model Silinder Geser	65

Gambar 2.24. Simbol Penjepit (<i>Clamp</i>).....	66
Gambar 2.25. Simbol Motor Pneumatik	66
Gambar 2.26. Selang Udara	67
Gambar 2.27. Sambungan / <i>Fitting</i>	68
Gambar 2.28. Simbol dan Bentuk <i>Silincer</i>	68
Gambar 2.29. <i>Reed Switch</i>	69
Gambar 2.30. <i>Pressure Switch</i>	69
Gambar 2.31. <i>Vacuum Switch</i>	70
Gambar 2.32. <i>Vacuum Pad</i>	70
Gambar 2.33. Debit Aliran Udara dalam Pipa	71
Gambar 2.34. Arah Kecepatan Piston pada saat Maju dan Mundur	72
Gambar 2.35. Arah Gaya Piston saat Maju dan Mundur	72
Gambar 2.36. Arah Aliran Udara saat Piston Maju dan Mundur	73
Gambar 2.37. Sensor <i>Proximity</i> Induktif	77
Gambar 2.38. Motor DC	79
Gambar 2.39. Sistem Gerak Susunan Roda Langsung	83
Gambar 2.40. Sistem Gerak Roda Susunan Tidak Langsung	83
Gambar 2.41. Kerangka Berfikir.....	88
Gambar 3.1. Diagram Alir Prosedur Penelitian	90
Gambar 3.2. Tahapan Desain Alat Penyortir Logam.....	92
Gambar 3.3. Blok Sistem Perancangan Alat Penyortir Logam.....	92
Gambar 3.4. <i>Flowchart</i> Alat Penyortir Logam	93
Gambar 3.5. Desain <i>Box</i> Kendali PLC.....	94
Gambar 3.6. Desain <i>Layout Box</i> Kendali.....	95
Gambar 3.7. Desain Konveyor.....	96

Gambar 3.8. Desain Reduksi <i>Gear</i>	98
Gambar 3.9. Desain Penjepit Silinder Pneumatik.....	100
Gambar 3.10. Desain Dudukan Sensor	101
Gambar 3.11. Rancangan Rangkaian <i>Power Supply</i>	102
Gambar 3.12. Implementasi Program <i>ON/OFF</i>	103
Gambar 3.13. Implementasi Program <i>Stand-By</i>	104
Gambar 3.14. Implementasi Program Non-Logam.....	104
Gambar 3.15. Implementasi Program Deteksi Logam.....	105
Gambar 3.16. Implementasi Program <i>END</i>	105
Gambar 4.1. Hasil Perancangan Alat Penyortir Logam.....	115
Gambar 4.2. Diagram Batang Keberterimaan Trainer	134

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Instrumen Penelitian	143
Lampiran 2. Silabus Dasar Sistem Kontrol.....	147
Lampiran 3. Buku Panduan Praktik	150

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di era industri modern sekarang ini semakin pesat, 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).

Pada saat ini sudah banyak industri yang menggunakan 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 konveyor hanya dapat digunakan untuk barang dengan jenis yang sama (satu konveyor untuk satu jenis barang), misalnya pada saat proses pengepakan terdapat barang berupa logam dan non-logam, namun konveyor tidak bisa membedakan mana barang logam dan non-logam sehingga terjadilah masalah dimana konveyor 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.

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.

Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro UNNES merupakan mahasiswa yang telah dipersiapkan untuk menjadi calon pendidik atau guru yang mampu menguasai cabang ilmu teknik elektro dengan baik di (Sekolah Menengah Kejuruan) SMK. Sarjana Program Studi Pendidikan Teknik Elektro tidak hanya dituntut untuk memiliki keterampilan praktis, namun juga dituntut untuk memiliki kemampuan dalam menyampaikan materi kepada peserta didik. Salah satu usaha pihak UNNES dalam mempersiapkan mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro sebagai calon pendidik yaitu dengan menawarkan mata kuliah Praktik Pengalaman Lapangan (PPL) dalam Sistem Akademik Terpadu (Sikadu) yang dilakukan di lingkungan sekolah, sehingga mahasiswa PPL maupun lulusan sarjana pendidikan memiliki bekal menjadi calon pendidik setelah lulus dari Universitas Negeri Semarang.

Tanpa adanya persiapan seperti itu, dikhawatirkan mahasiswa PPL atau sarjana pendidikan mengalami kesulitan dalam mengajar bahkan tidak berani untuk mengajar praktik pada mata pelajaran sistem kontrol di dunia pendidikan, khususnya di Sekolah Menengah Kejuruan pada jurusan Teknik Otomasi Industri. Maka dari itu perlu dirancangnya suatu media pembelajaran berupa trainer sistem kontrol yang mampu membantu mahasiswa dalam mempersiapkan diri untuk menjadi calon pendidik atau guru.

Mengingat begitu pentingnya fungsi dari sistem kontrol di era modern ini, maka sudah sewajarnya jika mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang (UNNES) dituntut untuk mampu memahami tentang sistem kontrol beserta aplikasinya. Dengan adanya mata kuliah dasar sistem kontrol merupakan sebuah solusi dari kenyataan di atas yang ditawarkan dari Sistem Akademik Terpadu oleh pihak UNNES terhadap mahasiswa Teknik Elektro.

Akan tetapi di laboratorium Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, UNNES, baik dari pihak dosen maupun mahasiswa merasakan masih kurang tersedianya peralatan, bahan serta variasi aplikasi pada proses pembelajaran mata kuliah Dasar Sistem Kontrol. Di samping itu, faktor lain yang mempengaruhi keadaan sebenarnya di dunia pendidikan ilmu kejuruan bahwa pembelajaran secara teori lebih dominan daripada praktikum. Walaupun pada dasarnya teori merupakan pengantar sebagai bekal pengetahuan sebelum melakukan kegiatan praktikum, tanpa pengantar berupa teori akan berakibat fatal saat praktikum. Akan tetapi pada pelaksanaannya, yaitu di lingkungan pendidikan terdapat sedikit pergeseran antara teori dan praktikum, sehingga menimbulkan rasa bosan dan kurang antusiasnya para mahasiswa dalam belajar. Salah satu solusi untuk mengatasi kondisi tersebut adalah perlu dibuatnya suatu media pembelajaran untuk kegiatan praktikum mahasiswa di laboratorium.

Berdasarkan masalah-masalah di atas, maka penulis mengembangkan dan mengimplementasikan salah satu dari aplikasi sistem kontrol sebagai skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun Trainer Alat Penyortir Barang Logam dan Non Logam Sebagai Media Pembelajaran pada Mata Kuliah Dasar Sistem Kontrol”**.

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..

Beberapa alasan yang menjadi pemicu pergeseran tenaga manusia menjadi teknologi modern adalah : (1) jaminan efektifitas dalam proses produksi di industri, (2) mampu meminimalisir faktor *human error*, dan (3) kemudahan dalam *trouble-shooting* sistem kontrol.

Di samping itu, beberapa faktor rendahnya pemahaman mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro UNNES terhadap sistem kontrol merupakan : (1) secara umum di dunia pendidikan pembelajaran teori lebih dominan daripada praktikum, (2) minimnya media pembelajaran sistem kontrol di laboratorium Teknik Elektro yang berakibat rendahnya kreatifitas dan antusias mahasiswa dalam mengikuti kegiatan perkuliahan, dan (3) mahasiswa belum mampu menerapkan secara langsung mengenai cara kerja dari sistem kontrol, apabila tidak berikan contoh penerapan sistem kontrol secara nyata.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada 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 alat berupa alat penyortir logam dan non-logam secara otomatis.
2. Komponen kontrol utama yang digunakan pada alat ini yaitu menggunakan PLC Omron CP1E-E20SDR-A dengan kapasitas 20 I/O.
3. Sensor yang digunakan pada proses penyortiran logam yaitu dengan menggunakan sensor *proximity* induktif dari Omron dengan tipe E2A-M12KS04-WP-B1 dengan ketelitian jarak 4 mm dengan keluaran PNP NO (*Normally Open*).
4. Komponen penyortir menggunakan silinder pneumatik dari Chelic dengan jenis *double acting cylinder* dan ukuran 16-50 mm.
5. Hasil perancangan alat digunakan sebagai media pembelajaran yang dikonsentrasikan pada mata kuliah Dasar Sistem Kontrol.

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 alat yang berfungsi untuk melakukan tugas penyortiran benda logam dan non-logam secara otomatis ?
2. Bagaimana cara membuat alat penyortir logam dan non logam sebagai media pembelajaran ?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah :

1. Menghasilkan sebuah alat berupa alat penyortir logam dan non-logam menggunakan piranti PLC.
2. Menghasilkan sebuah media pembelajaran pada mata kuliah Dasar Sistem Kontrol.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan harapan memberikan manfaat, diantaranya :

1. Dapat digunakan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah Dasar Sistem Kontrol oleh mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang.

2. Hasil penelitian dapat menjadi masukan yang berarti bagi pihak Jurusan Teknik Elektro untuk mengembangkan media pembelajaran guna meningkatkan pemahaman dan mutu hasil belajar para mahasiswa, pada khususnya untuk mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro.
3. Mahasiswa mampu memahami prinsip kerja dari sistem kontrol serta mengetahui berbagai aplikasi penerapannya.
4. Hasil penelitian dapat menjadi bahan acuan bagi mahasiswa atau umum untuk mengadakan pengembangan dan penelitian sesuai dengan disiplin ilmu masing-masing.
5. Menambah wawasan dan pengalaman bagi peneliti/penulis.

1.7 Penegasan Istilah

Untuk menghindari penafsiran yang berbeda tentang penelitian ini, diberikan beberapa penjelasan istilah sebagai berikut :

1. 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, 2002).

2. Bangun

Bangun merupakan suatu kegiatan menciptakan sistem baru maupun mengganti atau memperbaiki sistem yang telah ada baik secara keseluruhan maupun sebagian, (Pressman, 2002).

3. Alat

Alat merupakan benda yang di gunakan untuk mengerjakan sesuatu yang berfungsi untuk mempermudah pekerjaan manusia.

4. Penyortir

Penyortir merupakan suatu alat yang digunakan untuk memilih atau memilah antara benda atau komponen yang diperlukan dan yang tidak diperlukan.

5. Logam

Logam adalah unsur kimia yang memiliki sifat kuat, keras, liat, yang mana merupakan unsur penghantar panas dan listrik, serta mempunyai titik lebur tinggi.

6. Media pembelajaran

Media pembelajaran adalah segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan dari pengirim ke penerima, sehingga dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian dan minat siswa sehingga proses belajar terjadi, (Arief S. Sadiman, 2010 : 6-7).

Berdasarkan penegasan istilah di atas, penulis/perancang bermaksud untuk menciptakan suatu alat penyortir yang mampu memisahkan benda logam dan non-logam secara otomatis yang akan digunakan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah dasar sistem kontrol.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Media Pembelajaran

2.1.1 Pengertian Media Pembelajaran

Kata “media” merupakan bentuk jamak dari kata “*medium*” yang berasal dari bahasa Latin yang berarti perantara. Pengertian lebih lanjut tentang media yaitu sesuatu yang membawa informasi dari sumber untuk diteruskan kepada penerima. Maka media pembelajaran dapat diartikan sebagai suatu alat atau bahan yang mengandung informasi atau pesan pembelajaran, (Marissa, 2012 : 6). Penggunaan media dalam hal ini bertujuan untuk memperlancar jalannya komunikasi dalam proses pembelajaran.

Media secara harfiah berarti: perantara, peralatan, tempat, sarana, prasarana. Media pembelajaran yaitu berbagai jenis sumber daya di sekolah dan lingkungan sekitar yang dapat dimanfaatkan dalam proses pembelajaran untuk mendorong, memperjelas, dan memelihara aktifitas belajar aktif dan produktif. Bentuk media pembelajaran: benda, peralatan, sarana, makhluk hidup, benda mati, media cetak, rekaman (Riyana, 2012: 9).

Media pembelajaran adalah alat bantu proses belajar mengajar yang terdiri atas dua unsur yaitu unsur peralatan atau perangkat keras (*hardware*) dan unsur pesan yang dibawanya (*message/software*) guna untuk merangsang pikiran, perasaan, perhatian dan kemampuan atau keterampilan siswa sehingga dapat mendorong terjadinya proses belajar, (Rudi Susilana, 2009 : 07).

Media pembelajaran merupakan wadah dari pesan, materi yang ingin disampaikan adalah pesan pembelajaran, tujuan yang ingin dicapai ialah proses pembelajaran. Selanjutnya penggunaan media secara kreatif akan memperbesar kemungkinan bagi siswa untuk belajar lebih banyak, mengingat apa yang dipelajarinya lebih baik, dan meningkatkan penampilan dalam melakukan keterampilan sesuai dengan yang menjadi tujuan pembelajaran (Brown, 2005 : 7).

Berdasarkan beberapa pengertian media pembelajaran di atas, maka dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran merupakan suatu sarana untuk menyampaikan materi pelajaran kepada peserta didik sehingga mampu meningkatkan minat untuk mencapai hasil belajar yang baik.

2.1.2 Macam-Macam Media Pembelajaran

Terdapat beberapa jenis dari media pembelajaran yang digunakan pada proses pembelajaran baik dua dimensi maupun tiga dimensi, yaitu sebagai berikut :

Ada beberapa jenis media pembelajaran yang biasa digunakan dalam proses belajar mengajar, yaitu :

1. Media Grafis

Dalam bahasa Yunani, *graphikos* mengandung pengertian melukiskan atau menggambarkan garis-garis. Sebagai kata sifat, *graphics* diartikan sebagai penjelasan yang hidup, uraian yang kuat, atau penyajian yang efektif.

Media Grafis didefinisikan sebagai media yang dapat mengkombinasikan fakta dan gagasan secara jelas dan kuat melalui suatu perpaduan antara pengungkapan kata-kata dan gambar. Media Grafis sangat memadai untuk menyampaikan informasi dalam bentuk rangkuman yang dipadatkan. Jenis-jenis media grafis yang dapat dimanfaatkan dalam pembelajaran memiliki keunikan tertentu di dalam penerapan intruksionalnya.

Beberapa jenis media grafis antara lain:

a. Bagan

Bagan merupakan kombinasi antara media grafis dan gambar foto yang dirancang untuk memvisualisasikan secara logis dan teratur mengenai fakta pokok atau gagasan. Fungsi utama dari bagan yaitu menunjukkan hubungan, perbandingan, jumlah relatif, perkembangan, proses, klasifikasi, dan organisasi.

b. Diagram

Diagram merupakan suatu gambaran sederhana yang dirancang untuk memperlihatkan hubungan timbal balik terutama dengan garis-garis.

Pada penelitian Malter memberikan implikasi, bahwa diagram-diagram dan bahan-bahan yang sama untuk karakter abstrak menghendaki kecermatan sebelum digunakan secara efisien dalam pengajaran.

c. Grafik

Grafik dapat didefinisikan sebagai penyajian data berangka, yang artinya grafik merupakan keterpaduan yang lebih menarik dari sejumlah tabulasi data yang tersusun dengan baik. Ada beberapa macam grafik yaitu : grafik garis, grafik batang, grafik lingkaran (piring) dan grafik bergambar.

d. Poster

Poster merupakan gagasan yang dicetuskan dalam bentuk ilustrasi gambar yang disederhanakan yang dibuat dalam ukuran besar, yang bertujuan untuk menarik perhatian, membujuk, memotivasi, dan memperingatkan pada gagasan pokok tertentu.

e. Kartun

Kartun adalah penggambaran dalam bentuk lukisan atau karikatur tentang orang, gagasan, atau situasi yang didesain untuk mempengaruhi opini masyarakat. Kartun memiliki kegunaan seperti : untuk memotivasi, sebagai ilustrasi, dan untuk kegiatan siswa.

f. Komik

Komik merupakan suatu bentuk kartun yang mengungkapkan karakter dan memerankan suatu cerita dalam urutan yang erat dihubungkan dengan gambar yang dirancang untuk memberikan hiburan kepada para pembaca.

Komik pertama kali digunakan sebagai pengobar dari peristiwa perang surat kabar antara William Randolph dengan Joseph Pulitzer pada pertengahan tahun 1980-an.

2. Media Gambar Fotografi

Gambar fotografi merupakan salah satu media pembelajaran yang amat dikenal dalam setiap kegiatan pembelajaran. Hal ini disebabkan kesederhanaannya, tanpa memerlukan perlengkapan, dan tidak perlu diproyeksikan untuk mengamatinya.

Gambar fotografi termasuk dalam gambar tetap atau *still picture* yang terdiri dari dua kelompok, yaitu : pertama *flat opaque picture* atau gambar datar dan tidak tembus pandang, misalnya gambar fotografi, gambar dan lukisan tercetak. Kedua adalah *transparent picture* atau gambar yang tembus pandang. Misalnya *film slide, film stripes, dan transparencies*.

Gambar fotografi bisa dipergunakan baik untuk tujuan pengajaran individual, kelompok kecil, maupun untuk kelompok besar yang dibantu dengan proyektor opek atau *opaque projector*.

Menurut Edgar Dale, gambar fotografi dapat mengubah tahap-tahap pengajaran, dari lambang kata (*verbal symbols*) beralih menjadi tahapan yang lebih konkret yaitu lambang visual (*visual symbols*).

Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari gambar fotografi dalam hubungannya dengan kegiatan pengajaran, yaitu :

- a. Mudah digunakan, karena lebih praktis.
- b. Harga yang relatif murah dari pada jenis media pengajaran lainnya.
- c. Gambar fotografi dapat digunakan untuk berbagai jenjang pendidikan dan disiplin ilmu.
- d. Mampu menerjemahkan konsep yang abstrak menjadi lebih realistis.

Sedangkan beberapa kelemahan-kelemahan yang ada pada media gambar fotografi ini, yaitu :

- a. Beberapa gambarnya sudah cukup memadai akan tetapi tidak cukup besar ukurannya bila dipergunakan untuk tujuan pengajaran dalam kelompok besar, kecuali bila diproyeksikan dengan proyektor opek.
- b. Gambar fotografi adalah berdimensi dua, sehingga akan sukar untuk melukiskan bentuk sebenarnya yang berdimensi tiga.
- c. Gambar fotografi bagaimanapun indahnya tetap tidak memperlihatkan gerak seperti halnya gambar hidup.

3. Media Proyeksi

Terdapat beberapa jenis media proyeksi, yaitu sebagai berikut:

a. OHP

Overhead Projector (OHP) merupakan jenis perangkat keras yang sangat sederhana, terdiri atas sebuah kotak dengan bagian atasnya sebagai landasan yang luas untuk meletakkan materi pembelajaran. Cahaya yang amat kuat menyorot dari dalam kotak kemudian dibiaskan oleh sebuah lensa khusus, yaitu lensa *fresnel*, melewati sebuah transparan ukuran 20 x 25 cm yang ditempatkan di atas landasan tersebut.

Manfaat media OHP dalam pembelajaran antara lain untuk mempertahankan komunikasi tatap muka sehingga guru mudah mengontrol siswa selama dia mengajar. Mudah dipergunakan dan praktis, karena dapat dipakai di tempat yang terang, cocok untuk semua ukuran kelas.

b. *Slide* dan *Film Strip*

Slide adalah gambar transparan dalam bentuk positif karya fotografi atau tangan sendiri, dalam ukuran 2 x 2 inci (5 x 5 cm) yang diproyeksikan pada *layer*, untuk keperluan belajar mandiri, belajar kelompok atau belajar di kelas.

Operasi *slide* dapat pula disertai suara ataupun tanpa suara. Penggunaan film *strips* hampir sama dengan penggunaan *slide*. Perbedaannya *slide* dalam bentuk *frame* sedangkan film *strips* dalam bentuk film beruntun yang disatukan antara gambar satu dengan gambar berikutnya.

Penggunaan *slide* dan film *strips* dapat membangkitkan motivasi belajar, merangsang minat siswa dalam meneliti bahan pelajaran lebih jauh.

4. Media Audio

Sejak tahun 1898, suara direkam dalam berbagai bahan seperti : kawat baja, pita magnetis, pita plastik, ataupun CD. Riwayat pemanfaatan media audio dimulai pada awal abad 20, dimana rekaman suara dalam bentuk fonograf telah digunakan di sekolah-sekolah di Inggris untuk mempelajari bahasa Prancis, (Marissa, 2012 : 130)

Pengertian media audio untuk pembelajaran, dimaksudkan sebagai bahan yang mengandung pesan dalam bentuk *auditif* (pita suara atau piringan suara), yang dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian dan kemauan siswa, sehingga terjadi proses belajar mengajar.

Masih ada lagi dua media audio yang disalurkan melalui telekomunikasi yang sedikit banyak digunakan dalam pendidikan, yaitu radio dan telepon. Radio mempunyai sejarah yang panjang dalam siaran pendidikan, sedangkan telepon baru saja dipergunakan melalui kuliah jarak jauh (*telelecture*) atau teknik jaringan penerimaan yang diperluas (*amplified receiver technique*).

Ada beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari jenis media ini, antara lain :

- a. Dapat diputar berulang-ulang
- b. Dapat dipelajari sewaktu-waktu.
- c. Mampu melatih daya ingat untuk mengungkapkan kembali gagasan cerita yang telah disimak
- d. Melatih diri dalam memisahkan informasi yang relevan dari yang tak relevan
- e. Melatih ekspresi dan daya analisis peserta didik.

5. Media Tiga Dimensi

Media tiga dimensi merupakan benda nyata (*real life materials*). Penggunaan benda nyata dalam proses belajar mengajar bertujuan untuk memperkenalkan suatu unit pelajaran tertentu, proses kerja suatu objek studi tertentu, atau bagian-bagian serta aspek-aspek lain yang diperlukan.

Media tiga dimensi sering pula disebut media realia. Media realia merupakan semua objek dalam kehidupan nyata yang dibawa ke dalam situasi pembelajaran. Kata realia juga merujuk kepada benda tiga dimensi dari kehidupan nyata, baik yang dibuat oleh manusia maupun benda yang sudah ada secara alamiah. Penggunaan realia dalam pembelajaran dimaksudkan untuk

membantu siswa agar dapat belajar lebih efektif melalui benda asli atau peristiwa dari kehidupan sehari-hari, (Marissa, 2012 : 102).

Media tiga dimensi yang sering digunakan dalam pembelajaran adalah media tiga dimensi berupa model, (Sudjana, 2013 : 156). Model yaitu tiruan tiga dimensional dari beberapa objek nyata yang terlalu besar, terlalu kecil, terlalu mahal, terlalu jarang, atau terlalu ruwet untuk dibawa ke dalam kelas dan dipelajari siswa dalam wujud aslinya.

Model dapat dikelompokkan dalam enam kategori, yaitu sebagai berikut :

- a. Model padat (*solid model*),
- b. Model penampang (*cutaway model*),
- c. Model susun (*build-up*),
- d. Model kerja (*working model*),
- e. Diorama yaitu sebuah pemandangan tiga dimensi mini bertujuan untuk menggambarkan pemandangan sebenarnya.
- f. *Mock-up* yaitu suatu penyederhanaan susunan bagian pokok dari suatu proses atau sistem yang lebih rumit. Susunan nyata dari bagian bagian pokok itu diubah sehingga aspek aspek utama dari suatu proses mudah dimengerti. *Mock-up* memiliki beberapa tahap dalam pembuatannya, secara garis besar prosedur pembuatan media *mock-up* ada tiga tahap, yaitu; tahap pra produksi, tahap produksi, tahap pasca produksi.

2.1.3 Pemilihan Media Pembelajaran

Menurut Ely yang dikutip oleh Sadiman, dkk (1993), pemilihan media (*by utilization*) tidak terlepas dari konteksnya, yaitu bahwa media merupakan komponen penting dari sistem instruksional. Meskipun tujuan dan isinya sudah diketahui, faktor-faktor lain seperti karakteristik siswa, strategi pembelajaran, alokasi waktu, sumber dan prosedur penilaiannya juga perlu dipertimbangkan, (Kustiono, 2009: 12)

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan guru dalam penggunaan media pembelajaran untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Dalam pemilihan penggunaan media untuk kepentingan pembelajaran, sebaiknya memperhatikan kriteria-kriteria sebagai berikut :

1. Ketepatannya dengan tujuan pembelajaran, artinya media pembelajaran dipilih atas dasar tujuan-tujuan instruksional yang telah ditetapkan. Tujuan-tujuan instruksional yang berisikan unsur pemahaman, aplikasi, analisis, dan sintesis untuk lebih memungkinkan digunakannya media pembelajaran.
2. Dukungan terhadap isi bahan pembelajaran, artinya bahan pembelajaran yang sifatnya fakta, prinsip, konsep, dan generalisasi sangat memerlukan bantuan media untuk lebih mudah dipahami oleh peserta didik.

3. Kemudahan memperoleh media, artinya media yang diperlukan mudah diperoleh, setidaknya mudah dibuat oleh guru pada waktu mengajar.
4. Keterampilan guru dalam menggunakannya, artinya apapun media yang diperlukan syarat utamanya adalah guru mampu menggunakannya dalam proses pembelajaran. Nilai dan manfaat yang diharapkan bukan berasal dari media, tetapi dampak dari penggunaannya oleh guru pada saat terjadinya interaksi belajar.
5. Tersedia waktu untuk menggunakannya, artinya media dapat bermanfaat bagi peserta didik selama proses pembelajaran berlangsung.
6. Sesuai dengan taraf berpikir peserta didik, artinya pemilihan penggunaan media untuk pendidikan harus sesuai dengan taraf berpikir peserta didik, sehingga makna yang terkandung di dalamnya mampu dipahami dengan baik oleh peserta didik.

Dengan kriteria pemilihan media di atas, guru dapat lebih mudah menggunakan media mana yang dianggap tepat untuk membantu mempermudah tugas-tugasnya sebagai pengajar. Kehadiran media dalam proses pembelajaran tidak boleh dipaksakan sehingga mempersulit tugas guru.

2.1.4 Nilai dan Manfaat Media Pembelajaran

Media pembelajaran mampu mempertinggi proses belajar peserta didik dalam pembelajaran, yang diharapkan mampu meningkatkan hasil belajar yang dicapai. Terdapat beberapa alasan mengapa media pembelajaran mampu meningkatkan proses belajar peserta didik.

Alasan pertama berkaitan dengan manfaat media pada proses pembelajaran, antara lain :

1. Pembelajaran akan lebih menarik perhatian peserta didik, sehingga dapat menumbuhkan motivasi belajar.
2. Bahan pembelajaran akan lebih jelas maknanya, sehingga dapat dipahami oleh peserta didik dan memungkinkan peserta didik untuk menguasai tujuan pembelajaran lebih baik.
3. Metode pembelajaran akan lebih bervariasi, tidak semata-mata komunikasi konvensional melalui penuturan kata-kata oleh guru, sehingga peserta didik tidak bosan dan guru tidak kehabisan tenaga apalagi bila guru mengajar untuk setiap jam pelajaran.
4. Siswa lebih banyak melakukan kegiatan belajar, sebab tidak mendengar uraian guru, tetapi juga aktifitas lain, seperti mengamati, melakukan, mendemonstrasikan, dan lain-lain.

Alasan kedua mengapa penggunaan media pembelajaran mampu meningkatkan proses dan hasil belajar adalah berkenaan dengan taraf berpikir peserta didik. Taraf berpikir manusia mengikuti tahap perkembangan dari berpikir konkret menuju ke berpikir abstrak, dimulai dari berpikir sederhana menuju ke berpikir kompleks. Penggunaan media pembelajaran erat kaitannya dengan tahapan berpikir tersebut sebab melalui media pembelajaran, hal-hal yang abstrak dapat dikonkretkan dan hal-hal yang konkret dapat disederhanakan.

2.2 Teori Rancang Bangun

2.2.1. 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.

Berdasarkan pengertian di atas dapat diketahui bahwa rancang adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk mendesain sistem baru setelah menentukan proses dan data yang diperlukan.

2.2.2. 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.

2.2.3. 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.

2.3 Sistem Kontrol

2.3.1 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 (Aris Triwiyatno, 2011 : 1). 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.

2.3.2 Karakteristik Sistem Kontrol

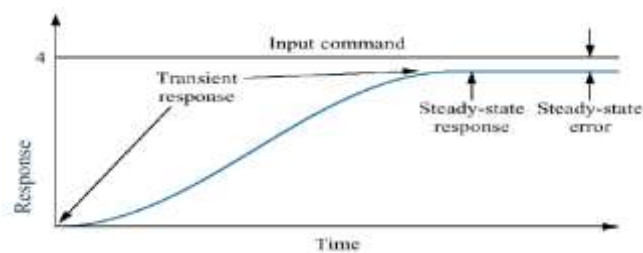
Beberapa karakteristik dasar sistem kontrol yaitu meliputi :

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.

2.3.3 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 Lingkak Terbuka dan Lingkak Tertutup

Sistem kontrol lingkak 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 Lingkak 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.

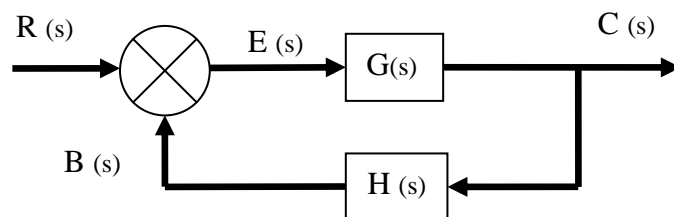
c. Proses

Merupakan proses dimana suatu variabel dikontrol

Karakteristik *open loop control system* yaitu :

- Tindakan pengendaliannya tidak tergantung dari *output* sistem.
- Tidak memberikan kompensasi/koreksi terhadap gangguan.
- Ketepatan hasil bergantung pada kalibrasi
- 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 :

$R_{(s)}$ = *Input Laplace Transform*

$C_{(s)}$ = *Output Laplace Transform*

$G_{(s)}$ = *Transfer function forword element*

$H_{(s)}$ = *TF. Feedback elemen*

$E_{(s)}$ = *Error sinyal*

$G_{(s)}H_{(s)}$ = *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* = sinyal dengan nilai yang diinginkan – sinyal dengan nilai sebenarnya yang terukur.

Jadi, jika keluarannya merupakan nilai yang diinginkan, maka tidak akan muncul sinyal *error*, sehingga tidak ada sinyal yang diumpankan 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:

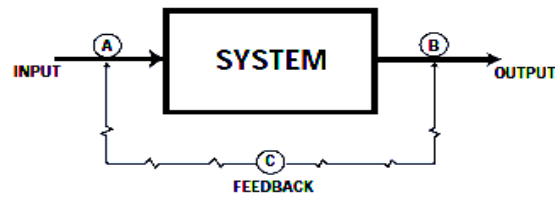
- a. Tindakan pengendaliannya tergantung dari *output* sistem (*feedback*).
- b. Mampu melakukan koreksi terhadap gangguan.
- c. Terdapat kemungkinan terjadi *over correction* sehingga sistem menjadi tidak stabil.
- d. Kompleks dan lebih mahal.

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

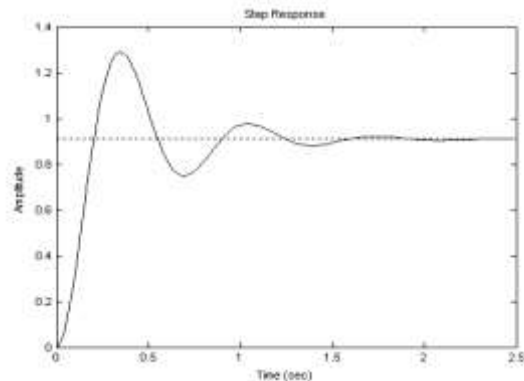
Hubungan antara sinyal kontrol dan *error* adalah: $u(t) = K_p e(t)$

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*.

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

Fungsi *transfer* dalam domain s:

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

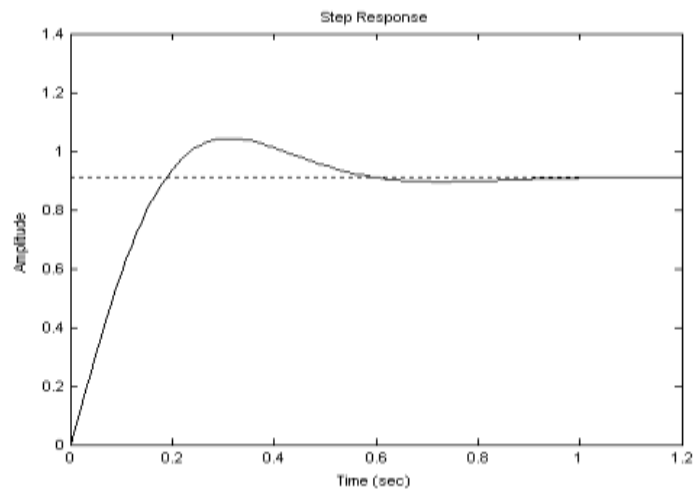
Jika $e(t)$ diduakalikan, maka kecepatan perubahan $u(t)$ adalah dua kali semula. Selama sinyal *error* masih ada, maka sinyal kontrol akan beraksi terus. Ketika sinyal *error* nol, $u(t)$ tetap stasioner. Dengan demikian, aksi kontrol integral akan menghilangkan *steady state error*. Artinya *output* 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 :

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

Tanggapan sistem ini diperlihatkan sebagai berikut :



Gambar 2.6. Tanggapan Sistem Terhadap Aksi Kontrol

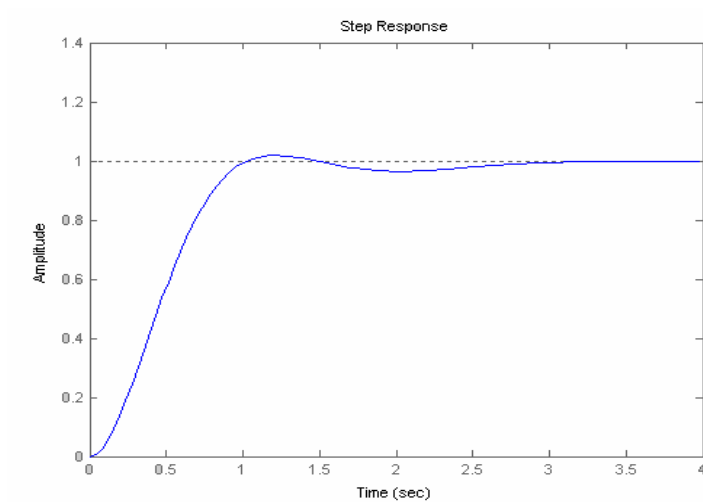
Proporsional Derivative

Pada grafik di atas terlihat bahwa penggunaan kontrol *Proporsional 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

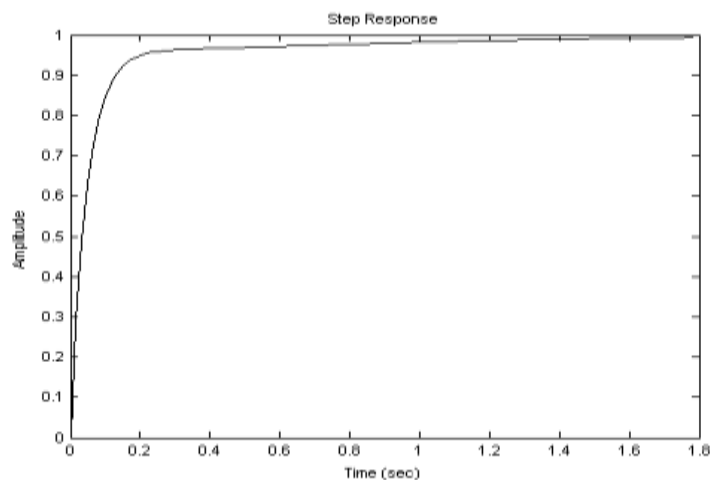
Proporsional Integral

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 .

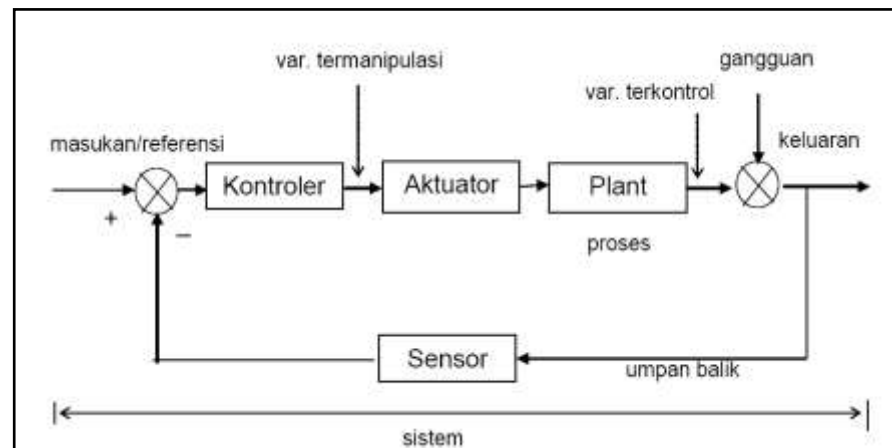
Sedangkan sistem kontrol diskrit merupakan sistem kontrol dimana satu atau lebih masukannya berubah secara diskrit terhadap waktu dan melibatkan fungsi-fungsi kontrol logika. Kontrol ini sering juga disebut dengan kontrol sekuensial (urutan). (Bolton, 2006 : 100).

4. Menurut sumber penggerak

- a. Elektrik
- b. Mekanik
- c. Pneumatik, dan
- d. Hidraulik.

2.3.4 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*.

2.3.5 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.

2.4 Programmable Logic Controller (PLC)

2.4.1 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)

2.4.2 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).

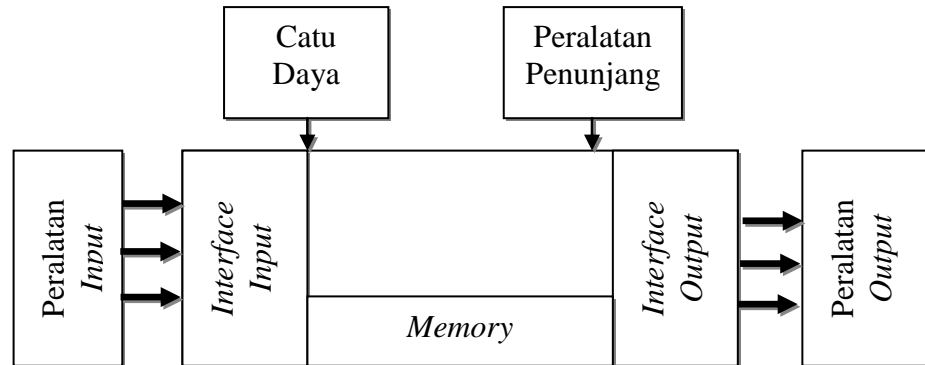
Programmable Logic Controller (PLC) adalah sebuah pengontrol berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi, seperti sekuensial, logika, pewaktuan, pencacahan, dan aritmatika untuk mengontrol mesin atau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

2.4.3 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.

2.4.4 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*

Power Supply berfungsi sebagai penyuplai daya ke semua komponen dalam PLC. Tegangan *power supply* untuk PLC adalah 220 V_{AC} atau 24 V_{DC}.

2. *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.

3. *Memory*

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

4. 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*.

5. Fasilitas Komunikasi

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

2.4.5 Fungsi PLC

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

2.4.6 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.

2.5 Pneumatik

2.5.1 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).

2.5.2 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 pneumatik sebagai sistem otomasi banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari yang meliputi penyusunan, pencengkaman, pencetakan, pengaturan arah benda, pemindahan (*transfer*), penyortiran sampai proses pengepakan barang.

2.5.3 Karakteristik Udara Kempa

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 kg/m³.
5. Udara tidak berwarna.

2.5.4 Komponen Pneumatik

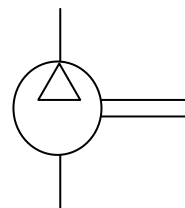
Beberapa komponen yang terdapat pada sistem pneumatik, (Hanif Said, 2012 : 39), meliputi :

1. Catu Daya

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

a. Kompresor

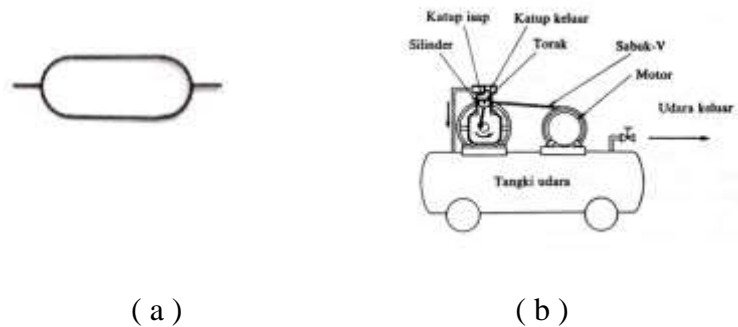
Kompresor digunakan untuk menghisap udara di atmosfer dan memampatkan serta menyimpannya dalam tangki penampungan hingga tekanan tertentu.



Gambar 2.11 Simbol Kompresor

b. 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.



Gambar 2.12

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

c. *Oil dan Water Trap*

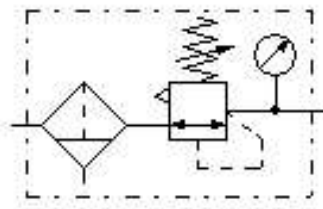
Oil dan Water Trap dalam sistem pneumatik berfungsi sebagai pemisah oli dan air dari udara yang masuk dari kompresor. Jumlah persentase air dalam udara yang masuk ke dalam sistem penumatik tergolong sangat kecil, namun dapat menjadi penyebab serius untuk tidak berfungsinya sistem.

d. *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*.

e. *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.



(a)



(b)

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 catu daya menuju beban atau elemen kerja.

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

Beberapa jenis katup yang terdapat pada sistem pneumatik, diantaranya :

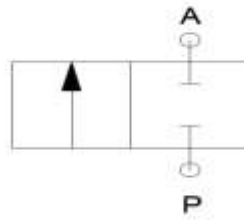
a. Katup Kontrol Arah

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.

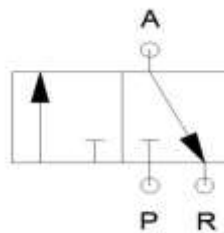


Gambar 2.14. Katup 2/2 way

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.



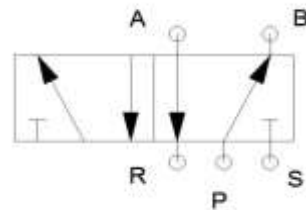
Gambar 2.15 Katup 3/2 way

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.



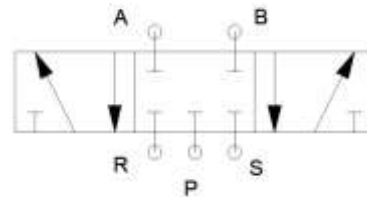
Gambar 2.16. Katup 5/2 way

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.



Gambar 2.17 Katup 5/3 way

Pada posisi kerja awal, udara bertekanan dari catudaya 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 catudaya 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..

Tabel 2.1 Penggerak Kontrol arah

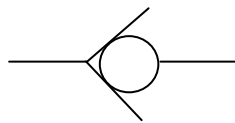
Jenis pengaktifan	Keterangan
Mekanik	
	Operasi tombol
	Tombol
	Operasi tuas
	Pedal kaki
	Pegas kembali
	Operasi rol
	Operasi rol satu arah
Pneumatik	
	Pengaktifan langsung pneumatik
	Pengaktifan tidak langsung pneumatik (pilot/pemandu)
Listrik	
	Operasi dengan solenoid tunggal
	Operasi dengan solenoid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

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*.



(a)



(b)

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

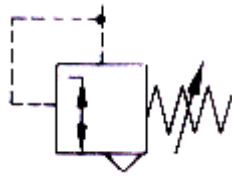
(a) Simbol Katup Pengontrol Aliran 1 Arah,

(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.



(a)



(b)

Gambar 2.20

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

f. *Vacuum Ejector dan Vacuum Generator*

Vacuum 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*.

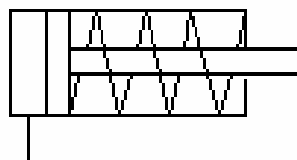
3. Elemen Kerja

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.



(a)



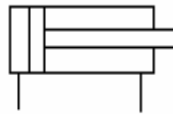
(b)

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.



(a)



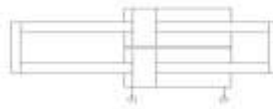
(b)

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.



(a)



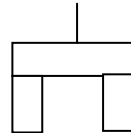
(b)

Gambar 2.23

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

d. Penjepit

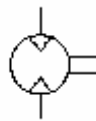
Penjepit atau *clamp* ini berfungsi untuk menjepit komponen. Jika mendapatkan suplai udara bertekanan, penjepit ini akan menjepit komponen.



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.

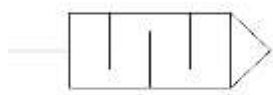
Gambar di bawah ini menunjukkan beberapa macam bentuk dari *fitting* tersebut.



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.



(a)



(b)

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

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*

g. *Vacuum Pad*

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



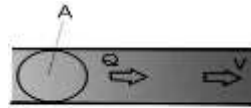
Gambar 2.32 *Vacuum Pad*

2.5.5 Perhitungan pada Pneumatik

Beberapa perhitungan pada sistem pneumatik :

1. Debit Aliran Udara

Udara yang melewati saluran dengan luas penampang $A \text{ (m}^2\text{)}$ dengan kecepatan udara mengalir $V \text{ (m/dtk)}$, maka akan memiliki debit aliran $Q \text{ (m}^3\text{/dtk)}$ sebesar $A \text{ (m}^2\text{)} \times V \text{ (m/dtk)}$.



Gambar 2.33 Debit Aliran Udara dalam Pipa

$$Q = A \times V$$

Dimana :

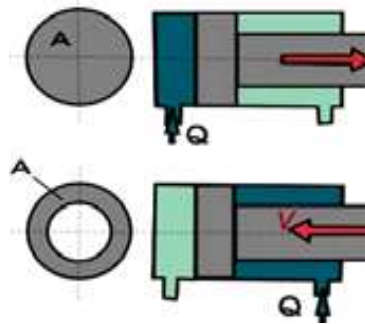
Q = Debit Aliran Udara

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

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

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

Dimana

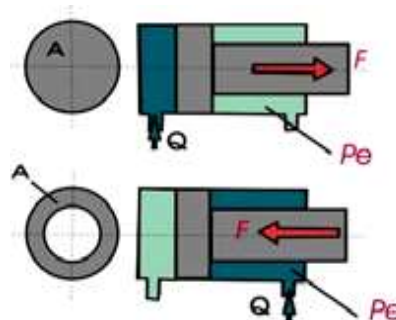
V = Kecepatan Piston (m/s)

Q = Debit Aliran Udara (liter/menit)

A = Luas Penampang Silinder (m^2)

$A_n = A - A_k$ (m^2)

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 = Gaya Piston (N)

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

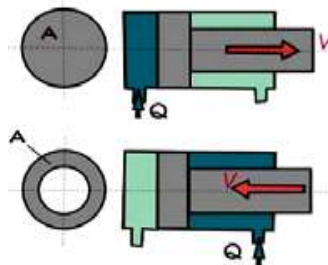
A = Luas Penampang Silinder (m^2)

A_n = $A - A_k$ (m^2)

A_k = Luas Batang Piston (m^2)

F_R = 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)

2.5.6 Kelebihan dan Kekurangan Pneumatik

Penggunaan pneumatik dalam proses produksi memiliki kelebihan bila dibandingkan 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 kedap udara agar kebocoran pada sistim udara bertekanan dapat ditekan seminimal mungkin.

2.6 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 :

2.6.1 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.

2.6.2 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 $B \cdot I \cdot L$, (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 terlampaui 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.

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

2.6.3 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).

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

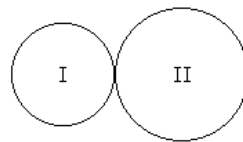
Secara umum hubungan kecepatan linear (V) dan kecepatan sudut (ω) dapat dinyatakan sebagai berikut :

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

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

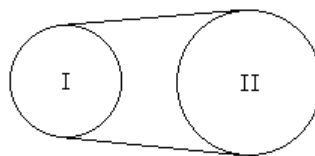
Pergerakan pada sistem ini adalah melalui persinggungan antara roda I dan roda II secara langsung. Maka dapat diketahui bahwa kecepatan linear roda I dan roda II adalah sama, sedangkan kecepatan sudutnya berbeda.



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

2.7 Hasil Penelitian yang Relevan

Hasil penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini adalah:

1. Setyo Budi Hartanto (2009)

Dari hasil penelitian yang berjudul “Penerapan Media Belajar untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPS Siswa Kelas V Labakrejo 03 Pasuruan “ menunjukkan bahwa penerapan media belajar dengan alat peraga benda konkrit dapat meningkatkan aktifitas dan hasil belajar siswa.

2. Septiawan Filtra Santosa. (2012)

Dari hasil penelitian yang berjudul “Simulator *Conveyor Belt* sebagai Media Pembelajaran pada Mata Pelajaran Kompetensi Kejuruan di SMK Negeri 2 Depok Sleman” menunjukkan bahwa terdapat perubahan minat dan hasil belajar siswa yang signifikan setelah menggunakan media pembelajaran Simulator *conveyor belt* tersebut dibandingkan pengajaran konvensional.

3. Ahmad Yusdi F (2013)

Dari hasil penelitian yang berjudul “Pembuatan Televisi Trainer sebagai Media Pembelajaran *Trouble-Shooting* Televisi Warna pada Siswa SMK Negeri 3 Tegal” menemukan bahwa terdapat pengaruh antara pembelajaran dengan menggunakan media pembelajaran (*hardware*) dan pembelajaran ceramah pada mata pelajaran memperbaiki sistem penerimaan televisi. Hasil belajar kelas yang menggunakan media

pembelajaran lebih baik dibandingkan kelas yang menggunakan pembelajaran konvensional.

4. Harun Mulyono (2014)

Dari hasil penelitian yang berjudul “Upaya Meningkatkan Prestasi Belajar Siswa Kelas V dengan Menggunakan Media Benda-Benda Konkrit pada Operasi Perkalian dalam Mata Pelajaran Matematika” menunjukkan bahwa dengan menggunakan benda-benda konkrit mampu meningkatkan kemampuan siswa dalam perkalian bilangan bulat.

2.8 Kerangka Berfikir

Pesatnya perkembangan ilmu dan teknologi di era industrial ini, banyak memunculkan peralatan-peralatan kontrol yang canggih. Mulai dari sistem kontrol yang *userly* sampai yang dapat diprogram sesuai dengan keinginan pengguna. Hal ini menyebabkan pergeseran tenaga manusia di dunia industri, karena semua pekerjaan manusia tergantung oleh sistem kontrol otomatis yang canggih yang mana menawarkan banyak keunggulan dan pertimbangan efisiensi penggunaan energi di industri.

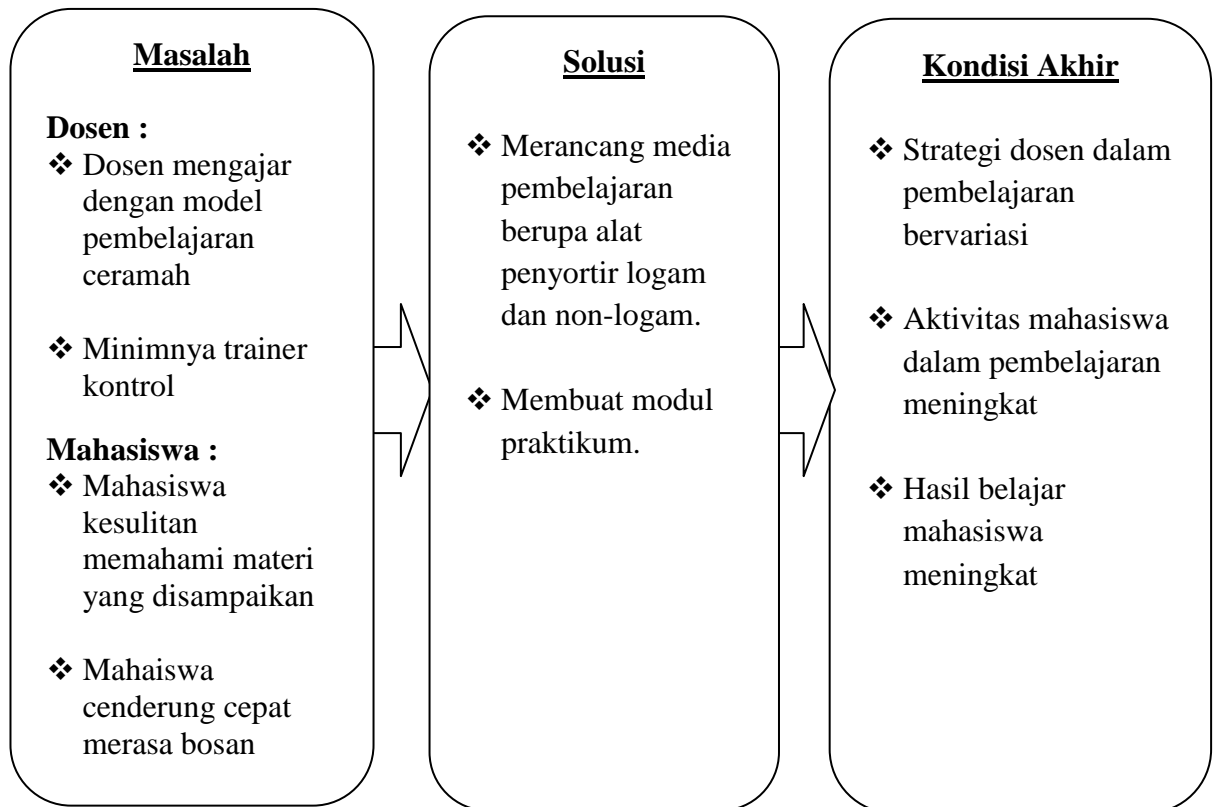
PLC merupakan salah satu materi pada mata kuliah Dasar Sistem Kontrol yang pada praktiknya sulit untuk dipahami oleh sebagian mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, yang mana PLC sudah banyak digunakan sebagai kontrol di industri dan juga merupakan salah satu materi pelajaran yang diajarkan pada Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Mengingat pentingnya peranan sistem kontrol pada era industrial ini, sudah selayaknya jika mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, UNNES dipersiapkan untuk menjadi tenaga pengajar di SMK yang mampu menguasai ilmu teori dan praktik sistem kontrol. Setidaknya mahasiswa harus mengetahui dasar-dasar pemrograman pada PLC sebagai penunjang keterampilan dan profesionalitasnya di bidang Teknik Elektro. Namun minimnya peralatan maupun variasi model dari sistem kontrol di Lab. Teknik Elektro UNNES ini menjadi suatu masalah bagi mahasiswa.

Di samping itu, mahasiswa menjadi cepat merasa bosan dalam kegiatan belajar mengajar. Hal ini dikarenakan mahasiswa belum mampu menafsirkan secara nyata tentang materi yang didapatkan dari pembelajaran konvensional atau ceramah. Kenyataan tersebut sangat berpengaruh terhadap pemahaman dan hasil belajar mahasiswa.

Atas dasar masalah ini, maka penulis merancang sebuah alat yang mampu melakukan tugas penyortiran benda logam menggunakan komponen pneumatik dan piranti kontrol PLC (*Programmable Logic Controller*) yang akan digunakan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah dasar sistem kontrol. Memaksimalkan penggunaan media dalam proses pembelajaran menggunakan benda nyata dan mengajarkan pembelajarannya secara bertahap. Hal tersebut diharapkan dapat meningkatkan keterampilan guru, aktifitas mahasiswa dan hasil belajar mahasiswa.

Berdasarkan kajian teori tersebut, maka dapat dibuat kerangka berpikir sebagai berikut :



Gambar 2.41 Kerangka Berfikir

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode dan Desain Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian rancang bangun alat penyortir logam dan non-logam ini, yaitu metode *trial and error* (coba dan salah). Metode *trial-error* merupakan metode yang menggali kebenaran atas suatu masalah melalui pengalaman langsung dengan melakukan serangkaian percobaan yang tidak sistematis hingga memperoleh hasil yang dinilai terbaik sehingga dapat dikatakan bahwa metode ini merupakan metode dengan pendekatan non-ilmiah.

Pedoman penilaian kesesuaian dan kelayakan modul berdasarkan hasil rancang bangun, masukan dari dosen pembimbing dan uji kelayakan oleh ahli. Untuk menghasilkan modul yang sesuai dan layak diterapkan sebagai penunjang kegiatan mata kuliah Dasar Sistem Kontrol maka penyusunan modul pembelajaran dilakukan dengan menggunakan metode literatur dengan mempertimbangkan perangkat pembelajaran (silabus) pada mata kuliah Dasar Sistem Kontrol.

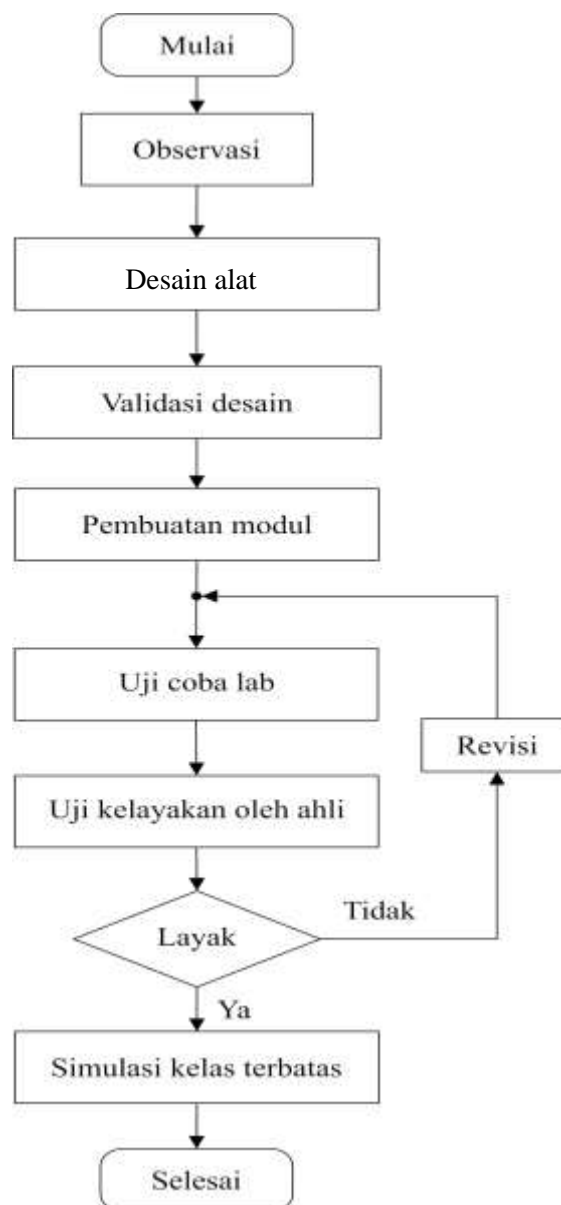
3.2 Obyek Penelitian

Penelitian ini bertujuan melakukan uji validasi terhadap kelayakan alat penyortir logam dan non-logam sebagai media pembelajaran yang dihasilkan. Proses uji validasi dilakukan pada mahasiswa mata kuliah Dasar

Sistem Kontrol, Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang. Sebelum uji produk terhadap mahasiswa, produk melalui tahap *review* dan tahap revisi oleh dosen pengampu mata kuliah Dasar Sistem Kontrol.

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan secara bertahap, yaitu sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.3.1 Mulai

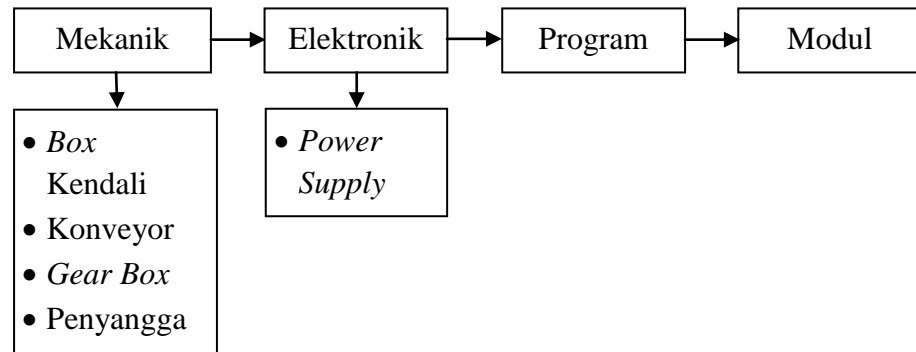
Tahap pertama penelitian yaitu menentukan rumusan masalah, solusi dan tujuan yang akan dicapai oleh peneliti. Tujuan dari penelitian ini berasal dari pemecahan masalah yang ingin diselesaikan melalui solusi. Pada tahap ini dimulai dengan menentukan judul penelitian yang kemudian disetujui oleh dosen pembimbing.

3.3.2 Observasi

Observasi merupakan tahap untuk mengkaji teori, studi lapangan dan membandingkan solusi yang ditawarkan terhadap solusi yang telah ada. Perbandingan solusi dilakukan dengan observasi terhadap solusi yang telah ada pada obyek penelitian ataupun solusi yang pernah dilakukan oleh peneliti lain. Solusi yang pernah dilakukan peneliti lain terhadap persoalan sejenis digunakan sebagai kajian pustaka penelitian. Dengan membandingkan solusi yang diharapkan dapat menghasilkan solusi yang lebih sesuai sebelum melakukan tahap selanjutnya. Setelah melakukan observasi, peneliti akan memperoleh kelemahan-kelemahan penelitian sejenis yang telah ada.

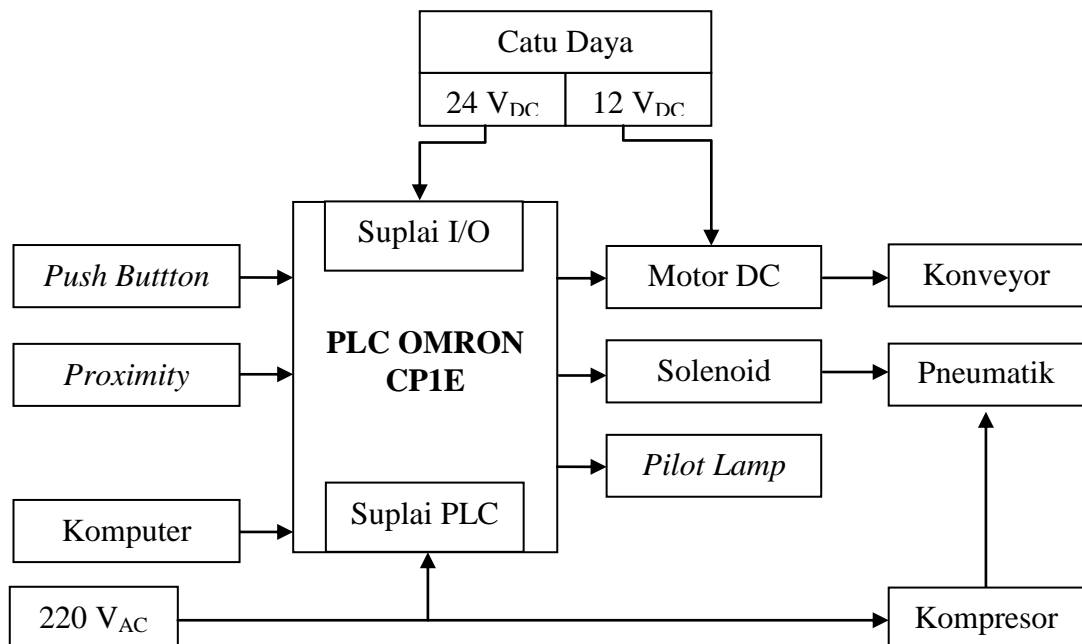
3.3.3 Desain Alat Penyortir Logam

Desain alat penyortir logam meliputi : penggambaran desain, penentuan komponen dan menentukan kegunaan. Tahapan-tahapan dalam desain alat penyortir barang logam yaitu sebagai berikut :



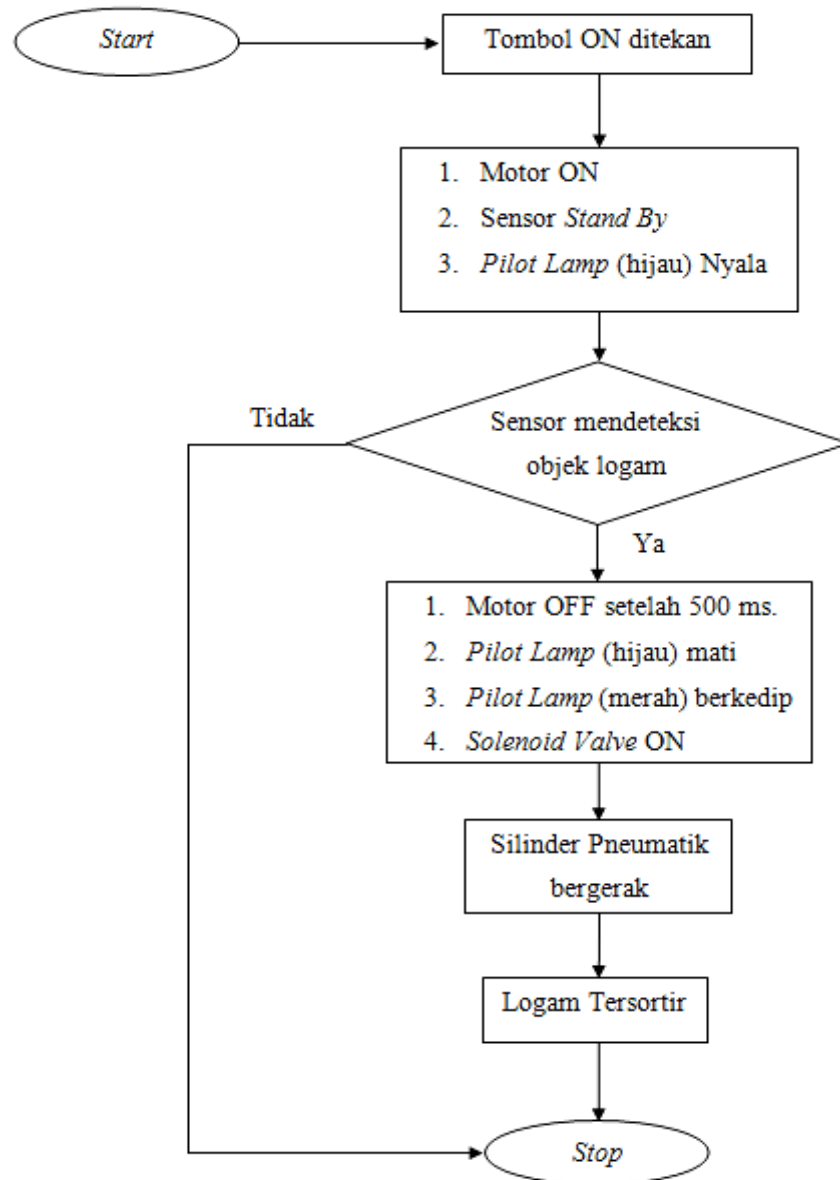
Gambar 3.2. Tahapan Desain Alat Penyortir Logam

Blok sistem perancangan alat penyortir logam dan non logam ditunjukkan dalam gambar 3.3.



Gambar 3.3. Blok Sistem Alat Penyortir Logam dan Non-Logam.

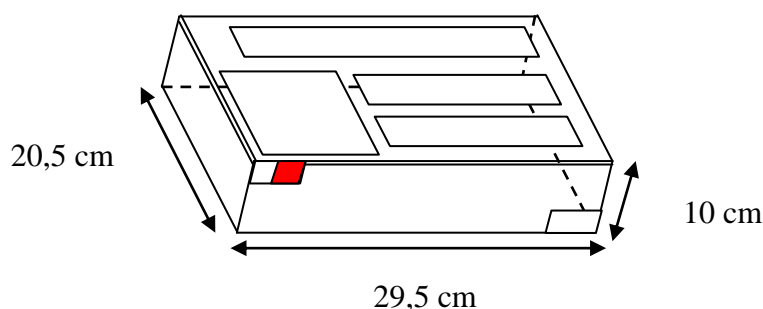
Berikut merupakan diagram alir penggunaan konveyor penyortir benda logam dan non-logam :



Gambar 3.4 Flowchart Alat Penyortir Logam dan Non-Logam

1. Perancangan *Box* Kendali

Perancangan *box* kendali secara keseluruhan terbuat dari akrilik yang dibentuk sesuai dengan ukuran perancangannya. Perancangan *box* kendali ini tidak memerlukan perhitungan yang secara mendetail, yaitu sebagai berikut :

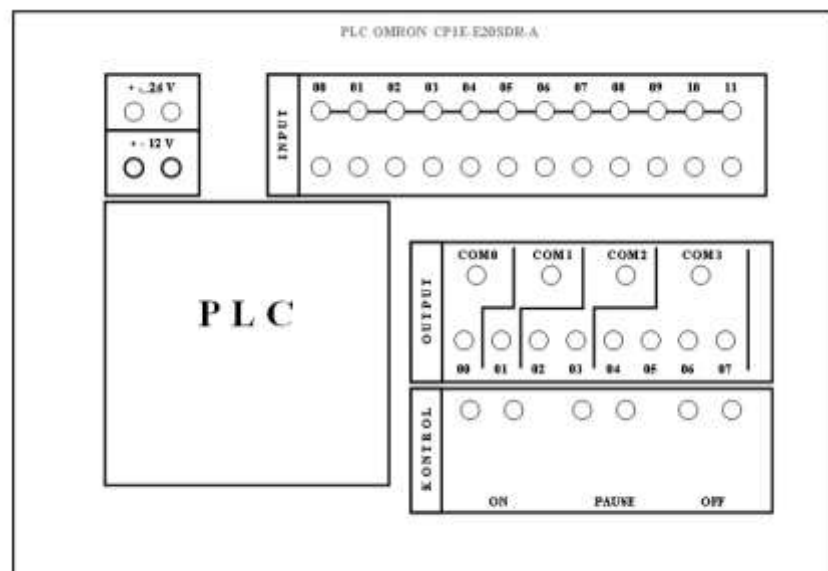


Gambar 3.5 Desain *Box* Kendali PLC

Gambar 3.4 menunjukkan bahwa perancangan *box* kendali untuk piranti PLC tidak terdapat perhitungan secara khusus. Karena *box* berfungsi sebagai tempat peletakan rangkaian elektronik dan sebagai panel kontrol rangkaian. Alat ini termasuk memenuhi syarat dengan ukuran *box* mencapai panjang 29,5 cm, lebar 20,5 cm, dan tinggi 10 cm. Ukurannya disesuaikan komponen elektronik dan desain yang sesuai dengan kebutuhan, jadi pembuatan *box* kendali ini tidak menggunakan perhitungan dengan rumus khusus.

Selanjutnya, desain *layout* pada *box* kendali berfungsi sebagai petunjuk bagi pengguna agar dapat mengetahui letak *wiring* rangkaian. Karena alat ini akan diaplikasikan sebagai

media pembelajaran maka *box* akan dilengkapi dengan *jumper*. Desain *layout* pada *box* kendali meliputi sumber tegangan DC maupun modul *input/output* PLC adalah sebagai berikut:



Gambar 3.6 Desain *Layout Box* Kendali

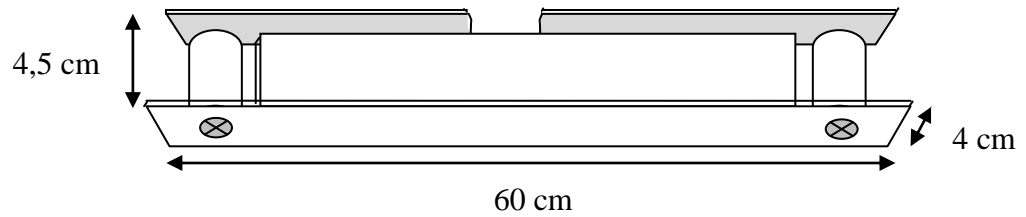
2. Perancangan Konveyor

Perancangan konveyor ini terdiri dari komponen bergerak dan komponen diam. Komponen bergerak meliputi roda penggerak dan roda berputar. Roda penggerak dihubungkan dengan sebuah motor *gearbox* DC dengan dimensi dan spesifikasi sebagai berikut :

- Panjang *shaft* = 9 mm
- Diameter *shaft* = 3 mm
- Panjang motor = 28 mm

- Panjang *gearbox* = 14 mm
- Panjang total = 40 mm
- *Rate Voltage* (V) = 12 Volt DC
- *Current* (I) = 0,1 A
- *Torque* (T) = 4,8 kg cm = 3,47 lb ft
- Rpm (n) = 1 : 29, 410 rpm
- Daya (P) = $T \cdot n / 5252$
 = $3,47 \times 410 / 5252$
 = 0,27 HP
 = 201,4 Watt

Sedangkan komponen diam yaitu badan konveyor. Pemilihan bahan pada perancangan konveyor ini juga menggunakan akrilik dengan ketebalan 4 mm. Karena alat penyortir nantinya diaplikasikan sebagai media dalam pembelajaran maka peneliti merancang konveyor dengan ukuran yang tidak terlalu besar, yaitu dengan panjang 60 cm, lebar 4,5 cm, dan tinggi 4 cm.



Gambar 3.7. Desain Konveyor

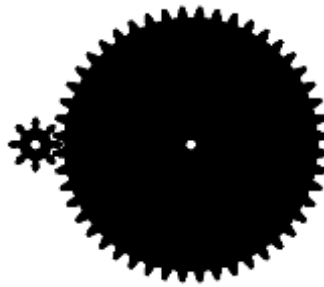
Ditunjukkan pada gambar rancangan di atas terdapat lubang pada salah satu dinding konveyor, lubang tersebut digunakan sebagai alur benda logam yang nantinya akan terdorong oleh komponen *actuator* yaitu silinder pneumatik (*double acting cylinder*) yang diperintahkan maju oleh solenoid *valve* setelah benda logam terdeteksi oleh sensor *proximity* induktif.

Berdasarkan rancangan di atas, dapat diketahui

- Jarak pemindahan (s) = 60 cm = 600 mm
- Jari-jari *head pulley* (r) = 1,75 cm = 17,5 mm
- Keliling *head pulley* (d) = $3.14 \times 17,5 = 54,9$ mm
- *Gear ratio* = 1 : 6

3. Perancangan *Gear Box*

Gear box merupakan bagian mekanik yang berfungsi sebagai penggerak. *Gear box* tersusun atas motor DC, *gear* dan roda.



Gambar 3.8. Desain Reduksi *Gear*

$$\frac{V_a}{V_b} = \frac{N_a}{N_b} = \frac{T_a}{T_b} \longrightarrow V_b = \frac{N_a}{N_b} \times V_a$$

$$V_b = 8 / 48 \times 410 \text{ rpm}$$

$$V_b = 68,3 \text{ rpm}$$

***Horse Power* dan Torsi *Gearbox* Motor DC**

Torsi motor *gearbox* DC setelah mengalami *ratio* sebesar 1: 6 menimbulkan kecepatan putaran menurun menjadi 68,3 rpm. Maka dapat diketahui P dan T setelah mengalami *ratio*, sebagai berikut :

$$T_b = \frac{N_b}{N_a} \times T_a$$

$$T_b = \frac{48}{8} \times 4,8 \text{ kg, cm}$$

$$T_b = 28,8 \text{ kg, cm}$$

Sedangkan besarnya *horse power* (P) adalah :

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{75} \quad T = \frac{P \cdot 75}{2\pi \cdot n}$$

$$T_1 = F \cdot r$$

$$F \cdot r = P_1 \cdot 75 / 2\pi \cdot n_1$$

$$F \cdot 0,017 = 0,27 \cdot 75 / 6,28 \cdot 410$$

$$F = 20,25 / 2574,8 \cdot 0,017$$

$$= 0,46 \text{ N}$$

$$T_2 = P_2 \cdot 75 / 2\pi \cdot n_2$$

$$F \cdot r = P_2 \cdot 75 / 2\pi \cdot n_2$$

$$0,46 \cdot 0,017 = P_2 \cdot 75 / 6,28 \cdot 68,3$$

$$0,007 = P_2 \cdot 75 / 428,9$$

$$P_2 = 0,007 \cdot 428,9 / 75$$

$$P_2 = 3,002 / 75$$

$$P_2 = 0,04 \text{ HP}$$

Momen Inersia Motor *Gearbox* DC

Dimana

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} \quad \text{dan} \quad \alpha = \frac{\omega}{60}$$

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 68,3 / 60$$

$$= 428,9 / 60$$

$$= 7,14 \text{ rad/s}$$

$$\begin{aligned}\alpha &= 7,14 / 60 \\ &= 0,11 \text{ rad/s}^2\end{aligned}$$

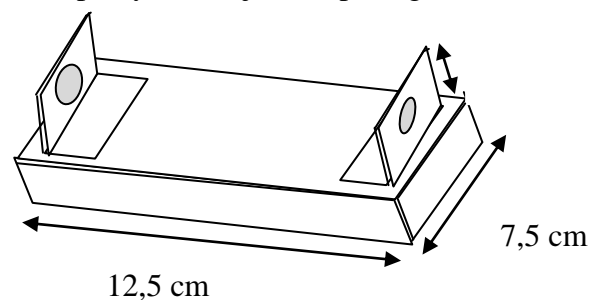
$$T = I_n \times \alpha$$

$$\begin{aligned}I_n &= T / \alpha \\ &= 3,075 / 0,11 \\ &= 27,9 \text{ kg} \cdot \text{m}^2\end{aligned}$$

4. Perancangan Komponen Penyortir

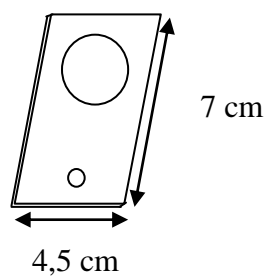
Dalam tahap ini yaitu perancangan komponen penyortir pada alat penyortir logam dan non-logam terdiri dari silinder pneumatik dan dudukan sensor *proximity* induktif yang terpasang pada konveyor.

Dudukan komponen tersebut terbuat dari akrilik dengan tebal 3 mm. Pada dudukan silinder terdapat pengunci yang terbuat dari alumunium yang berfungsi sebagai penjepit silinder agar tetap stabil pada tempatnya, ditunjukkan pada gambar 3.7.



Gambar 3.9. Desain Penjepit Silinder

Sedangkan desain dudukan untuk sensor *proximity* lebih sederhana dan relatif mudah karena hanya menempel pada dinding konveyor, sebagaimana gambar 3.8

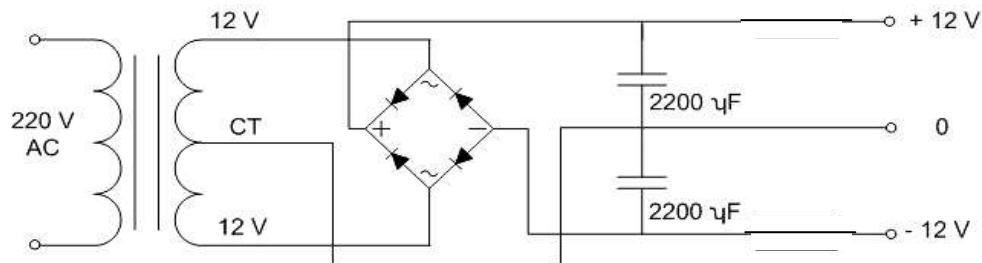


Gambar 3.10. Desain Dudukan Sensor

5. Perancangan *Power Supply*

Untuk menjalankan aplikasi alat penyortir logam dan non-logam ini dibutuhkan catu daya yang stabil dan maksimal, sumber dari baterai tidaklah cukup. Karena sumber catu daya berasal dari baterai akan mengalami *drop* tegangan dan arusnya apabila dipergunakan secara berkepanjangan, bila hal itu terjadi secara tidak langsung akan menghambat proses pergerakan alat ini. Sebagai solusi yang efektif adalah menggunakan *power supply*. Sumber catu daya besar adalah sumber bolak balik AC dari pembangkit listrik. Kemudian dibutuhkan rangkaian untuk mengubah arus AC menjadi DC.

Rangkaian *power supply* ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 3.11. Rancangan Rangkaian *Power Supply*

Transformer yang digunakan adalah CT 3A. Setelah itu ada komponen dioda yang fungsinya sama seperti komponen lainnya yaitu sebagai penyearah sehingga menghasilkan *output* +12 Volt dan – 12 Volt. Dengan adanya dioda ini mampu menghasilkan arus searah (*Direct Current*).

Setelah melewati dioda terdapat komponen kapasitor elektrolit dengan ukuran 2200 μF / 50 Volt. Fungsinya yaitu sebagai penyaring (*filter*) keluaran arus DC setelah dioda menghasilkan nilai yang tidak stabil sehingga diperlukan kapasitor elektrolit untuk penyaring tegangan DC

Komponen yang diperlukan dalam perancangan *power supply* ini yaitu :

- Trafo CT 3 Ampere
- Dioda *Bridge*
- Kapasitor 2200 μF / 50 Volt

6. Perancangan Program

Implementasi program dimulai dengan mengecek lampu indikator pada PLC. Perancangan diagram *ladder* menggunakan *software CX Programmer 9.3* yang selanjutnya akan ditransfer menuju piranti PLC. Penjelasan dari program yang dibuat adalah sebagai berikut:

- Tombol *ON*, *OFF*, dan *PAUSE*

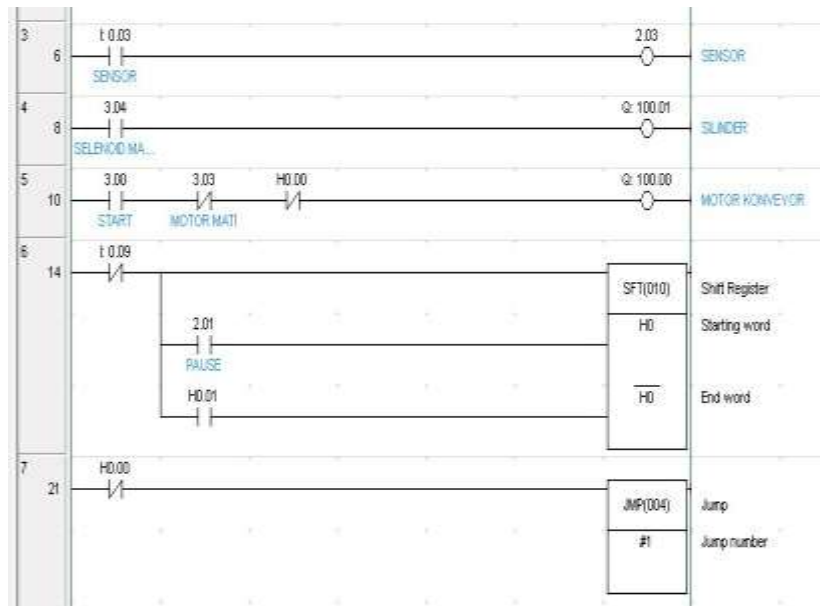
Tombol *ON/OFF* digunakan untuk menghidupkan dan mematikan sistem konveyor, sedangkan *PAUSE* untuk menghentikan seluruh komponen, namun dapat melanjutkan kegiatan sebelumnya.



Gambar 3.12 Implementasi Program *ON/OFF*

- Program *Stand By*

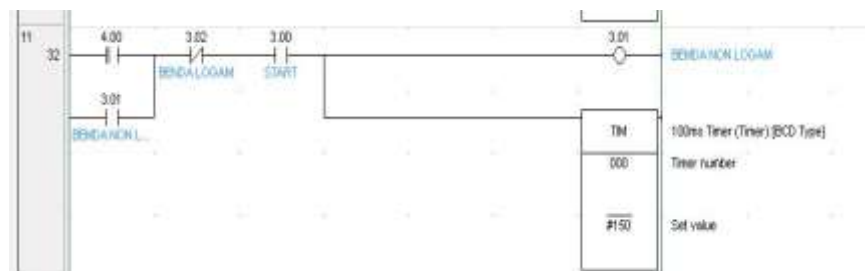
Program *stand by* adalah jika motor sudah memutar konveyor. Sensor *proximity* dan solenoid *valve* dalam keadaan hidup tanpa objek ditandai dengan lampu indikator yang menyala.



Gambar 3.13. Implementasi Program *Stand By*

- Benda Non *Logam*

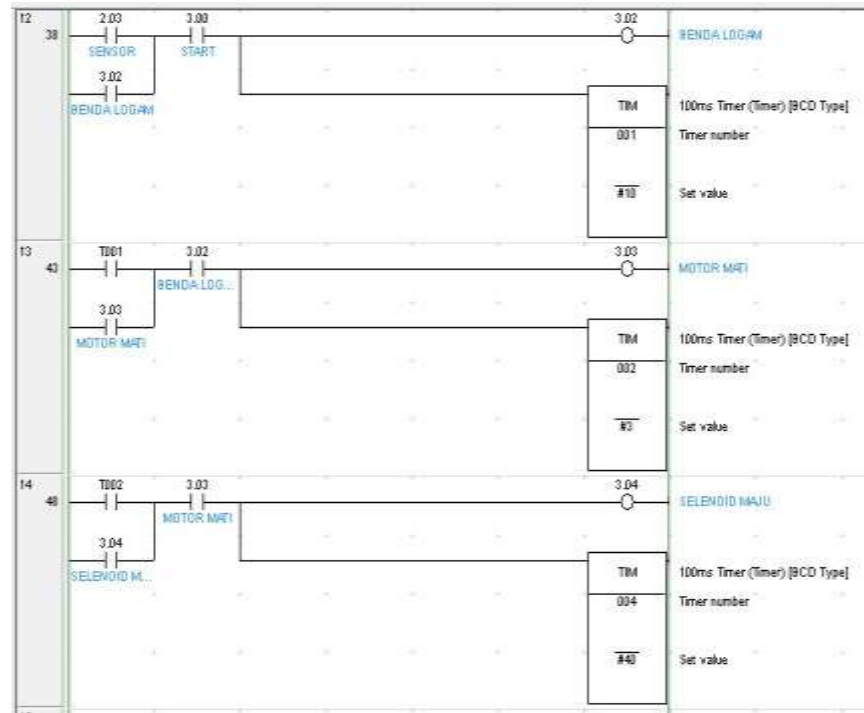
Program yang memerintahkan solenoid *valve* untuk tetap diam saat sensor mendeteksi adanya objek non logam.



Gambar 3.14. Implementasi Program Non Logam

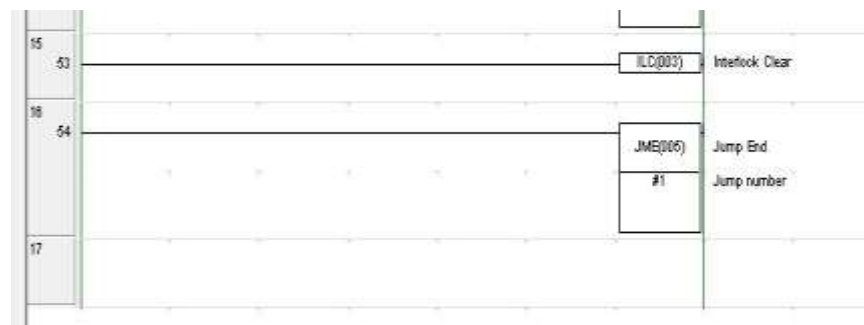
- Benda Logam

Program yang memerintahkan untuk menghentikan motor DC sebagai penggerak utama pada konveyor dan solenoid valve untuk menjalankan silinder *double acting*.



Gambar 3.15 Implementasi Program Mendeteksi Logam

- Selesai



Gambar 3.16 Implementasi Program END

7. Perancangan Modul

Modul merupakan bentuk petunjuk pembelajaran alat penyortir logam dan non-logam dalam bentuk buku. Modul ini berfungsi sebagai panduan mahasiswa dalam memahami cara kerja alat secara mandiri. Pembelajaran modul ini didesain secara *Prosedur Based Learning* yaitu pembelajaran yang dilakukan secara bertahap dimana mahasiswa mempraktikkan perintah-perintah dalam modul untuk mengetahui hasil dari prosedur. Dalam penyusunan modul, peneliti menggunakan buku pengembangan modul oleh Purwanto et al., yang diterbitkan oleh DEPDIKNAS sebagai buku acuan.

Desain modul terbagi menjadi tiga bagian yaitu bagian awal, bagian isi dan bagian akhir. Secara keseluruhan struktur modul pembelajaran alat penyortir logam dan non-logam yang ditunjukkan pada garis besar isi modul pada tabel berikut.

Tabel 3.1. Garis besar isi modul

Desain Modul pembelajaran alat penyortir logam dan non-logam untuk mendukung perkuliahan Dasar Sistem Kontrol	1. Bagian Awal a. Halaman judul utama b. Halaman kata pengantar c. Daftar isi
	2. Bagian Isi a. Menggunakan Tool pendukung b. <i>Input-Output</i> PLC c. Menggambar Diagram <i>Ladder</i> d. Pengawatan Alat Penyortir Logam Berbasis PLC
	3. Bagian Akhir - Daftar Pustaka

3.3.4 Validasi Desain

Proses validasi dilakukan menggunakan teknik *face validity* yang berdasarkan pada derajat kesesuaian tampilan desain dengan tujuan, kegunaan dan kelayakan. Pengujian validasi menggunakan pendapat ahli sehingga diperoleh informasi mengenai kekurangan desain sebelum direalisasikan. Berdasarkan kritik dan saran dari ahli kemudian melakukan perbaikan desain sehingga diharapkan tingkat kelayakan modul semakin tinggi.

3.3.5 Pembuatan Modul

Setelah tahap perancangan selesai, tahapan selanjutnya yaitu menyiapkan alat dan bahan sebagai berikut :

Tabel 3.2. Alat dan Bahan Perancangan

ALAT	BAHAN	
Solder	Kontrol PLC	<i>Push Button</i>
Gergaji	<i>Proximity</i> Induktif	Saklar
Kikir	Silinder <i>Double Act</i>	<i>Jumper</i> Banana
Bor Listrik	<i>Solenoid Valve</i>	Roda Penggerak
Tang Potong	Motor DC	<i>Belt</i> Konveyor
Tang Kombinasi	Kabel	Dioda
Penggaris	Trafo CT 3A	Kabel PLC
Gunting	Akrilik	Selang Udara
<i>Cutter</i>	Kertas	Kapasitor
	Lem	Tenol

Setelah alat dan bahan, langkah selanjutnya adalah alat penyortir logam dan non-logam. Tahap pertama adalah pembuatan elektronik yaitu pembuatan rangkaian catu daya. Tahap kedua adalah pembuatan mekanik yaitu pembuatan *box* kendali, konveyor dan komponen penyortir. Tahap ketiga adalah pembuatan program menggunakan *software CX-Programmer*. Setelah alat penyortir logam dan non-logam selesai, tahap selanjutnya adalah tahap pembuatan modul pembelajaran menggunakan *software* Microsoft Office Word.

3.3.6 Uji Coba Laboratorium

Setelah melakukan tahap pembuatan modul, langkah selanjutnya yaitu menguji coba secara mandiri. Uji coba mandiri ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian modul dengan perencanaan dan dapat bekerja dengan baik. Uji coba modul dilakukan dengan mengecek kerja alat dan mempraktikkan sesuai panduan modul yang telah dirakit. Tempat uji coba dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro, Gedung E8 lantai 2 Universitas Negeri Semarang .

3.3.7 Simulasi Kelas Terbatas

Simulasi kelas terbatas dilakukan setelah modul dinyatakan valid oleh ahli. Simulasi dilakukan untuk mengetahui kinerja modul dan kelayakan dengan menguji secara langsung pada sampel terbatas. Simulasi dilakukan dengan mengumpulkan mahasiswa PTE UNNES yang telah mengambil mata kuliah Dasar Sistem Kontrol, kemudian mahasiswa diberi kesempatan untuk menggunakan modul secara langsung dan mandiri. Selanjutnya, mahasiswa juga harus mengisi angket terkait dengan penggunaan modul. Tahap ini merupakan tahap terakhir yang bertujuan untuk mengetahui hasil implementasi modul terhadap kelas terbatas.

3.4 Lokasi Penelitian

Tempat penelitian skripsi ini dilakukan di Laboratorium Teknik Kendali, dan Laboratorium Elektronika, Gedung E8 lantai 2 Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

3.5 Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan melalui instrumen berupa wawancara (*interview*), dan angket (*quisioner*) berdasarkan pada responden mahasiswa Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang sebagai pengguna.

3.5.1 Teknik Wawancara

Wawancara merupakan teknik pengumpulan data yang digunakan apabila peneliti ingin melakukan studi pendahuluan untuk menemukan permasalahan yang mungkin muncul dan ingin mengetahui hal-hal yang lebih mendalam dari responden yang terbatas, (Sugiyono, 2012: 138). Menurut Hadi dalam Sugiyono (2012), ada tiga anggapan yang perlu dipegang oleh peneliti dalam menggunakan metode wawancara dan angket sebagai berikut : (1) bahwa responden merupakan orang yang mengetahui terkait penelitian, (2) bahwa yang dinyatakan oleh subyek terhadap peneliti merupakan hal yang benar dan dapat dipercaya, dan (3) bahwa interpretasi responden dan peneliti sama terhadap jawaban mengenai pertanyaan yang diajukan oleh peneliti.

Menurut Sugiyono (2012), teknik wawancara dapat dilakukan secara terstruktur atau tidak terstruktur baik menggunakan tatap muka maupun tidak langsung seperti melalui telepon.

Dalam penelitian ini menggunakan teknik wawancara secara tidak terstruktur yaitu wawancara secara bebas tanpa menggunakan pedoman wawancara yang tersusun secara sistematis namun hanya berpedoman terhadap garis besar permasalahan yang akan diteliti. Teknik wawancara digunakan untuk memperoleh pendapat para ahli mengenai kelayakan modul. Kelayakan modul dilihat dari segi kesesuaian, kemudahan, dan tampilan. Selain itu, untuk menghasilkan modul yang baik dengan meminta pendapat para ahli terhadap kekurangan dan kelebihan modul.

3.5.2 Teknik Angket

Angket merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui seperangkat pertanyaan tertulis kepada responden. Menurut (Sugiyono, 2012 : 142) angket merupakan teknik yang sesuai untuk digunakan apabila peneliti telah mengetahui variabel penelitian serta apabila jumlah responden dalam jumlah banyak dan tersebar pada beberapa tempat. Namun teknik angket juga tetap dapat dilakukan pada lingkup yang tidak luas. Sekarang dalam Sugiyono (2012) mengungkapkan bahwa ada tiga prinsip dalam penulisan angket yaitu prinsip penulisan, prinsip pengukuran, dan prinsip penampilan fisik.

Terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam prinsip penulisan angket, antara lain : (1) isi dan tujuan pertanyaan, (2) bahasa yang digunakan (3) tipe dan bentuk pertanyaan, (4) pertanyaan tidak mendua, (5) tidak menanyakan yang sudah lupa, (6) pertanyaan tidak menggiring, (7) panjang pertanyaan, (8) urutan pertanyaan, (9) prinsip pengukuran dan (10) penampilan fisik angket.

Setelah menyusun indikator mengenai komponen evaluasi telah ditetapkan selanjutnya dikembangkan menjadi kisi-kisi angket. Berdasarkan pada kisi-kisi angket pertanyaan kemudian disusun secara terstruktur dan valid. Penilaian angket menggunakan empat skala poin dari skala *likert* yaitu sangat setuju (SS), setuju (S), tidak setuju (TS), dan sangat tidak setuju (STS).

Penentuan skor pada skala *likert* berdasarkan pada arah dari pertanyaan apabila berarah positif maka skor akan memiliki nilai positif sedangkan bila berarah negatif maka skor akan bernilai negatif (Oppenheim, 1966).

Tabel 3.3. Pedoman skala *likert* secara umum.

Poin	Arah Pertanyaan	
	Positif	Negatif
Sangat setuju (SS)	4	-4
Setuju (S)	3	-3
Tidak setuju (TS)	2	-2
Sangat tidak setuju (STS)	1	-1

3.6 Analisis Data

Pada penelitian ini bertujuan untuk menguji kelayakan modul pembelajaran pada alat penyortir logam dan non-logam yang dihasilkan. Data menggambarkan kelayakan modul mencakup kesesuaian, kemudahan, dan tampilan modul. Data dianalisis dengan teknik deskriptif persentase.

3.6.1 Analisis Data Wawancara

Setelah memperoleh data dari wawancara, data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kualitatif. Data yang telah diperoleh kemudian direduksi dari data yang tidak diperlukan hingga diperoleh data yang diperlukan. Data yang telah direduksi kemudian disajikan dalam bentuk teks narasi yang berisi kesimpulan dari wawancara.

3.6.2 Analisis Data Angket

Analisis data dilakukan berdasarkan data angket yang telah diperoleh. Menurut Muhammad (1993 : 186) untuk menganalisis data angket langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memeriksa kelengkapan data angket responden.
2. Pemberian skor pada jawaban responden sesuai bobot yang telah ditentukan.
3. Membuat tabulasi data.

4. Menghitung persentase tiap sub variabel menggunakan rumus,

$$\text{persentase} = \frac{n}{N} \times 100 \%$$

Keterangan :

n : jumlah nilai yang diperoleh

N : jumlah keseluruhan nilai yang diperoleh

Dari persentase yang diperoleh kemudian diubah ke dalam bentuk kalimat kualitatif. Untuk menentukan kriteria kualitatif dilakukan dengan cara:

Pertama, menentukan persentase skor ideal (skor maksimal = 100 %)

Kedua, menentukan persentase skor terendah (skor minimal = 0%)

Ketiga, menentukan range, $100 - 0 = 100$

Keempat, menentukan lebar interval, $100 / 5 = 20$

Berdasarkan perhitungan, maka range persentase dan kriteria kualitatif dapat ditetapkan dalam tabel sesuai dengan sub kategori.

Tabel 3.4. Range persentase dan kriteria kualitatif

No.	Interval	Kriteria
1.	81 % - 100 %	Sangat layak
2.	61 % - 80 %	Layak
3.	41 % - 60 %	Cukup layak
4.	21 % - 40 %	Kurang layak

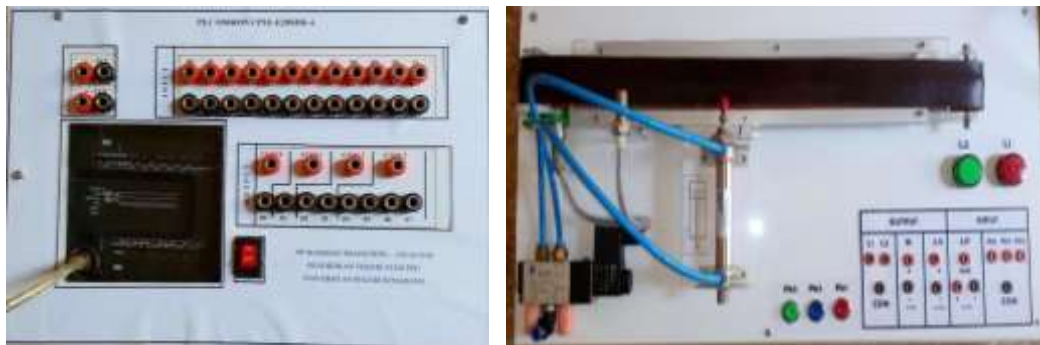
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pada penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan dan keberterimaan dari trainer alat penyortir logam dan non-logam melalui empat aspek, yaitu (1) tingkat manfaat, (2) kemudahan, (3) kinerja dan (4) tampilan. Penelitian dimulai melalui tahap perancangan alat dan pembuatan alat kemudian tahap pengujian alat. Pengujian kelayakan alat dimulai dengan uji laboratorium dan pengujian keberterimaan alat melalui uji simulasi kelas terbatas.

Penelitian ini menggunakan metode *trial and error* (coba dan salah) yaitu melakukan suatu percobaan untuk mencapai sebuah tujuan melalui beberapa kali percobaan hingga mendapatkan rancangan dan hasil yang paling sesuai. Mencatat semua kesalahan untuk dievaluasi sebagai bahan pembelajaran.



Gambar 4.1 Hasil Perancangan Alat Penyortir Logam dan Non-Logam

4.1.1 Uji Coba laboratorium

Penelitian pada laboratorium bertujuan untuk menguji kinerja alat, apa telah bekerja sebagai mana mestinya. Pada pengujian ini, alat telah mengalami beberapa perbaikan yang dilakukan secara *trial-error*. Perbaikan yang dilakukan terjadi pada dua bagian yaitu bagian elektronik dan bagian mekanik.

Perbaikan pada bagian elektronik terjadi pada proses *finishing*. Hal ini terjadi karena adanya hasil solder yang kurang rapi sehingga rawan terjadi hubung singkat yang dapat membahayakan kinerja PLC sebagai kontrol.

Perbaikan pada bagian mekanik yaitu pada penggunaan kerangka penghubung roda, penggunaan *head pulley* dan *belt* konveyor. Kerangka penghubung roda yang dimaksud adalah bagian penyangga yang menghubungkan antara motor DC dengan as roda *pulley*. Kerangka penghubung sebelumnya didesain melalui suatu perangkat lunak sehingga mudah dihasilkan yaitu dengan mesin *printer* 3D yang berbahan plastik, namun hasil kerangka tidak kokoh sehingga rawan terjadi keretakan. Selanjutnya kerangka penghubung dibuat dengan bahan akrilik dengan tebal 4 mm.

Kemudian pada penggunaan *head pulley* dan *belt* yang dimaksud adalah roda penggerak utama pada konveyor dan sabuk konveyor. Sebelumnya *head pulley* menggunakan bahan roda yang biasa digunakan pada robot *line follower* yang dilapisi dengan bahan karet agar gesekan yang dihasilkan antara permukaan *head pulley* dan *belt* konveyor lebih besar. Hal itu dilakukan untuk menghindari *miss rotation* pada konveyor. Sedangkan *belt* konveyor menggunakan bahan yang tersedia melimpah di sekitar kita yaitu kulit kursi sofa dengan lebar 4 cm (untuk membawa objek $d = 3$ cm). Namun dengan komponen tersebut masih terjadi *miss rotation* yang menjadikan konveyor berputar tidak stabil. Perbaikan yang dilakukan untuk mengatasi hal tersebut yaitu menggunakan *belt* bergerigi produk *after market* dengan lebar hanya 5 mm. Untuk membawa objek berdiameter 3 cm *belt* bergerigi direkatkan dengan kulit kursi sofa dengan lebar 4 cm agar memenuhi kebutuhan. Sedangkan untuk perbaikan pada *head pulley* menggunakan bahan akrilik 2 mm yang didesain sedemikian rupa agar sesuai dengan *belt* yang bergerigi tersebut guna menghindari *miss rotation* pada konveyor.

Pada uji laboratorium juga dilakukan pengukuran tegangan *power supply* serta pengujian kesesuaian antara buku petunjuk dengan alat penyortir logam. Berikut hasil dari pengukuran dan pengujiannya.

Tabel 4.1 Uji Tegangan *Power Supply*

Cek Point	Tegangan (V_{DC})		Ket.
	Rencana	Kenyataan	
<i>Supply Pilot Lamp</i>	24 V_{DC}	24 V_{DC}	Sesuai
<i>Supply Sensor</i>	24 V_{DC}	24 V_{DC}	Sesuai
<i>Supply Solenoid</i>	24 V_{DC}	24 V_{DC}	Sesuai
<i>Supply Motor DC</i>	12 V_{DC}	12 V_{DC}	Sesuai

Tabel 4.2 Pengujian Kesesuaian Buku Petunjuk dan Alat Penyortir Logam

Kegiatan Belajar	Keterangan	
	Tidak Sesuai	Sesuai
<i>Tool Pendukung</i>	-	√
<i>Input-Output</i>	-	√
<i>Diagram Ladder</i>	-	√
<i>Wiring Rangkaian</i>	-	√

Tabel 4.3. Materi Pernyataan Indikator pada Angket

Sub Kriteria	No. Indikator	Pernyataan
Manfaat	1	Modul ini mampu menambah pemahaman tentang Dasar Sistem Kontrol.
	2	Modul ini memberi pengetahuan dasar tentang kontrol PLC.
	3	Modul mampu meningkatkan minat belajar pada mahasiswa untuk lebih mendalami ilmu di bidang sistem kendali.
	4	Modul ini dapat digunakan secara mandiri, ketika tidak ada perkuliahan tatap muka dengan dosen..
	5	Modul mudah dijalankan atau dioperasikan sehingga mahasiswa tidak mudah jenuh.
Kemudahan	6	Modul ini menggunakan bahasa sesuai dengan EYD yang mudah dipahami.
	7	Modul dapat dibongkar pasang dengan mudah.
	8	Langkah-langkah pada kegiatan praktikum disusun secara urut
	9	Modul telah disertai dengan gambar-gambar informatif
	10	Modul tidak tergantung pada media lain selain komputer.

Kinerja	11	Alat penyortir dapat memisahkan benda logam dengan baik.
	12	Trainer sudah dilengkapi dengan petunjuk praktikum yang baik dan benar
	13	Trainer telah dilengkapi dengan <i>pilot lamp</i> sebagai lampu indikator.
	14	Dilengkapi dengan tombol <i>pause</i> yang berfungsi untuk operasi perintah jeda.
	15	Trainer penyortir logam dapat dikendalikan melalui tombol (<i>push botton</i>) dengan baik.
Tampilan	16	Penampang modul yang relatif besar sehingga tiap pergerakan komponen mudah untuk dipahami.
	17	Buku panduan memiliki tampilan yang menarik dan <i>compact</i> .
	18	Tata letak komponen pada alat rapi dan runtut..
	19	Modul praktis karena bentuknya yang <i>portable</i> atau bisa dipindah-pindah dengan mudah.
	20	Soket <i>jumper</i> mudah untuk di jangkau oleh pemakai (<i>user</i>).

4.1.2 Simulasi Kelas Terbatas

Simulasi kelas terbatas digunakan untuk mengetahui tingkat kelayakan dan tingkat keberterimaan trainer alat penyortir logam dan non-logam berbasis kontrol PLC sebagai media pembelajaran. Data simulasi kelas terbatas didapatkan dari mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro, UNNES. Teknik yang digunakan untuk mengumpulkan data simulasi kelas terbatas yaitu menggunakan teknik angket/kuesioner. Tingkat kelayakan dan tingkat keberterimaan trainer sebagai media pembelajaran ditentukan oleh empat aspek yaitu kriteria manfaat, kriteria kemudahan, kriteria kinerja dan kriteria tampilan.

Simulasi kelas terbatas dilakukan pada tanggal 29 September 2015 di Gedung lantai 2 UKM Robotika, Universitas Negeri Semarang. Kegiatan ini diikuti oleh sepuluh responden yaitu mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro yang telah menyelesaikan mata kuliah Praktik Dasar Sistem Kontrol.

4.2 Analisis Data

Data yang diperoleh dari simulasi kelas terbatas digunakan untuk mengetahui tingkat kelayakan dan tingkat keberterimaan modul. Data dianalisis menggunakan teknik persentase. Berikut adalah rumus perhitungan yang digunakan :

$\text{Skor} = \sum \text{penilaian responden}$	$\text{Persentase} = \frac{\text{Skor}}{\text{Skor maksimum}} \times 100 \%$
---	--

$\text{Persentase Akhir} = \frac{\text{Skor}}{\text{Skor maksimum}} \times 100 \%$
--

4.2.1 Analisis Simulasi Kelas Terbatas

Tabel 4.4 Data Angket pada Kriteria Manfaat

Sub Kriteria	No. Indikator	Responden				Jumlah
		(4)	(3)	(2)	(1)	
Manfaat	1	4	6	-	-	10
	2	5	5	-	-	10
	3	4	6	-	-	10
	4	2	8	-	-	10
	5	4	6	-	-	10

Pada indikator 1, yaitu modul mampu menambah pemahaman Dasar sistem kontrol, dari 10 responden 40% menyatakan sangat bermanfaat dan 60% menyatakan bermanfaat. Dominan responden berpendapat bermanfaat pada indikator ini, sehingga dapat disimpulkan bahwa trainer berhasil menambah pemahaman tentang Dasar Sistem Kontrol terhadap mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro.

Pada indikator 2, yaitu modul memberikan pengetahuan dasar tentang kontrol PLC, dari 10 responden 50 menyatakan sangat bermanfaat dan 50% menyatakan bermanfaat. Sebaran responden terbagi rata pada bobot penilaian sangat bermanfaat dan bermanfaat, sehingga dapat disimpulkan bahwa modul telah berhasil memberi pengetahuan dasar tentang kontrol PLC.

Pada indikator 3, yaitu modul mampu meningkatkan minat belajar pada mahasiswa untuk lebih mendalami ilmu kendali. Dari 10 responden, 40% menyatakan sangat bermanfaat dan 60% menyatakan bermanfaat. Banyak faktor yang mempengaruhi suatu modul mampu meningkatkan minat belajar pada mahasiswa untuk lebih mendalami ilmu kendali. Faktor dari modul seperti kemudahan belajar, pembelajaran yang menyenangkan, wawasan pentingnya ilmu kendali bagi mahasiswa. dan lain-lain, sedangkan faktor dari responden adalah perbedaan karakteristik responden seperti bakat, minat, dan cita-cita responden. Berdasarkan sebaran responden dominan menyatakan setuju pada indikator ini, sehingga dapat disimpulkan bahwa modul berhasil meningkatkan minat belajar mahasiswa untuk lebih mendalami ilmu kendali.

Pada indikator 4, yaitu modul ini dapat digunakan secara mandiri ketika tidak ada perkuliahan tatap muka dengan dosen. Dari 10 responden, 20% menyatakan sangat bermanfaat dan 80% menyatakan bermanfaat. Pada indikator ini sebaran responden dominan menyatakan setuju. Banyak faktor yang mempengaruhi modul dapat digunakan secara mandiri, bisa dari faktor modul atau faktor responden. Faktor dari modul seperti bahasa yang susah dipahami, materi yang kurang lengkap, kurang informatif dan lain-lain, sedangkan faktor dari responden adalah perbedaan pengetahuan dan karakteristik responden. Diamati berdasarkan sebaran responden kemungkinan faktor yang mempengaruhi berasal dari responden karena dominan responden mengatakan bermanfaat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa modul dapat digunakan secara mandiri ketika tidak ada perkuliahan.

Pada indikator 5, yaitu modul mudah dijalankan dan dioperasikan sehingga mahasiswa tidak mudah jenuh. Dari 10 responden, 40% menyatakan sangat bermanfaat dan 60% menyatakan bermanfaat. Berdasarkan sebaran responden dominan menyatakan setuju pada indikator ini. Sehingga dapat disimpulkan bahwa mahasiswa tidak jenuh karena modul mudah dijalankan dan dioperasikan.

Tabel 4.5 Data Simulasi pada Kriteria Kemudahan

Sub Kriteria	No. Indikator	Responden				Jumlah
		(4)	(3)	(2)	(1)	
Kemudahan	6	5	5	-	-	10
	7	3	7	-	-	10
	8	2	8	-	-	10
	9	4	6	-	-	10
	10	6	4	-	-	10

Pada indikator 6, yaitu modul ini menggunakan bahasa sesuai dengan EYD yang mudah dipahami. Dari 10 responden, 50% menyatakan sangat mudah dan 50% juga menyatakan mudah. Berdasarkan sebaran responden terbagi rata pada bobot penilaian sangat setuju dan setuju, sehingga dapat disimpulkan bahwa modul menggunakan bahasa yang sesuai dengan EYD dan mudah dipahami.

Pada Indikator 7, yaitu modul dapat dibongkar pasang dengan mudah. Dari 10 responden, 30% menyatakan sangat mudah dan 70% menyatakan mudah. Banyak faktor yang mempengaruhi modul dapat dibongkar dan pasang dengan mudah, bisa dari faktor modul atau faktor responden. Faktor dari modul seperti membutuhkan alat bantu seperti obeng, terlalu banyak mur, dan lain-lain, sedangkan faktor dari responden adalah karakteristik dan kemampuan masing-masing responden. Berdasarkan sebaran responden dominan menyatakan setuju pada indikator ini, kemungkinan faktor yang mempengaruhi berasal

dari responden karena dominan responden mengatakan setuju. Sehingga dapat disimpulkan bahwa modul dapat dibongkar pasang dengan mudah.

Pada indikator 8, yaitu langkah-langkah pada kegiatan praktikum disusun secara urut. Dari 10 responden, 20% menyatakan sangat mudah dan 80% menyatakan mudah. Berdasarkan sebaran responden dominan berpendapat mudah pada indikator ini, sehingga dapat dikatakan bahwa modul lebih mudah dipraktikkan apabila urutan langkah disusun secara urut.

Pada indikator 9, yaitu modul telah disertai gambar-gambar informatif. Dari 10 responden, 40% menyatakan sangat mudah dan 60% menyatakan mudah. Berdasarkan sebaran responden dominan berpendapat mudah pada indikator ini, sehingga dapat disimpulkan bahwa modul yang disertai gambar-gambar informatif lebih mudah dipahami mahasiswa.

Pada indikator 10, yaitu modul tidak tergantung pada media lain selain komputer. Dari 10 responden, 60% menyatakan sangat mudah dan 40% menyatakan mudah. Berdasarkan sebaran responden pada indikator ini, dominan menyatakan sangat mudah, sehingga dapat disimpulkan bahwa kemudahan trainer dalam pengoperasiannya (tanpa bantuan media lain).

Tabel 4.6 Data Simulasi pada Kriteria Kinerja

Sub Kriteria	No. Indikator	Responden				Jumlah
		(4)	(3)	(2)	(1)	
Kinerja	11	4	6	-	-	10
	12	2	8	-	-	10
	13	5	5	-	-	10
	14	4	6	-	-	10
	15	5	5	-	-	10

Pada indikator 11, yaitu alat penyortir dapat memisahkan benda logam dengan baik. Dari 10 responden, 40% menyatakan sangat setuju dan 60% mengatakan setuju. Berdasarkan sebaran responden pada indikator ini, dominan responden menyatakan setuju, sehingga dapat disimpulkan bahwa alat penyortir mampu memisahkan benda logam dengan baik.

Pada indikator 12, yaitu trainer sudah dilengkapi dengan petunjuk praktikum yang baik dan benar. Dari 10 responden, 20% menyatakan sangat setuju dan 80% menyatakan setuju. Berdasarkan sebaran responden pada indikator ini, dominan menyatakan setuju, sehingga dapat disimpulkan bahwa alat penyortir logam dilengkapi dengan buku petunjuk yang baik dan benar.

Pada indikator 13, yaitu trainer telah dilengkapi dengan *pilot lamp* sebagai lampu indikator. Dari 10 responden, 50% menyatakan sangat setuju dan 50% menyatakan setuju. Pada indikator ini, sebaran responden terbagi rata pada bobot penilaian setuju dan tidak setuju, meskipun seimbang pada kedua bobot, maka dapat dinyatakan bahwa adanya *pilot lamp* pada trainer alat penyortir logam berguna.

Pada indikator 14, yaitu dilengkapi dengan tombol *pause* yang berfungsi untuk operasi perintah jeda. Dari 10 responden, 40% menyatakan sangat setuju dan 60% menyatakan setuju. Dominan responden berpendapat setuju pada indikator ini, sehingga dapat dikatakan bahwa adanya tombol *pause*, beroperasi dengan baik yaitu mampu memerintahkan sistem untuk berhenti sejenak kemudian melanjutkan sistem yang terhenti.

Pada indikator 15, yaitu trainer penyortir logam dapat dikendalikan melalui tombol (*push button*) dengan baik. Dari 10 responden, 50% menyatakan sangat setuju dan 50% menyatakan setuju. Sebaran responden terbagi rata pada bobot penilaian sangat setuju dan setuju, sehingga disimpulkan bahwa alat dapat dikendalikan dengan baik melalui *push button*.

Tabel 4.7 Data Simulasi pada Kriteria Tampilan

Sub Kriteria	No. Indikator	Responden				Jumlah
		(4)	(3)	(2)	(1)	
Tampilan	16	6	4	-	-	10
	17	5	5	-	-	10
	18	4	6	-	-	10
	19	6	4	-	-	10
	20	6	4	-	-	10

Pada indikator 16, yaitu penampang modul yang relatif besar sehingga tiap pergerakan komponen mudah dipahami. Dari 10 responden, 60% menyatakan sangat menarik dan 40% menyatakan menarik. Pada indikator ini, responden dominan menyatakan sangat menarik, maka dapat disimpulkan bahwa penampang modul yang luas dan pergerakan komponen yang teratur dapat dicermati dengan baik.

Pada indikator 17, yaitu buku panduan memiliki tampilan yang menarik dan *compact*. Dari 10 responden, 50% menyatakan sangat menarik dan 50% menyatakan menarik. Banyak faktor yang mempengaruhi tampilan modul menarik dan *compact* bisa dari faktor modul. Faktor dari modul seperti ukuran, desain, *simple* dan lain-lain. Berdasarkan sebaran responden kemungkinan faktor yang mempengaruhi berasal dari responden karena responden menyatakan bahwa modul menarik pada indikator ini. Sehingga dapat dikatakan bahwa buku panduan memiliki tampilan menarik dan *compact*.

Pada indikator 18, yaitu tata letak komponen pada alat rapi dan runtut. Dari 10 responden, 40% menyatakan sangat menarik dan 60% menyatakan menarik. Berdasarkan sebaran angket, dominan responden berpendapat menarik pada indikator ini, sehingga dapat disimpulkan bahwa tata letak komponen rapi dan runtut.

Pada indikator 19, yaitu modul praktis karena bentuknya yang *portable* atau bisa dipindah-pindah. Dari 10 responden, 60% menyatakan sangat menarik dan 40% menyatakan menarik. Berdasarkan sebaran angket, responden dominan menyatakan sangat menarik, sehingga dapat disimpulkan bahwa perancangan modul praktis dan *portable*.

Pada indikator 20, yaitu soket *jumper* mudah untuk dijangkau oleh pemakai (*user*). Dari 10 responden, 60% menyatakan sangat menarik dan 40% menyatakan menarik. Banyak faktor yang mempengaruhi indikator soket mudah dijangkau. Faktor dari modul seperti soket dapat di pasang dengan cepat, soket tidak berhimpitan dengan komponen lain dan lain-lain, sedangkan faktor dari responden bisa dari karakteristik responden seperti responden memiliki pendapat yang lain. Berdasarkan sebaran angket, kemungkinan faktor yang mempengaruhi berasal dari responden karena dominan responden menyatakan tampilan soket menarik.

Tabel 4.8. Analisis persentase keberterimaan modul

Sub kriteria	No. Indikator	Skor	Skor maksimum	Persentase (%)		Kriteria
				Per indikator	Rata-rata (χ)	
Manfaat	1	34	40	85	84,5	Sangat diterima
	2	35	40	87,5		
	3	34	40	85		
	4	32	40	80		
	5	34	40	85		
Kemudahan	6	35	40	87,5	85	Sangat diterima
	7	33	40	82,5		
	8	32	40	80		
	9	34	40	85		
	10	36	40	90		
Kinerja	11	34	40	85	85	Sangat diterima
	12	32	40	80		
	13	35	40	87,5		
	14	34	40	85		
	15	35	40	87,5		
Tampilan	16	36	40	90	88,5	Sangat diterima
	17	35	40	87,5		
	18	34	40	85		
	19	36	40	90		
	20	36	40	90		

Skor Perolehan	686	Rata-rata Persentase	85,35	85,75	Sangat diterima
Skor Maksimum	800				
Presentase	85,75				

Berdasarkan tabel 4.8 tentang persentase keberterimaan trainer dapat dianalisis bahwa sebagian besar indikator mendapatkan persentase dengan kriteria sangat diterima ($> 81\%$). Namun terdapat 3 indikator mendapatkan persentase $< 81\%$ yaitu nomor 4, 8, dan 12.

Ketiga indikator tersebut masing-masing tersebar pada beberapa kategori, yaitu :

1. Indikator ke-4 pada kategori manfaat mengenai tingkat manfaat modul dapat digunakan secara mandiri. Pada indikator ini persentase keberterimaan trainer mendapatkan 80%.
2. Indikator ke-8 pada kategori kemudahan mengenai susunan langkah-langkah pada kegiatan praktikum. Pada indikator ini persentase keberterimaan trainer mendapatkan 80%.
3. Indikator ke-12 pada kategori kinerja mengenai buku petunjuk yang baik dan benar. Pada indikator ini persentase keberterimaan trainer mendapatkan 80%.

Berdasarkan hasil rata-rata persentase keberterimaan trainer, semua kategori yang telah berada diatas kriteria diterima ($> 81\%$), yaitu : kategori **manfaat** mendapatkan 84,5%, **kemudahan** mendapatkan 85%, kategori **kinerja** mendapatkan 85%, dan kategori **tampilan** mendapatkan 88,5%. Maka dapat dinyatakan bahwa trainer telah mencapai taraf sangat diterima untuk digunakan sebagai media pembelajaran pada perkuliahan Dasar Sistem Kontrol

4.3 Pembahasan

4.3.1 Uji Coba Laboratorium

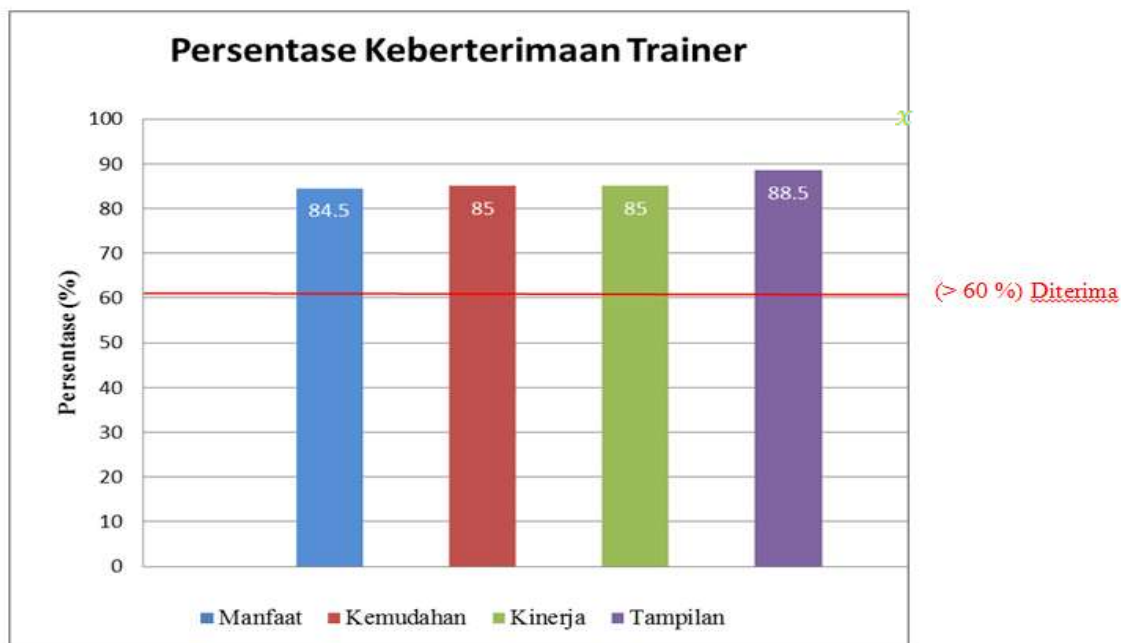
Setelah melakukan uji coba laboratorium dengan metode *trial-error*, diperoleh modul pembelajaran trainer alat penyortir logam dan non-logam dengan piranti kontrol PLC yang siap untuk disimulasikan dalam kelas terbatas.

Trainer ini terdiri dari *box* kontrol PLC, trainer alat penyortir logam, buku panduan, dan CD program. Dalam pembelajarannya modul ini memiliki 4 kegiatan belajar yaitu *tools* pendukung, *input-output*, diagram *ladder*, dan *wiring* rangkaian.

Pada tahap uji coba laboratorium ini, terdapat beberapa pengujian yaitu meliputi pengujian mekanik alat dan pengujian suplai tegangan pada masing-masing komponen. Terjadi beberapa perbaikan pada bagian mekanik trainer pada bagian penyangga *pulley* konveyor karena dirasa kurang sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan pada pengujian suplai tegangan DC pada masing-masing komponen elektrik secara berulang-ulang didapatkan hasil uji laboratorium bahwa tidak terjadi tegangan turun (*drop voltage*) pada suplai tegangan DC.

4.3.2 Simulasi Kelas Terbatas

Berdasarkan analisis pada tabel 4.8, didapatkan diagram persentase keberterimaan trainer alat penyortir logam melalui proses simulasi kelas terbatas, yaitu sebagai berikut.



Gambar 4.3 Diagram Batang Keberterimaan Modul

Berdasarkan gambar diagram batang tentang keberterimaan trainer diatas, dapat diketahui bahwa pada kriteria manfaat 84,5% dinyatakan bermanfaat untuk digunakan sebagai media pembelajaran, pada kriteria kemudahan 85% dinyatakan mudah untuk digunakan sebagai media pembelajaran, pada kriteria kinerja 85% dinyatakan mampu beroperasi sesuai dengan desain dan rancangan awal, dan pada kriteria tampilan 85% menyatakan bahwa trainer memiliki tampilan yang menarik dan *compact*.

Alasan trainer alat penyortir logam dan non-logam 84,5% dinyatakan bermanfaat sebagai media pendukung dalam kegiatan pembelajaran, yaitu karena dengan adanya trainer ini responden beranggapan bahwa lebih mudah memahami materi tentang sistem kontrol, serta mahasiswa tidak mudah bosan dalam kegiatan perkuliahan. Selain itu mahasiswa juga beranggapan bahwa, trainer ini juga dapat digunakan secara mandiri apabila tidak terjadi kegiatan perkuliahan tatap muka antara dosen dan mahasiswa.

Alasan trainer alat penyortir logam dan non-logam 85% dinyatakan memberi kemudahan untuk digunakan sebagai media pembelajaran, yaitu karena responden beranggapan bahwa trainer mudah dibongkar/pasang kembali dan trainer ini tidak tergantung pada media lain kecuali komputer sebagai piranti pemrograman. Selain itu trainer ini dilengkapi dengan buku panduan yang disusun dengan bahasa yang baik dan benar, susunan langkah praktikum yang urut, dan disertai dengan petunjuk gambar informatif.

Alasan trainer alat penyortir logam dan non-logam dinyatakan 85% beroperasi dengan baik untuk digunakan sebagai media pembelajaran, yaitu karena responden beranggapan bahwa trainer ini dapat dikendalikan dengan baik oleh *push-button* dan dilengkapi dengan *pilot lamp* sebagai indikator operasi.

Alasan trainer alat penyortir logam dan non-logam dinyatakan 88,5% memiliki tampilan yang menarik yaitu, karena responden beranggapan bahwa trainer dirangkai dengan tata letak komponen yang rapi, trainer juga memiliki bentuk yang praktis sehingga mudah di pindah-pindah, dan trainer memiliki penampang yang relatif besar.

Menurut Brown, (2005:7), menyatakan bahwa media pembelajaran merupakan wadah dari pesan, materi yang ingin disampaikan adalah pesan pembelajaran, tujuan yang ingin dicapai ialah proses pembelajaran. Selanjutnya penggunaan media secara kreatif akan memperbesar kemungkinan bagi siswa untuk belajar lebih banyak, mengingat apa yang dipelajarinya lebih baik, dan meningkatkan penampilan dalam melakukan keterampilan sesuai dengan yang menjadi tujuan pembelajaran. Berdasarkan tabel 4.8 di atas, trainer penyortir logam dan non-logam ini memberikan kemudahan terhadap mahasiswa untuk mengingat, mengoperasikan, dan memahami pembelajaran yang mampu meningkatkan motivasi belajar dan ketercapaian tujuan pembelajaran.

Universitas Negeri Semarang (UNNES) sebagai salah satu universitas yang terus melakukan penelitian, khususnya pada dunia pendidikan untuk meningkatkan kualitas mahasiswa yang sebagian besar merupakan calon tenaga pendidik. Kualitas dari calon tenaga pendidik salah satunya adalah berketerampilan dalam mengajar mata pelajaran yang sesuai dengan kurikulum dan menjawab kebutuhan dari perkembangan ilmu dan teknologi.

Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro merupakan mahasiswa yang telah dipersiapkan untuk menjadi tenaga pendidik atau guru yang mampu menguasai cabang ilmu teknik elektro dengan baik. Sarjana Program Studi Pendidikan Teknik Elektro tidak hanya dituntut untuk memiliki keterampilan praktis, namun juga dituntut memiliki kemampuan dalam menyampaikan materi kepada peserta didik.

Salah satu kompetensi yang dipelajari pada mata kuliah Dasar Sistem Kontrol diantaranya pneumatik dan kontrol PLC. Sebelumnya telah ada modul pembelajaran yang menggunakan kedua komponen tersebut, namun media yang dihasilkan adalah *pure pneumatic* tanpa kontrol dari PLC sehingga pembelajaran kurang bervariasi. Dengan adanya trainer dengan piranti kontrol PLC ini, mahasiswa bisa lebih mudah dalam memahami ilmu kendali dan jenis modifikasinya.

Kurangnya intensitas dalam perkuliahan tatap muka antara pendidik dan peserta didik, menjadi sebuah dasar pada penelitian kali ini yang bertujuan untuk menghasilkan suatu media pembelajaran. Trainer ini merupakan salah satu bentuk bahan ajar yang dapat digunakan secara mandiri, dimana trainer sudah dilengkapi dengan dasar teori yang relevan dan panduan penggunaan alat. Sehingga trainer ini dapat digunakan ketika terjadi kendala pada proses perkuliahan tatap muka antara dosen dan mahasiswa. Mahasiswa dapat mempelajari dan mempraktekan kegiatan belajar pada modul tanpa harus dibimbing oleh dosen. Hal ini dibuktikan dengan penilaian mahasiswa sebagai responden bahwa trainer memiliki tingkat manfaat memberi pengetahuan mengenai alat penyortir logam dan non-logam sebesar 84.5 % (sangat bermanfaat).

Media pembelajaran berupa trainer alat penyortir logam sebagai alat yang sederhana, belum tersedia di laboratorium Teknik Elektro, UNNES. Dengan prinsip kerja yang sederhana, alat penyortir logam sangat sesuai digunakan sebagai media pembelajaran dasar atau awal untuk memulai mendalami ilmu kendali. Dengan adanya modul ini, mampu menjawab kebutuhan dari mahasiswa mengenai gambaran awal dalam memulai mendalami ilmu kendali, sehingga dapat memberikan kemudahan belajar pada mahasiswa. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa modul ini memiliki tingkat kemudahan sebesar 85%.

Trainer yang bermanfaat juga harus dilengkapi dengan buku panduan yang baik dan benar sehingga trainer dapat beroperasi dengan baik pula. Tanpa adanya buku panduan yang baik, kegiatan praktikum tetap beresiko tinggi. Meskipun teori merupakan landasan utama sebagai pengantar pada kegiatan praktikum. Pada sebaran angket kategori kinerja, pada indikator dilengkapi dengan buku panduan yang benar 85% mahasiswa (responden) menyatakan setuju pada pernyataan tersebut.

Dengan adanya trainer ini, memberikan dampak positif pada proses perkuliahan dan motivasi mahasiswa berkaitan dengan teknik kendali, yaitu modul ini dapat membantu mengatasi kendala kegiatan tatap muka perkuliahan, meningkatkan ketertarikan mahasiswa pada bidang teknik kendali serta memberikan inovasi pada pembelajaran kontrol PLC yang sebelumnya digunakan pada kegiatan perkuliahan Praktik Dasar Sistem Kontrol.

Berdasarkan analisis dan uraian di atas, trainer ini memiliki beberapa keunggulan seperti menjadikan pembelajaran Dasar Sistem Kontrol menjadi lebih aplikatif, trainer yang mudah dioperasikan, kinerja yang baik pada trainer dan penampang yang luas dan *portable* sehingga memudahkan dalam mengamati pergerakan komponen.

Dari berbagai pembahasan di atas, trainer alat penyortir logam dan non-logam ini dapat dinyatakan sesuai dengan nilai dan manfaat media pembelajaran, yang mana penggunaan media pembelajaran dalam proses pembelajaran dapat meningkatkan hasil pembelajaran yang berkenaan dengan taraf berfikir mahasiswa. Hal ini dibuktikan dalam proses pembelajaran, penggunaan media pembelajaran dapat membuat hal yang abstrak menjadi konkret dan hal yang kompleks menjadi sederhana.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil perancangan dan pengujian telah dihasilkan sebuah alat yang mampu memisahkan barang logam dengan otomatis.
2. Modul pembelajaran alat penyortir logam telah dibangun dengan empat kegiatan belajar yaitu perangkat pendukung, *input-output*, diagram *ladder*, dan pengawatan alat penyortir, dinyatakan layak dan diterima digunakan sebagai media pendukung perkuliahan Dasar Sistem Kontrol berdasarkan hasil uji simulasi kelas terbatas dengan 10 responden.

5.2 Saran

1. Dari hasil penelitian, disarankan perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan atau memodifikasi modul pembelajaran berbasis PLC yang lebih aplikatif, karena kontak I/O pada PLC yang digunakan hanya beberapa dari jumlah keseluruhan I/O yaitu 20 I/O sehingga I/O dapat dimaksimalkan.
2. Menambah komponen *stacking* sebagai pemindah barang otomatis pada konveyor dan komponen *counter* sebagai penghitung barang otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- Ogata, Katsuhiko. 2002. *Modern Control Engineering*. 4th edition. New Jersey. Prentice Hall
- Bolton, W. 2004. *Programmable Logic Control (PLC) 3rd edition*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Omron. *Sysmac CPM1A Programmable Controllers. Opreation Manual*. Japan : Omron Corporation. 2007.
- 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. *Mekatronika*. 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
- Marissa, B.A. Pribadi, M. Noviyanti, Ario, dan Andayani. 2012. *Komputer dan Media Pembelajaran*. Edisi Kedua. Banten : Universitas Terbuka.
- Sudjana N. dan Rivai A. 2013. *Media Pengajaran*. Bandung : Sinar Baru Algensindo.
- Kustiono. 2009. *Media Pembelajaran*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- 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.

<http://jurnalk3.com>

<https://id.wikipedia.org/wiki/Pneumat>

Lampiran 1

ANGKET PENELITIAN MAHASISWA

**ANGKET UJI KELAYAKAN ALAT PENYORTIR BARANG LOGAM
DAN NON-LOGAM SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN
PADA MATA KULIAH DASAR SISTEM KONTROL**

Nama :

N I M :

Petunjuk :

1. Isilah nama dan NIM anda pada kolom yang disediakan.
2. Cermati masing-masing pernyataan untuk mengisi angket ini.
3. Berikan tanda ceklis (√) pada kolom yang disediakan sesuai dengan pernyataan yang diberikan.
4. Berilah pendapat anda dengan sejujurnya dan sebenar-benarnya.

Keterangan :

1. Kriteria Manfaat

Kategori	Singkatan	Interval	Skor
Sangat Bermanfaat	SB	81,25% - 100%	4
Bermanfaat	B	62,5% - 81,24%	3
Tidak Bermanfaat	TB	43,75% - 62,49%	2
Sangat Tidak Bermanfaat	STB	25% - 43,75%	1

2. Kriteria Kemudahan

Kategori	Singkatan	Interval	Skor
Sangat Mudah	SM	81,25% - 100%	4
Mudah	M	62,5% - 81,24%	3
Tidak Mudah	TM	43,75% - 62,49%	2
Sangat Tidak Mudah	STM	25% - 43,75%	1

3. Kriteria Kinerja

Kategori	Singkatan	Interval	Skor
Sangat Setuju	SS	81,25% - 100%	4
Setuju	S	62,5% - 81,24%	3
Tidak Setuju	TS	43,75% - 62,49%	2
Sangat Tidak Setuju	STS	25% - 43,75%	1

4. Kriteria Tampilan

Kategori	Singkatan	Interval	Skor
Sangat Menarik	SM	81,25% - 100%	4
Menarik	M	62,5% - 81,24%	3
Tidak Menarik	TM	43,75% - 62,49%	2
Sangat Tidak Menarik	STM	25% - 43,75%	1

A. Aspek Kualitas Teknik

Kriteria Manfaat					
No.	Pernyataan	SB	B	TB	STB
1.	Modul ini mampu menambah pemahaman tentang Dasar Sistem Kontrol.				
2.	Modul ini memberi pengetahuan dasar tentang kontrol PLC.				
3.	Modul mampu meningkatkan minat belajar pada mahasiswa untuk lebih mendalami ilmu di bidang sistem kendali.				
4.	Modul ini dapat digunakan secara mandiri, ketika tidak ada perkuliahan tatap muka dengan dosen.				
5.	Modul mudah dijalankan atau dioperasikan sehingga mahasiswa tidak mudah jenuh.				
Kriteria Kemudahan					
No.	Pernyataan	SM	M	TM	STM
6.	Modul ini menggunakan bahasa sesuai dengan EYD yang mudah dipahami.				
7.	Modul dapat dibongkar pasang dengan mudah.				
8.	Langkah-langkah pada kegiatan praktikum disusun secara urut.				
9.	Modul telah disertai dengan gambar-gambar informatif.				
10.	Modul tidak tergantung pada media lain selain komputer.				

Kriteria Kinerja					
No.	Pernyataan	SS	S	TS	STS
11.	Alat penyortir dapat memisahkan benda logam dengan baik.				
12.	Trainer sudah dilengkapi dengan petunjuk praktikum yang baik dan benar.				
13.	Trainer telah dilengkapi dengan <i>pilot lamp</i> sebagai lampu indikator.				
14.	Dilengkapi dengan tombol <i>pause</i> yang berfungsi untuk operasi perintah jeda.				
15.	Trainer penyortir logam dapat dikendalikan melalui tombol (<i>push botton</i>) dengan baik.				
Kriteria Tampilan					
No.	Pernyataan	SM	M	TM	STM
16.	Penampang modul yang relatif besar sehingga tiap pergerakan komponen mudah untuk dipahami.				
17.	Buku panduan memiliki tampilan yang menarik dan <i>compact</i> .				
18.	Tata letak komponen pada alat rapi dan runtut.				
19.	Modul praktis karena bentuknya yang <i>portable</i> atau bisa dipindah-pindah dengan mudah.				
20.	Soket <i>jumper</i> mudah untuk di jangkau oleh pemakai (<i>user</i>).				

B. Saran dan Opini

- 1. Bagaimana pendapat dan saran anda tentang trainer dan buku petunjuk pada praktikum ini?

.....
.....
.....
.....

- 2. Sebutkan kelebihan yang terdapat pada trainer dan petunjuk praktikum ini!

.....
.....
.....
.....

- 3. Sebutkan kekurangan yang terdapat pada trainer dan petunjuk praktikum ini!

.....
.....
.....
.....

- 4. Apakah trainer dan petunjuk praktikum ini layak digunakan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah Praktik Dasar Sistem Kontrol?

.....
.....
.....
.....

Demikian, angket ini saya isi dengan sebenar-benarnya.

Semarang, 29 September 2015

.....
NIM.....

Lampiran 2

SILABUS DASAR SISTEM KONTROL

	<p align="center">KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG (UNNES) Kantor: Gedung H It 4 Kampus, Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229 Rektor: (024) 8505081 Fax: (024) 8505082, Pusek 1: (024) 8505001 Website: www.unnes.ac.id - E-mail: unnes2@unnes.ac.id</p>		 SGS UKAS CERTIFIED CERTIFIED 21112042
<p align="center">FORMULIR SILABUS PRAKTIK DASAR SISTEM KONTROL</p>			
No. Dokumen FM-02-AKD-07	No. Revisi 00	Hal 1 dari	Tanggal Terbit 1 September 2012

SILABUS

Program Studi : PTE
 Kode Mata Kuliah :
 Nama Mata Kuliah : Pratik Dasar Sistem Kontrol
 Jumlah SKS : 2
 Pra-sarat :

Deskripsi Mata Kuliah : Mata Kuliah ini mengembangkan kemampuan dasar dalam melakukan rancang bangun aplikasi teknik kontrol yang dibutuhkan di industri

Standar Kompetensi : Mahasiswa dapat memahami dan menerapkan berbagai dasar-dasar teknik kontrol yang dapat dijadikan landasan dalam merancang bangun teknik kontrol sesuai kebutuhan

No	Materi pokok	Penilaian	Sumber Belajar
----	--------------	-----------	----------------

Kompetensi Dasar		Pendekatan Pembelajaran			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Memahami prinsip kerja dan mengaplikasikan dasar kontrol pneumatik	Konsep dasar kontrol otomatis berbasis pneumatik	Praktik	Kinerja, tes	1. Sudana, I Made (2014). Modul Praktikum Dasar Teknik Kontrol Teknik Elektro FT UNNES.
2	Memahami prinsip kerja dan mengaplikasikan dasar kontrol PLC	Konsep dasar kontrol otomatis berbasis PLC	Praktik	Kinerja, tes	
3	Memahami prinsip kerja dan mengaplikasikan dasar kontrol servo mekanik	Konsep dasar kontrol otomatis berbasis pneumatik	Praktik	Kinerja, tes	
4	Memahami prinsip kerja dan mengaplikasikan dasar kontrol IPD	Konsep dasar kontrol otomatis PID	Praktik	Kinerja, tes	
5	Memahami prinsip kerja dan mengaplikasikan dasar kontrol robotik	Konsep dasar kontrol robotik	Praktik	Kinerja, tes	

Mengetahui,
Ka. Prodi PTIK

Semarang, 26 Januari 2015
Dosen Pengampu,

Feddy Setyo Pribadi, S.Pd, M.T
NIP. 197808222003121002

Dr. I Made Sudana, M.Pd
NIP. 195608051984031004

Lampiran 3

BUKU PANDUAN PRAKTIKUM



BUKU PANDUAN PRAKTIKUM

RANCANG BANGUN TRAINER ALAT PENYORTIR BARANG LOGAM DAN NON LOGAM SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PADA MATA KULIAH DASAR SISTEM KONTROL

Oleh

Muhammad Imaduddin

NIM. 5301411018

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2016**

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku panduan praktikum Mata Kuliah Praktik Dasar Sistem Kontrol dapat terselesaikan dengan baik.

Dengan terselesaikannya penulisan modul ini, maka penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Nur Qudus, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
2. Bapak Dr. -Ing. Dhidik Prastiyanto S.T, M.T, selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang.
3. Bapak Dr. I Made Sudana, M.Pd, selaku dosen pembimbing skripsi.
4. Seluruh dosen dan karyawan di jurusan Pendidikan Teknik Elektro.
5. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro 2011.
6. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah membantu sampai terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Semarang, 25 November 2015



Pemulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN AWAL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR	v
SPEKIFIKASI TRAINER ALAT PENYORTIR LOGAM	vii
<i>FLOW CHART</i> TRAINER ALAT PENYORTIR LOGAM	viii
PERCOBAAN I. PERANGKAT PENDUKUNG	1
1. Menginstal <i>CX-Programmer</i> Versi 9.31	3
2. Menggunakan <i>CX-Programmer</i> Versi 9.31	9
PERCOBAAN II. MODUL I/O PLC	13
1. Modul <i>Input</i> pada PLC	14
2. Modul <i>Output</i> pada PLC.....	15
PERCOBAAN III. DIAGRAM <i>LADDER</i>	16
1. Membuat Diagram <i>Ladder</i> sesuai <i>Wiring I/O</i>	19
2. Mentransfer Program dari PC ke dalam PLC	27
PERCOBAAN IV. PENGAWATAN ALAT PENYORTIR LOGAM	32
DAFTAR PUSTAKA	36

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Menu utama pada <i>CX-Programmer</i>	17
Tabel 3.2 Operasi <i>toolbar</i> pada <i>CX-Programmer</i>	18
Tabel 3.3. Tabel <i>Mneumonik</i> pada Alat Penyortir Logam	23

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Konsep Penggunaan <i>Software</i>	2
Gambar 1.2 Membuka <i>File Setup CX-Programmer</i>	3
Gambar 1.3 Pilihan Bahasa	3
Gambar 1.4 <i>InstallShield Wizard</i> (Persiapan Memasang)	4
Gambar 1.5 <i>License Agreement</i>	4
Gambar 1.6 <i>Billing Serial Number</i>	5
Gambar 1.7 <i>Billing Region Information</i>	5
Gambar 1.8 <i>Billing</i> Penempatan Program File	6
Gambar 1.9 <i>Billing Setup Type</i>	6
Gambar 1.10 Tampilan Instalasi <i>CX-Programmer</i>	7
Gambar 1.11 Proses <i>Install CX-One</i>	7
Gambar 1.12 Pemasangan Selesai	8
Gambar 1.13 Tampilan Awal <i>CX-Programmer</i> Versi 9.31	8
Gambar 1.14 Tampilan <i>Windows 7</i>	9
Gambar 1.15 Tampilan Awal <i>CX-Programmer</i> Versi 9.31	10
Gambar 1.16 Cara Membuka Halaman Baru pada <i>CX-Programmer</i>	10
Gambar 1.17 <i>Setting Device</i> pada Piranti PLC	11
Gambar 1.18 Halaman Baru yang Siap diprogram pada <i>CX-Programmer</i>	11
Gambar 1.19 Cara menyimpan file program <i>CX-Programmer</i>	12
Gambar 2.1 <i>Wiring Input</i> pada PLC	14
Gambar 2.2 <i>Wiring Output</i> pada PLC	15

	Halaman
Gambar 3.1 Diagram <i>Ladder</i> Tombol <i>ON/OFF</i>	19
Gambar 3.2 Implementasi Program <i>Stand By</i>	20
Gambar 3.3 Implementasi Diagram <i>Ladder</i> saat Proses Penyortiran	21
Gambar 3.4 Implementasi Tombol <i>Pause</i>	22
Gambar 3.5 Diagram <i>Ladder END</i>	22
Gambar 3.6 Mengaktifkan Koneksi PC dengan PLC	27
Gambar 3.7 Persetujuan untuk Operasi <i>Work Online</i>	27
Gambar 3.8 Simulasi Program	28
Gambar 3.9 Menu untuk Mentransfer Program ke PLC	29
Gambar 3.10 Pilihan <i>Transfer</i>	29
Gambar 3.11 Mengubah PLC menjadi Mode Program	30
Gambar 3.12 Proses <i>Transfer</i>	30
Gambar 3.13 Perintah Mengubah PLC Menjadi Mode <i>RUN</i>	31
Gambar 4.1 <i>Wiring</i> Alat Penyortir Logam dan Non-Logam	35

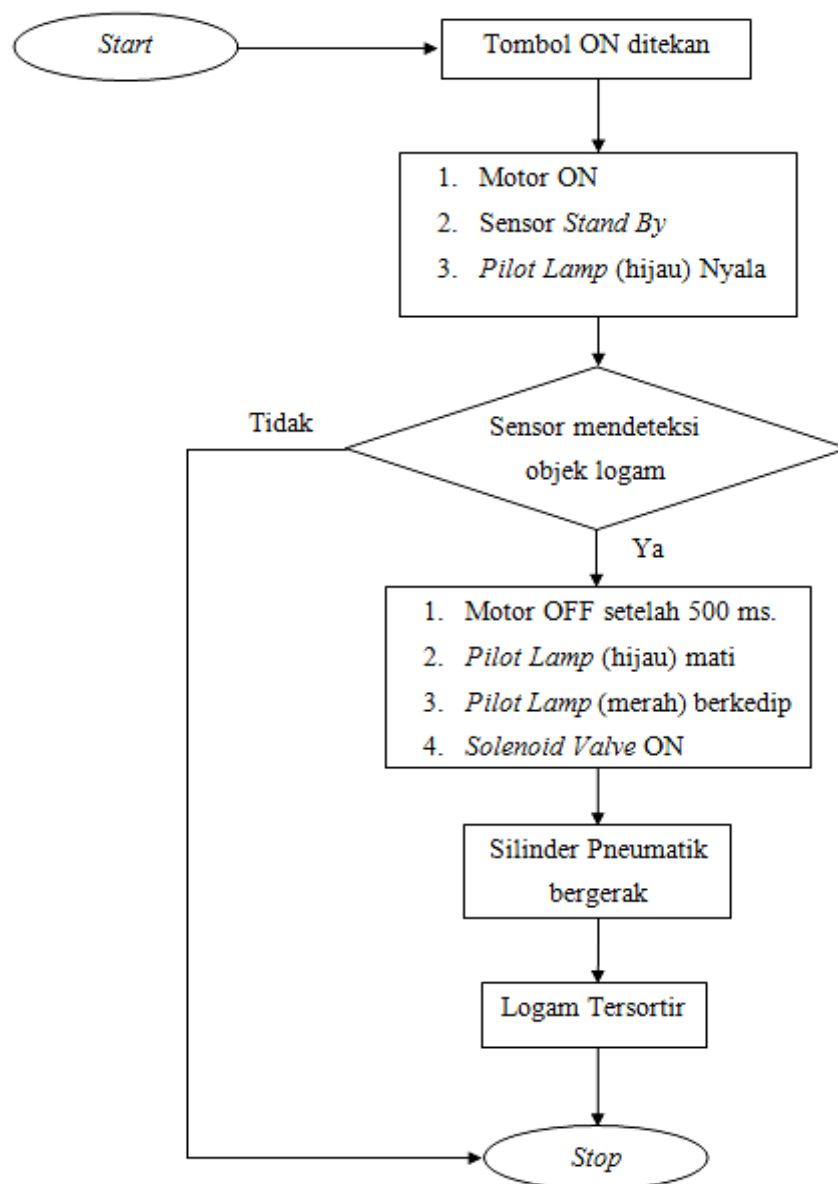
**Alat Penyortir Barang Logam dan Non-Logam Sebagai Media Pembelajaran
pada Mata Kuliah Dasar Sistem Kontrol**

Spesifikasi Trainer

1. Kontrol utama PLC Omron CP1E-E20 SDR-A dengan 20 I/O.
2. *Input voltage* 220 V_{AC}
3. Catu daya 12 V_{DC} dan 24 V_{DC}
4. Bahan modul menggunakan akrilik dengan ukuran 60 cm x 30 cm dan dengan ketebalan 5 mm.
5. Kotak kendali menggunakan akrilik dengan ukuran 30 cm x 24,5 cm dan dengan ketebalan 4 mm
6. USB *port* koneksi ke PC / Laptop
7. Sensor *proximity* induktif E2A-M12KS04-WP-B1, dengan tegangan 24 V_{DC} dan ketelitian jarak ± 4 mm
8. Silinder pneumatik Chelic, *double acting cylinder* dan ukuran 16-50 mm
9. Motor DC 12 V_{DC}, dengan *ratio* 1 : 6 (68,3 rpm)
10. Solenoid *valve* dengan tegangan 24 V_{DC}.

Alat Penyortir Logam dan Non-Logam dengan Piranti Kontrol PLC

Secara umum cara kerja alat penyortir logam dan non-logam dengan piranti kontrol PLC ini dapat diilustrasikan dengan *flow chart* berikut ini :



PERCOBAAN 1**Menggunakan *Software* Pendukung****1. Tujuan :**

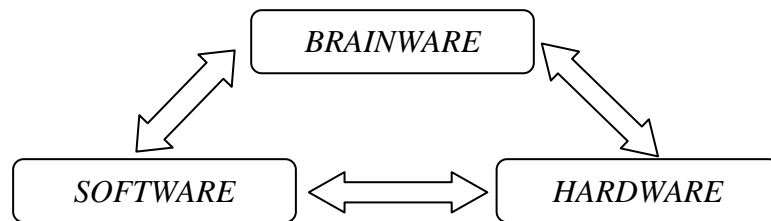
- a. Mahasiswa memahami kegunaan *software CX-Programmer* versi 9.31
- b. Mahasiswa dapat menginstal *software CX-Programmer* versi 9.31.
- c. Mahasiswa mampu mengoperasikan *software CX-Programmer* versi 9.31

2. Uraian :

CX-Programmer adalah sebuah perangkat lunak (*software*) yang berfungsi untuk memprogram suatu diagram *ladder* pada PLC merek OMRON. Perangkat lunak ini beroperasi di bawah sistem operasi *Windows*, oleh sebab itu pemakai perangkat lunak *CX-Programmer* diharapkan sudah familier dengan sistem operasi *Windows*, antara lain untuk menjalankan *software* program aplikasi, membuat file, membuka file, menyimpan file, menutup file, dan keluar dari program.

Pada penggunaan *CX-Programmer* terdapat beberapa persyaratan minimum yang harus dipenuhi untuk dapat menginstal dan mengoperasikan *CX-Programmer* secara optimal, yaitu Komputer IBM PC/AT kompatibel, CPU Pentium I minimal 133 MHz, RAM 32 MB, *hard disk* dengan ruangan kosong kurang lebih 100 MB, Monitor SVGA dengan resolusi 800 x 600, dan *Windows XP*.

Konsep tri-tunggal yang tidak dapat dipisahkan antara satu sama lain pada proses pemrograman.



Gambar 1.1 Konsep Penggunaan *Software*

- a. *Brainware* merupakan bagian terpenting dalam konsep pemrograman, yang artinya perangkat intelektual yang mengoperasikan dan mengeksplorasi kemampuan dari perangkat keras dan perangkat lunak. *Brainware* sering juga disebut dengan pemakai (*user*).
- b. *Hardware* merupakan suatu komponen yang dapat terlihat dan dapat disentuh secara fisik dalam proses pemrograman, seperti : komputer PC.
- c. *Software* merupakan perangkat lunak yang artinya komponen yang berisi data-data pada suatu komputer yang diformat dan disimpan secara digital.

3. Komponen dan Peralatan :

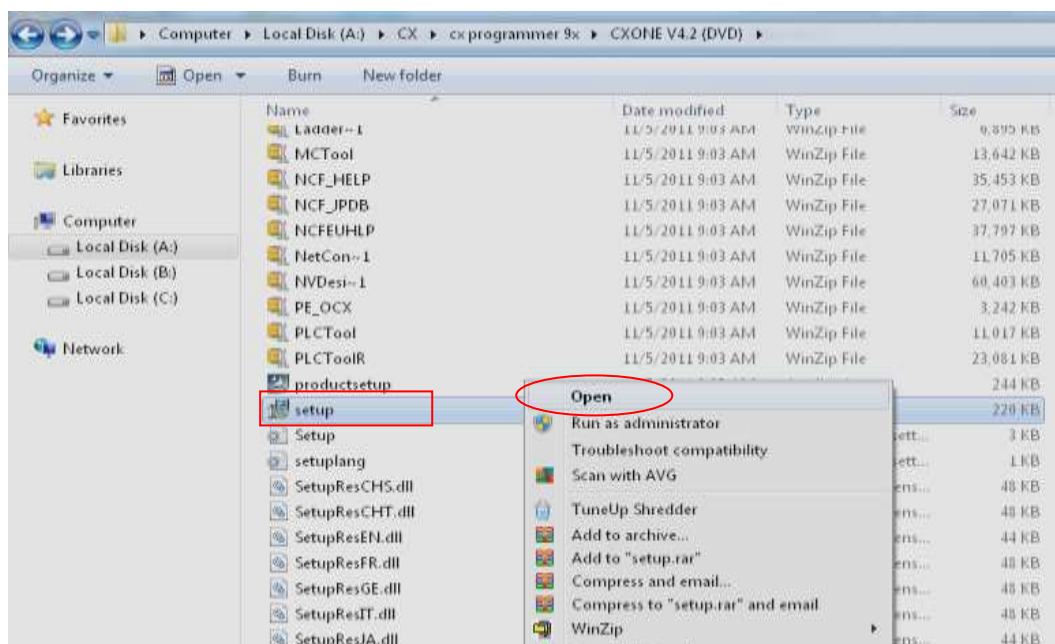
- a. Satu *set* PC dengan OS *Windows XP*
- b. CD *drive* berisi *software CX-Programmer* versi 9.31
- c. Buku panduan sebagai petunjuk.

4. Percobaan :

Menginstal *software CX-Programmer*

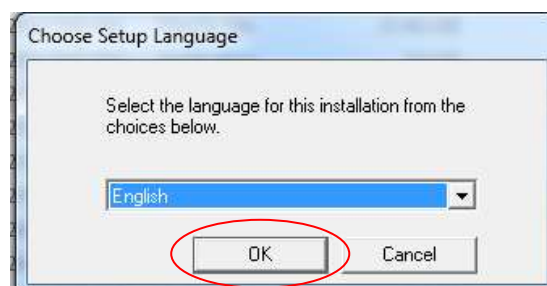
Berikut merupakan tahapan untuk menginstal *software CX-Programmer 9.31*:

- a. Buka folder *drive* yang berisi “*setup*” pada *CD drive CX-Programmer*.
- b. Klik 2x pada file “*setup*” atau dengan klik kanan kemudian pilih *Open*.



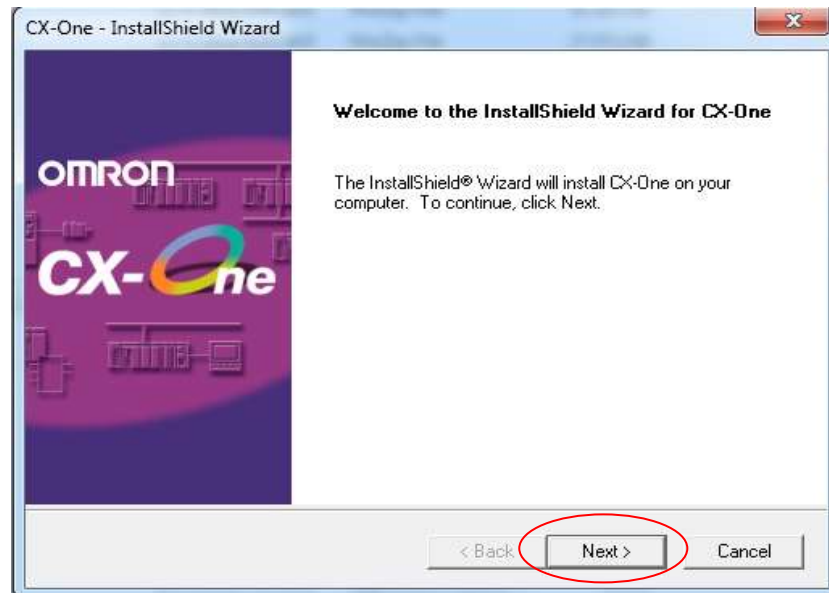
Gambar 1.2 Membuka file *setup* *CX-Programmer*

- c. Selanjutnya akan muncul *billing Choose Setup Language* (pilihan bahasa pada proses pasang seperti berikut, Kemudian klik **OK** untuk melanjutkan.



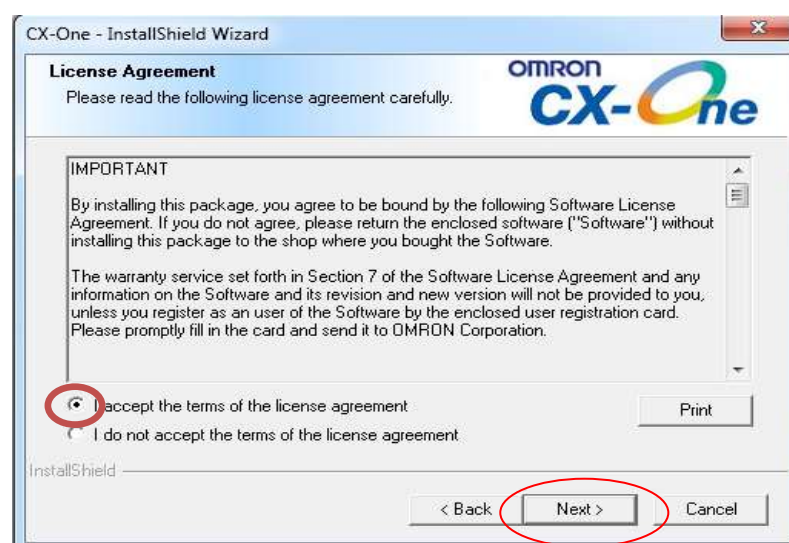
Gambar 1.3 Pilihan Bahasa

- d. Kemudian muncul *InstallShield Wizard* seperti di bawah ini, klik *Next* untuk melanjutkan *install*.



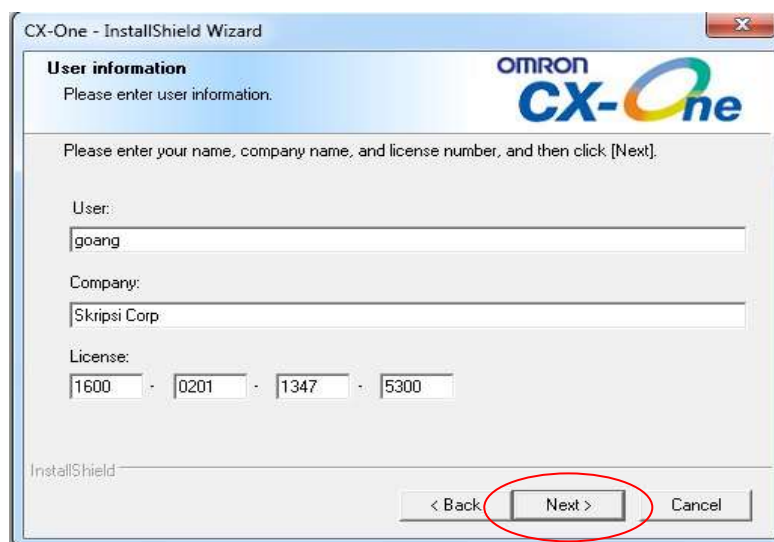
Gambar 1.4 *InstallShield Wizard* (Persiapan Memasang)

- e. Pada tampilan selanjutnya muncul *License Agreement*. Pilih “*I accept the terms of the license agreement*”. Kemudian klik *Next* untuk melanjutkan.



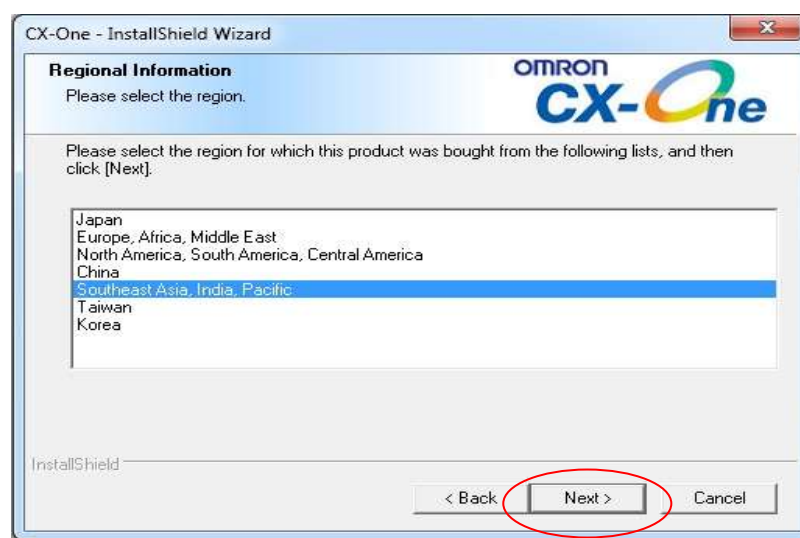
Gambar 1.5 *License Agreement*

- f. Kemudian akan muncul *billing* yang meminta “*name user, company dan serial number*”, isikan sesuai serial number bawaan *CX-Programmer* yang ada pada *CD drive*. Klik *Next* untuk melanjutkan install.



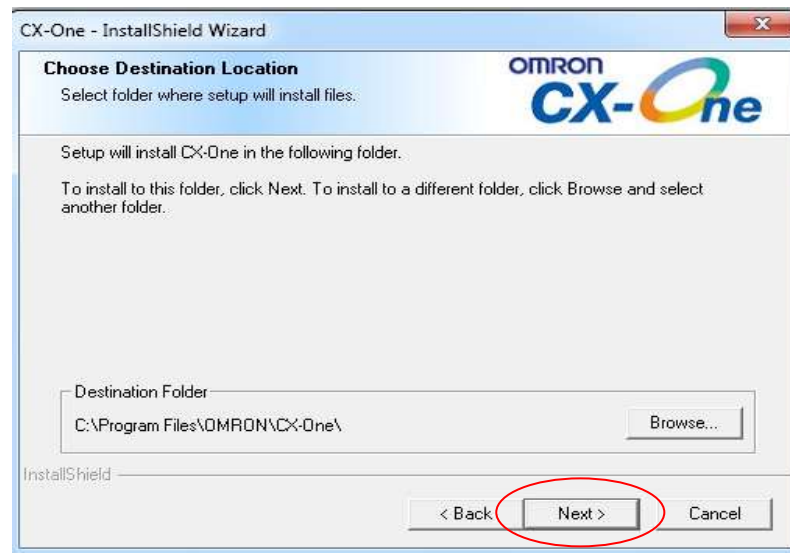
Gambar 1.6 Billing serial number

- g. Pilih *Region* terdekat dengan keberadaan pengguna, dan klik *Next* untuk melanjutkan *install*.



Gambar 1.7 Billing Region Information

- h. Selanjutnya muncul *billing* penempatan file install-an, **Browse** jika ingin merubah *drive*, klik **Next** untuk melanjutkan.



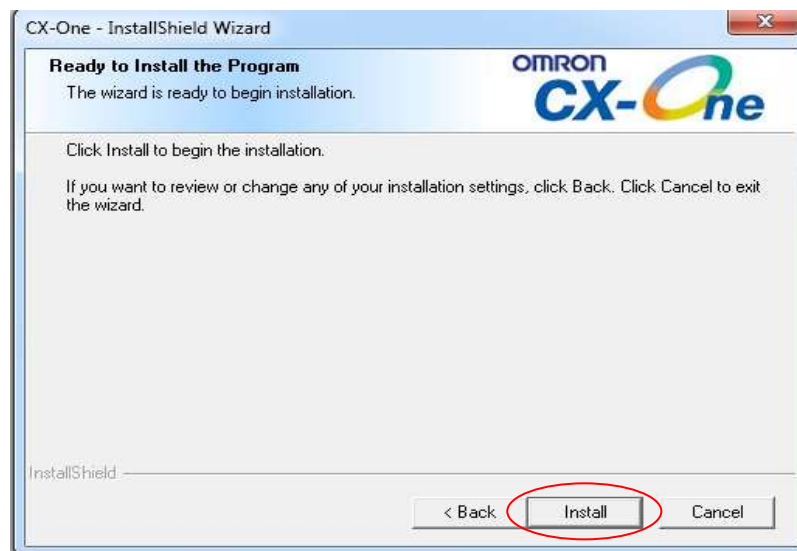
Gambar 1.8 *Billing* Penempatan Program File

- i. Pilih **Complete**, untuk normal *installation*, dan **Next** untuk melanjutkan.



Gambar 1.9 *Billing* Setup Type

- j. Klik **Install** untuk melakukan proses instalasi *CX-Programmer*.



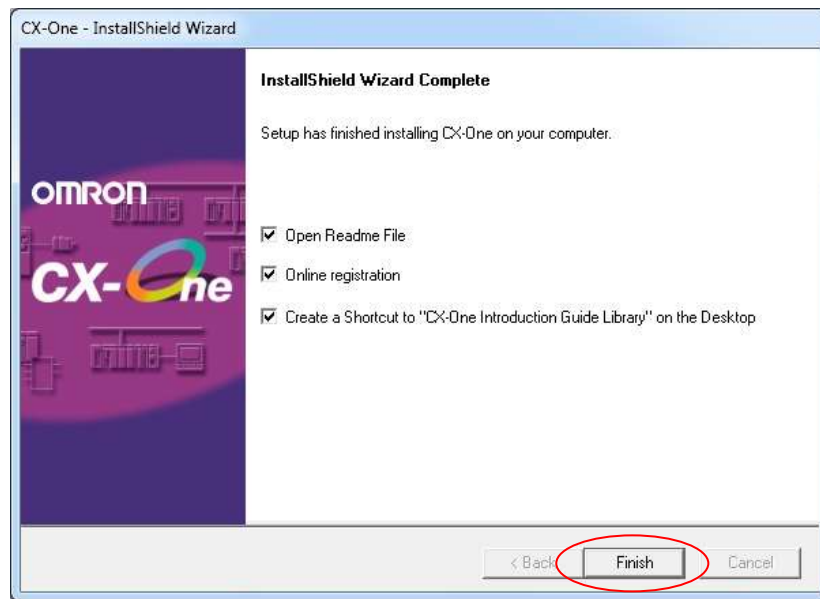
Gambar 1.10 Tampilan Instalasi *CX-Programmer*

- k. Tunggu hingga *loading* selesai.



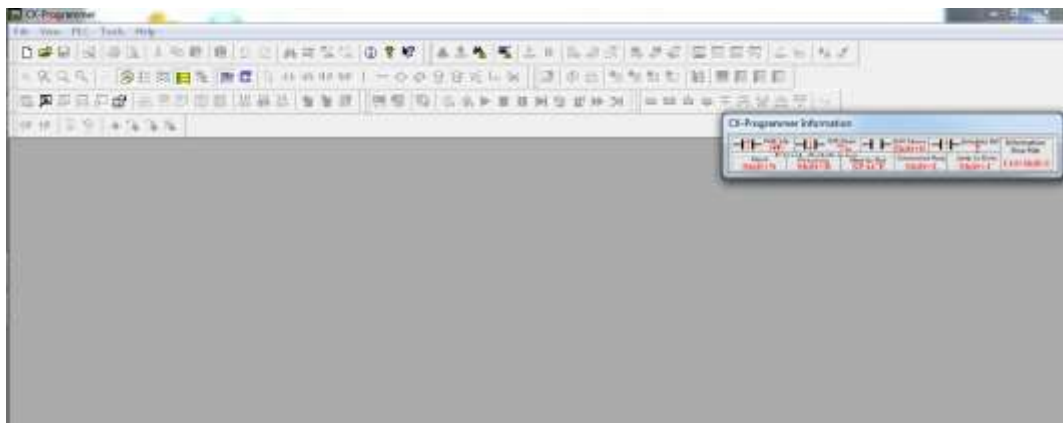
Gambar 1.11 Proses *Install CX-One*

1. Proses *install* selesai, klik **Finish** untuk mengakhiri.



Gambar 1.12 *Install* selesai

- m. Tampilan awal *CX-Programmer* versi 9.31

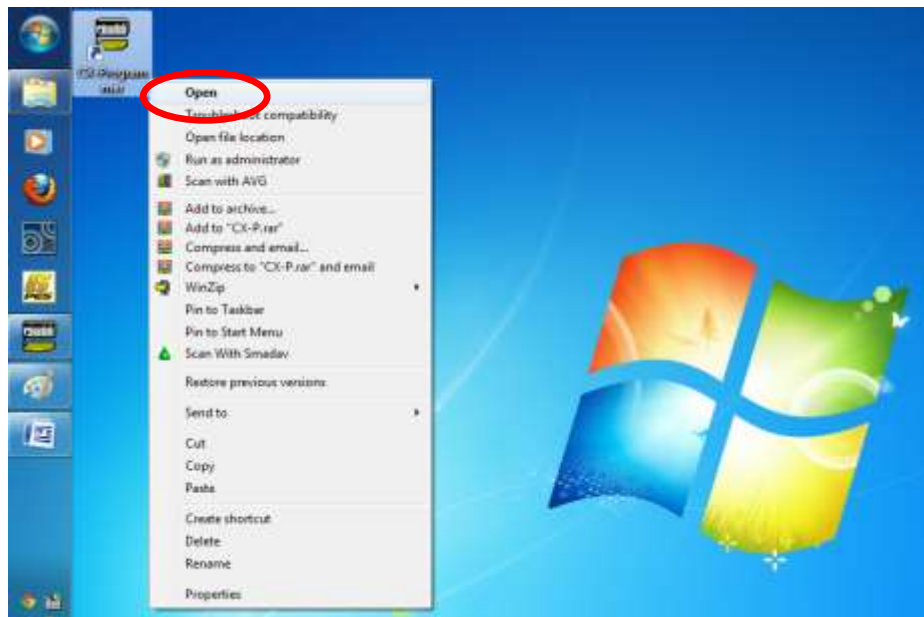


Gambar 1.13 Tampilan Awal *CX-Programmer* Versi 9.31

Membuka Halaman Baru pada CX-Programmer

Berikut merupakan tahap-tahap dalam membuat program baru pada CX-Programmer versi 9.31.

- a. Buka *software CX-Programmer* yang telah diinstall di PC / laptop dengan cara klik tombol **Start** > **All Program** > **Omron** > **CX One** > **CX Programmer** atau dengan cara *double click* (klik 2x) pada *shortcut* aplikasi yang terdapat pada desktop layar utama atau langsung dengan klik kanan pada *mouse* lalu pilih **Open**.



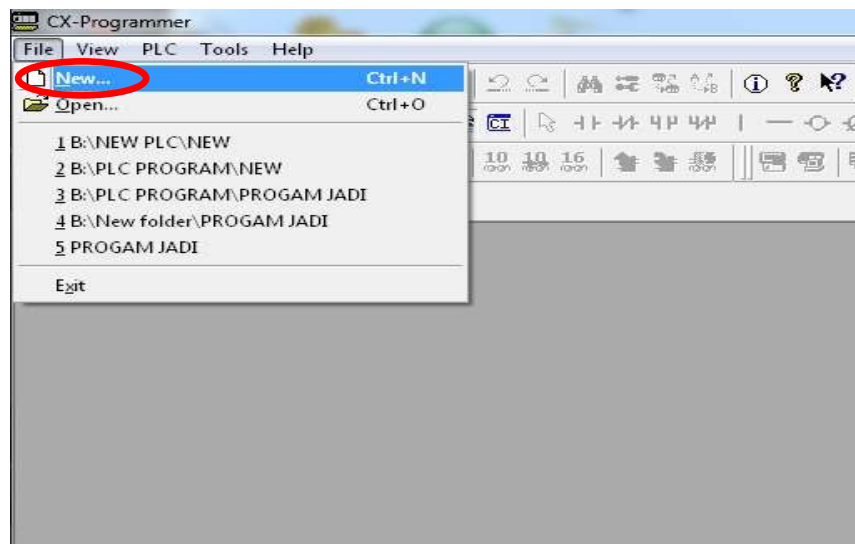
Gambar 1.14 Tampilan *Windows 7*

- b. Tampilan awal *CX-Programmer* versi 9.31



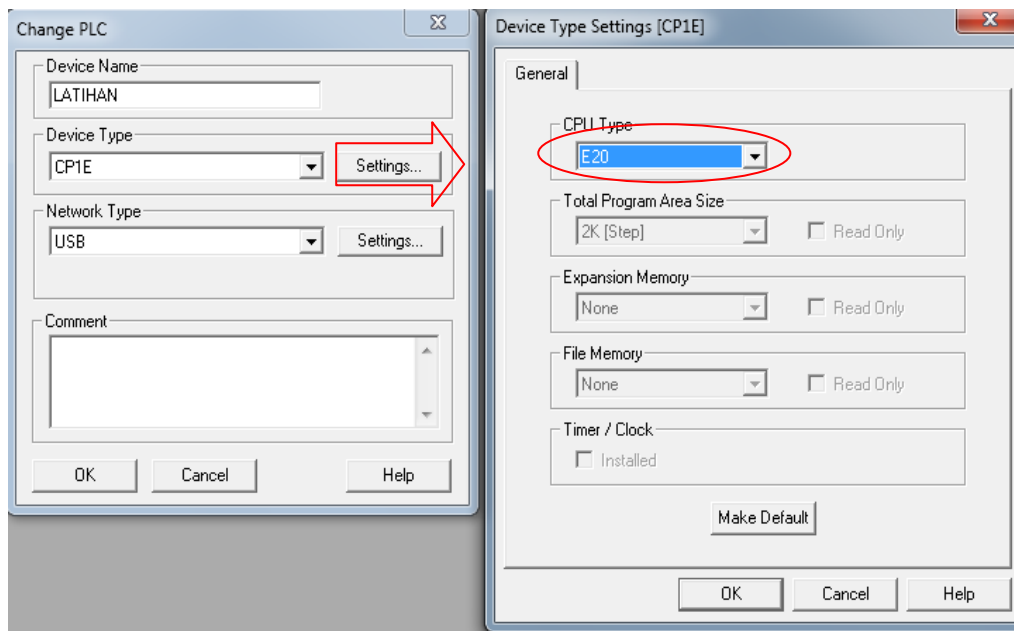
Gambar 1.15 Tampilan Awal *CX-Programmer* Versi 9.31

- c. Pilih *File > New* atau dengan formula (**Ctrl + N**), untuk membuka *page* baru.



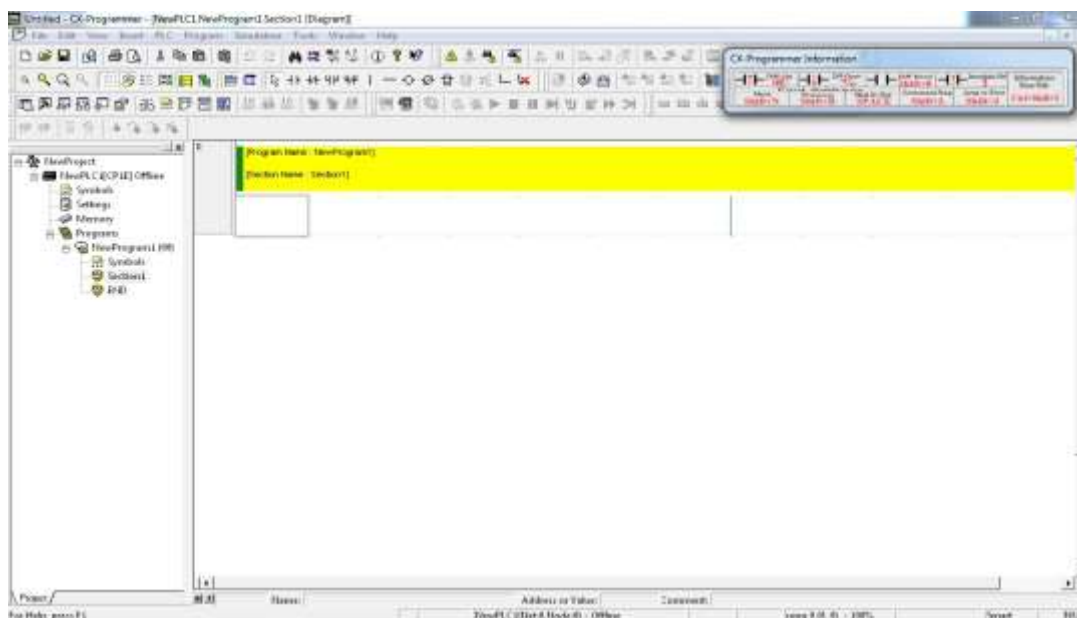
Gambar 1.16 Cara Membuka Halaman Baru pada *CX-Programmer*

- d. Selanjutnya akan muncul *billing Setting Device* berupa tipe dan *input/output* yang sesuai dengan PLC yang digunakan. Kemudian klik OK.



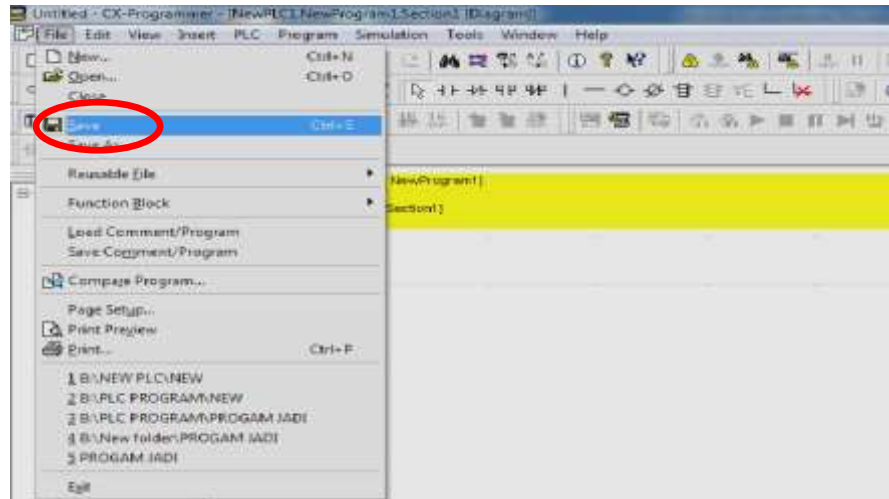
Gambar 1.17 *Setting Device* pada Piranti PLC

- e. Halaman baru yang siap diprogram.



Gambar 1.18 Halaman Baru yang Siap diprogram pada *CX-Programmer*

- f. Setelah selesai memprogram, simpan file dapat dilakukan dengan cara **File** > **Save** atau dengan formula (**Ctrl + S**), seperti pada gambar berikut :



Gambar 1.19 Cara menyimpan file program CX-Programmer

- g. Pilih lokasi *drive* yang diinginkan untuk menyimpan file program, simpan file dengan nama yang anda inginkan. Kemudian klik **OK** untuk menyelesaikan penyimpanan.

Percobaan 2**Modul *Input / Output* PLC****1. Tujuan :**

- a. Mahasiswa dapat membedakan modul *input/output* pada PLC Omron.
- b. Mahasiswa dapat memahami gambar *wiring input/output* PLC.
- c. Mahasiswa mampu mengaplikasikan modul I/O PLC secara nyata.

2. Uraian :

Modul *input/output* merupakan bagian dari PLC yang berhubungan dengan perangkat luar yang memberikan masukan kepada *Central Processing Unit* (CPU), seperti saklar dan sensor, maupun keluaran dari CPU, seperti lampu, motor, dan *solenoid valve*. Modul I/O dapat berupa sinyal digital maupun analog.

Secara fisik, rangkaian *input/output* terpisah dengan unit CPU secara kelistrikan. Hal ini berfungsi untuk menjaga agar kerusakan pada peralatan *input/output* tidak menyebabkan terjadinya hubung singkat pada unit CPU.

3. Komponen dan Peralatan :

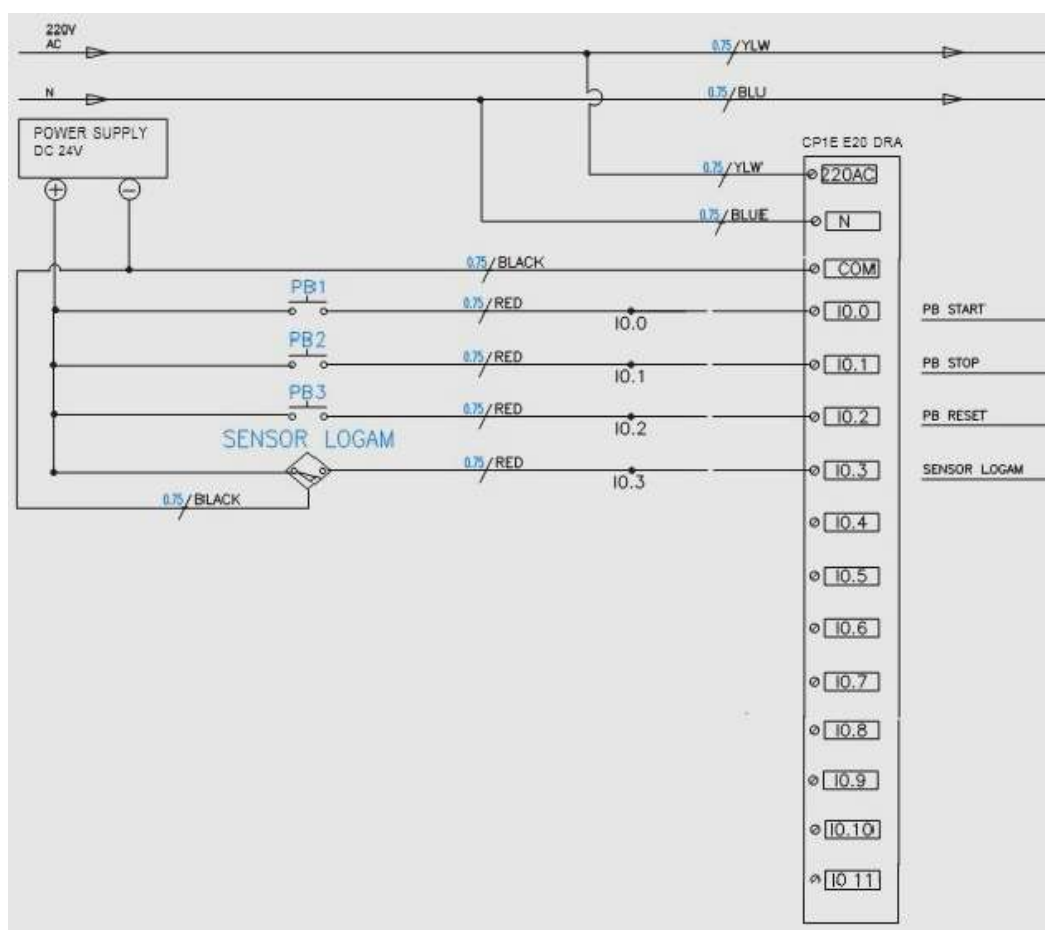
- a. Buku Panduan
- b. *Box* Kendali PLC

4. Percobaan :

Merangkai *input/output* pada PLC Omron CP1E-E20

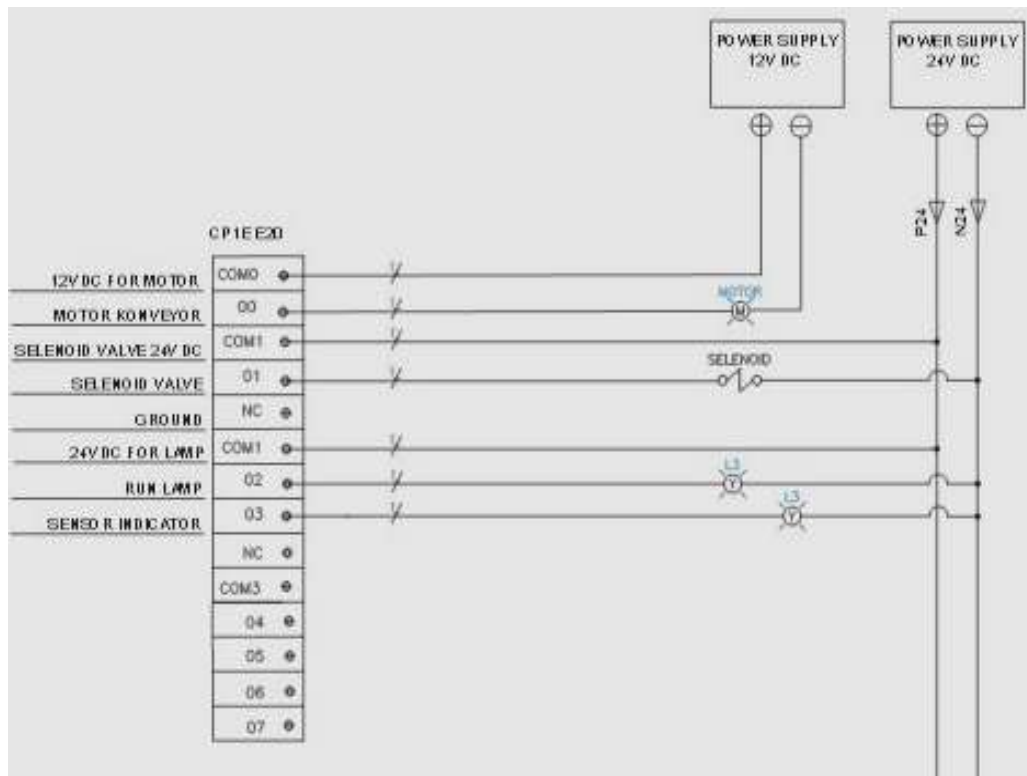
Input pada PLC merupakan perangkat antarmuka yang berfungsi memberikan sinyal pada PLC,. Kali ini yang digunakan adalah 3 buah *push button* dan sensor *proximity* induktif sebagai pendeteksi adanya benda logam.

Gambar di bawah adalah diagram pengawatan *input* PLC.



Gambar 2.1 Wiring *Input* pada PLC

Output merupakan perangkat antarmuka yang dimiliki PLC yang berfungsi sebagai penerima sinyal olahan berupa perintah dari PLC. Kali ini *output* yang dikendalikan berupa : motor DC, solenoid *valve*, dan 2 buah *pilot lamp*.



Gambar 2.2 Wiring Output pada PLC

Percobaan 3**Menggambar Diagram *Ladder*****1. Tujuan :**

- a. Mahasiswa dapat memahami materi diagram *ladder*.
- b. Mahasiswa mampu mengimplementasikan gambar *wiring* menjadi diagram *ladder* dan logika mnemonic pada CX-Programmer 9.31.
- c. Mahasiswa mampu mentransfer program ke dalam PLC.

2. Uraian :

Ladder diagram atau diagram tangga sering juga disebut relay diagram adalah bahasa yang paling populer untuk membuat program pada PLC tertentu, yang berupa simbol dari skema diagram rangkaian listrik.

Diagram tangga atau *Ladder* diagram terdiri dari sebuah garis menurun ke bawah pada sisi kiri dengan garis-garis bercabang ke kanan. Garis yang ada di sisi kiri disebut sebagai palang bus (*bus bar*), sedangkan garis-garis cabang (*the branching lines*) adalah baris instruksi atau anak tangga. Sepanjang garis instruksi ditempatkan berbagai macam kondisi yang berhubungan ke instruksi lain di sisi kanan. Kombinasi logika dari kondisi-kondisi tersebut menyatakan kapan dan bagaimana instruksi yang ada di sisi kanan tersebut dikerjakan

Terdapat beberapa menu (*command*) yang perlu diketahui pada layar utama *CX-Programmer*.

Tabel 3.1 Menu utama pada *CX-Programmer*

	Menu / Command	Fungsi
<i>File</i>	<i>File > New</i>	Membuat file baru
	<i>File > Open</i>	Membuka file program
	<i>File > Save</i>	Menyimpan file program
	<i>File > Exit</i>	Keluar dari <i>CX-Programmer</i>
<i>View</i>	<i>View > Toolbar</i>	Menampilkan / menyembunyikan <i>toolbar</i>
<i>Tool</i>	<i>Tool > Option</i>	Mengatur beberapa opsi
<i>Help</i>	<i>Help Topic</i>	Meminta penjelasan menurut topik
	<i>Help Content</i>	Meminta penjelasan menurut isi

CX-Programmer memberikan kebebasan kepada *user* untuk membuat program dalam bentuk *ladder diagram* atau kode *mneumonik*. Akan tetapi program menggunakan *ladder diagram* lebih baik dan lebih sering digunakan.

Pemakai (*user*) juga diberi kebebasan untuk menggunakan operasi *toolbar* atau *shortcut keyboard*.

Fungsi masing-masing *toolbar* ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 3.2 Operasi *toolbar* pada *CX-Programmer*

Menu / Command	Shortcut
<i>Insert > Contact > Normally Open</i>	C
<i>Insert > Contact > Normally Closed</i>	/
<i>Insert > Vertical > Up</i>	U
<i>Insert > Vertical > Down</i>	V
<i>Insert Horizontal</i>	-
<i>Insert > Coil > Normally Open</i>	O
<i>Insert > Coil > Normally Closed</i>	Q
<i>Insert Instruction</i>	I

Operasi pemrograman PLC dibedakan menjadi operasi *offline* dan operasi *online*. Operasi ***Offline*** adalah kegiatan pemrograman yang tidak memerlukan unit PLC, misalnya : membuat diagram *ladder* dan menyimpan program. Sedangkan operasi ***Online*** adalah kegiatan pemrograman yang membutuhkan adanya unit PLC, misalnya : mentransfer program, memonitor program dan menjalankan program.

Transfer program dibedakan menjadi 2 yaitu *download* dan *upload*. ***Download*** adalah pemindahan program dari komputer PC menuju PLC, sedangkan ***upload*** adalah pemindahan program dari PLC menuju komputer.

3. Komponen dan Peralatan :

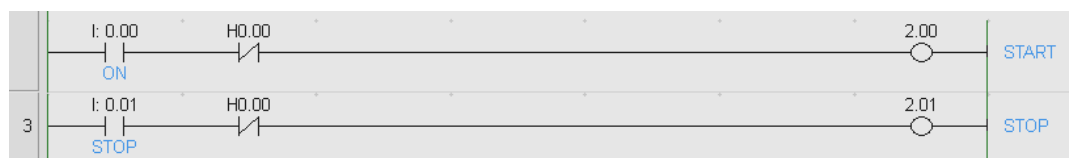
- a. Komputer PC / Laptop yang terinstall *CX-Programmer*.
- b. Kabel USB *Transfer*.
- c. PLC Omron CP1E-E20
- d. Buku Panduan Praktikum

4. Percobaan :

Membuat Diagram *Ladder* Sesuai Modul Alat Penyortir

- a. Tombol *ON/OFF*

Tombol *ON/OFF* digunakan untuk menghidupkan dan mematikan sistem pada alat penyortir logam dan non-logam yang menggunakan piranti kontrol PLC. Berikut merupakan diagram *ladder* untuk menjalankan fungsi tersebut.

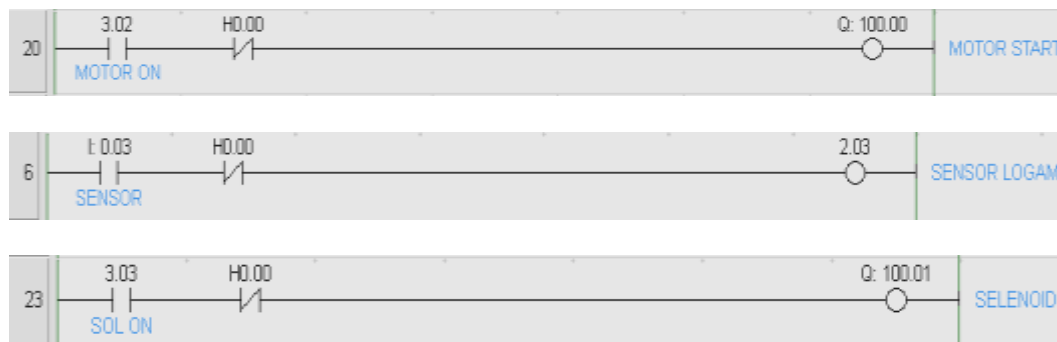


Gambar 3.1 Diagram *Ladder* Tombol *ON/OFF*

- b. Program *Stand By*

Stand by (siaga) adalah waktu dimana alat sudah dalam keadaan ON, motor sudah berputar untuk menggerakkan konveyor, sensor *proximity* induktif dan solenoid *valve* dalam keadaan hidup, namun tanpa adanya objek dalam sistem.

Hal ini ditandai dengan lampu indikator hijau yang menyala. Berikut merupakan implementasi dari diagram *ladder* untuk program siaga.

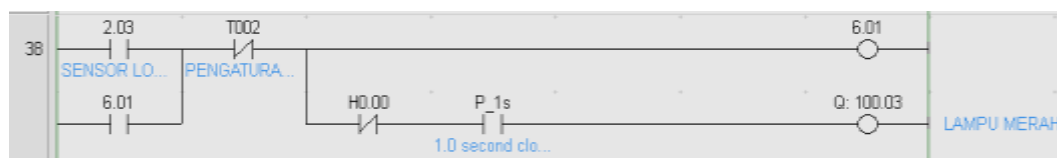


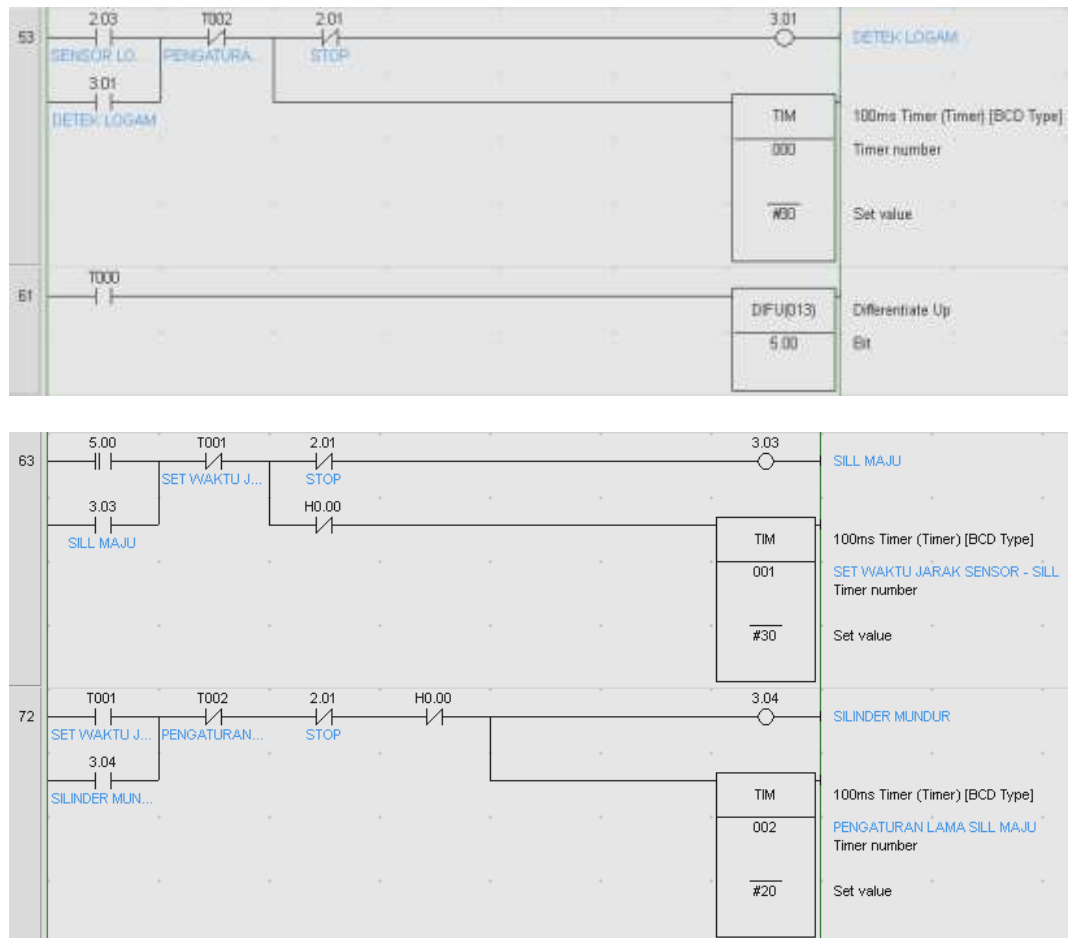
Gambar 3.2 Implementasi Program *Stand By*

c. Logam Terdeteksi

Setelah PLC mendapatkan sinyal masukan dari sensor *proximity*, kemudian PLC memerintahkan untuk menghentikan motor DC sebagai penggerak utama pada konveyor. Selanjutnya PLC memerintahkan solenoid *valve* untuk menjalankan silinder *double acting* untuk menyortir logam dengan cara maju mendorong benda logam.

Kejadian ini ditandai dengan lampu indikator warna merah menyala. Berikut merupakan implementasi dari diagram *ladder* saat sistem mendeteksi benda logam.



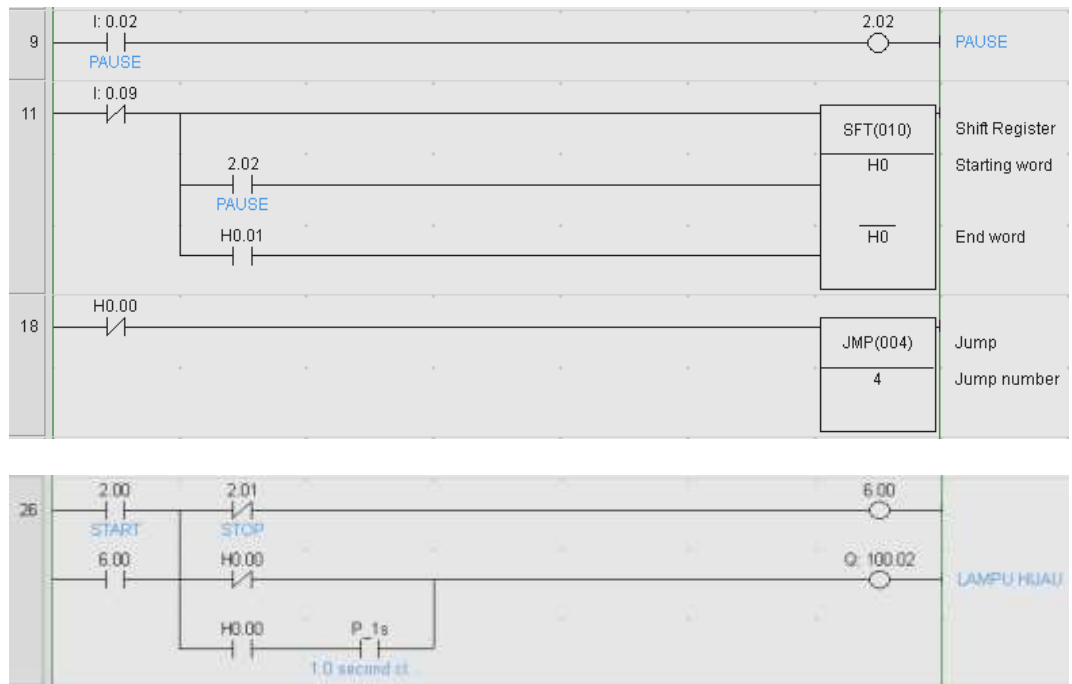


Gambar 3.3 Implementasi Diagram *Ladder* saat Proses Penyortiran

d. Tombol *Pause*

Kata *pause* memiliki arti jeda. Jadi tombol *pause* dapat dipahami sebagai tombol yang sengaja dirancang untuk memberikan jeda pada sistem saat beroperasi. Setelah tombol *pause* ditekan sekali sistem akan berhenti, saat ditekan 2 kali sistem akan melanjutkan kerjanya lagi.

Saat tombol *pause* ditekan ditandai dengan lampu indikator berwarna hijau menyala berkedip. Berikut merupakan implementasi dari diagram *ladder* saat tombol *pause* ditekan.



Gambar 3.4 Implementasi Tombol *Pause*

e. Selesai

Diagram *ladder* dengan instruksi *END* berfungsi untuk mengakhiri program. PLC tidak akan mengeksekusi suatu program apabila program belum diakhiri.



Gambar 3.5 Diagram *Ladder END*

Tabel logika *mneumonik* pada pemrograman alat penyortir logam dan non-logam dengan piranti kontrol PLC Omron CP1E adalah sebagai berikut :

Tabel 3.3. Tabel *Mneumonik* pada Alat Penyortir Logam

<i>Rung</i>	<i>Step</i>	Instruksi	<i>Operand</i>
	0	LD	0.00
	1	ANDNOT	H0.00
	2	OUT	2.00
	3	LD	0.01
	4	ANDNOT	H0.00
	5	OUT	2.01
	6	LD	0.03
	7	ANDNOT	H0.00
	8	OUT	2.03
	9	LD	0.02
	10	OUT	2.02
	11	LDNOT	0.09
	12	OUT	TR0
	13	LD	TR0
	14	AND	2.02
	15	LD	TR0
	16	AND	H0.01
	17	SFT(010)	H0 H0
	18	LDNOT	H0.00
	19	JMP (004)	4
	20	LD	3.02
	21	ANDNOT	H0.00
	22	OUT	100

	23	LD	3.03
	24	ANDNOT	H0.00
	25	OUT	100.01
	26	LD	2.00
	27	OR	6.00
	28	OUT	TR0
	29	ANDNOT	2.01
	30	OUT	6.00
	31	LD TR0	TR0
	32	LDNOT	H0.00
	33	LD	0.00
	34	AND	P_1s
	35	ORLD	
	36	ANDLD	
	37	OUT	100.02
	38	LD	2.03
	39	OR	6.01
	40	ANDNOT	T002
	41	OUT	6.01
	42	ANDNOT	H0.00
	43	AND P_1s	P_1s
	44	OUT	100.03
	45	LD	2.00
	46	OR 3.00	3.00
	47	OUT TR0	TR0
	48	ANDNOT	2.01
	49	OUT	3.00
	50	LD	TR0
	51	ANDNOT	T000
	52	OUT	3.02

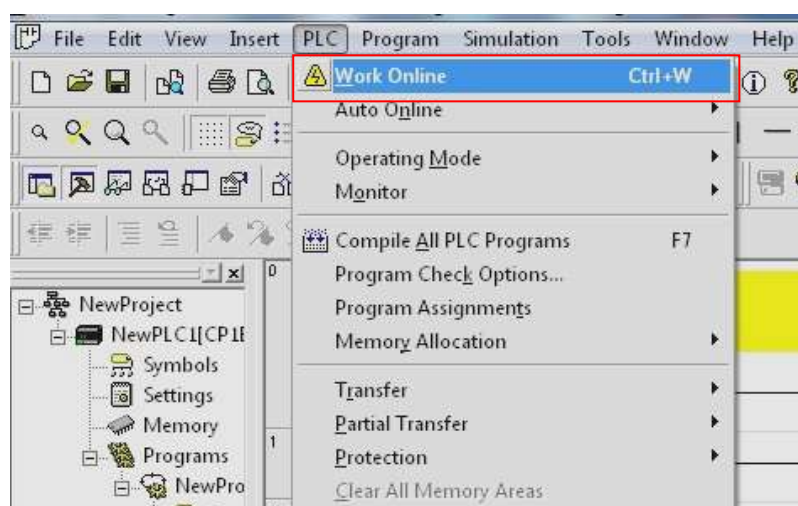
<i>Rung</i>	<i>Step</i>	<i>Instruksi</i>	<i>Operand</i>
	53	LD	2.03
	54	OR	3.01
	55	ANDNOT	T002
	56	OUT	TR0
	57	ANDNOT	2.01
	58	OUT	3.01
	59	LD	TR0
	60	TIM	000 #30
	61	LD T000	
	62	DIFU(013)	5.00
	63	LD	5.00
	64	OR	3.03
	65	ANDNOT	T001
	66	OUT	TR0
	67	ANDNOT	2.01
	68	OUT	3.03
	69	LD	TR0
	70	ANDNOT	H0.00
	71	TIM	001 #30
	72	LD	T001
	73	OR	3.04
	74	ANDNOT	T002
	75	ANDNOT	2.01
	76	ANDNOT	H0.00
	77	OUT	3.04
	78	TIM	002 #20

<i>Rung</i>	<i>Step</i>	<i>Instruksi</i>	<i>Operand</i>
	79	JME(005)	#04
	80	END(001)	

Mentransfer Program ke PLC

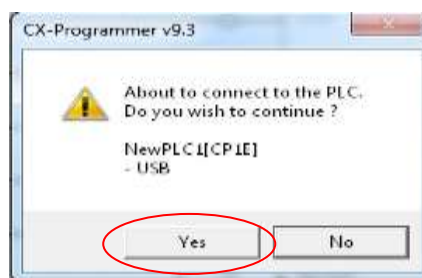
Setelah proses pemrograman selesai, tahap selanjutnya yaitu mentransfer program ke PLC. Adapun tahap-tahap dalam mentransfer program dari PC menuju PLC, adalah sebagai berikut :

- a. Klik menu bar **PLC > Work Online** atau dengan formulas **Ctrl + W**, untuk mengaktifkan koneksi PC dengan PLC dengan menggunakan piranti hubung kabel USB.



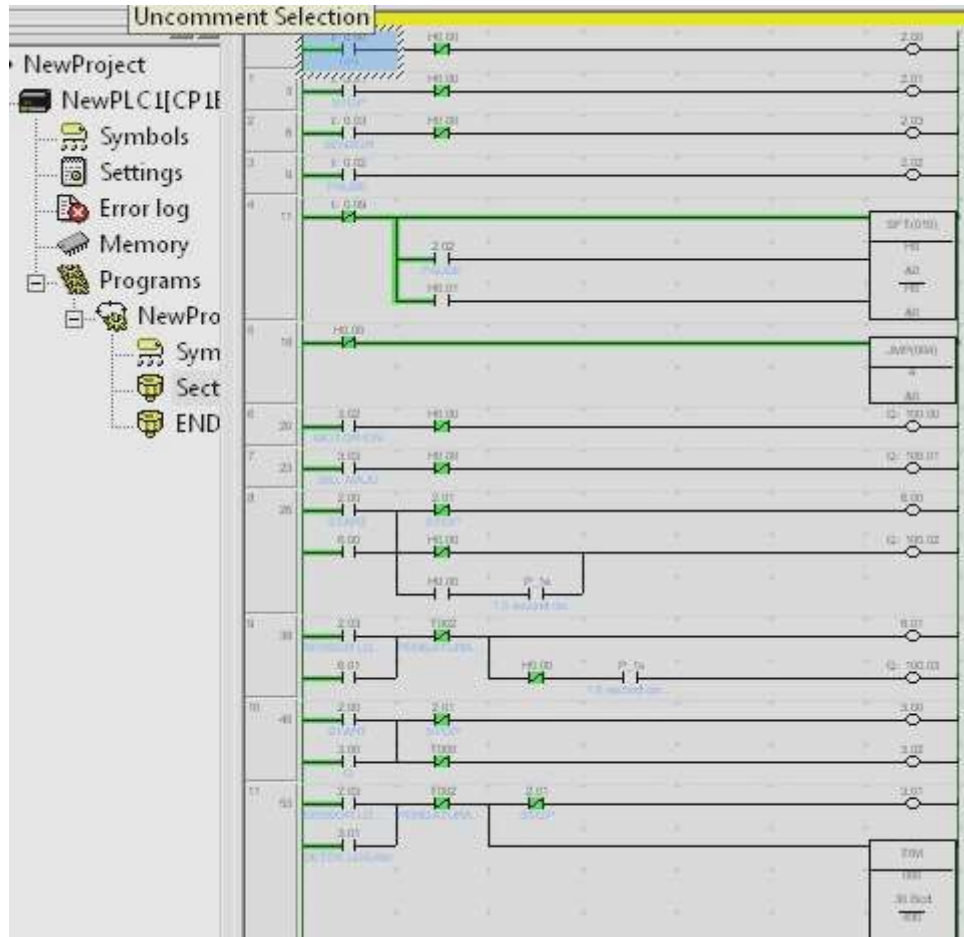
Gambar 3.6 Mengaktifkan Koneksi PC dengan PLC

- b. Selanjutnya muncul *billing* persetujuan, klik **Yes** untuk melanjutkan operasi **Work Online**.



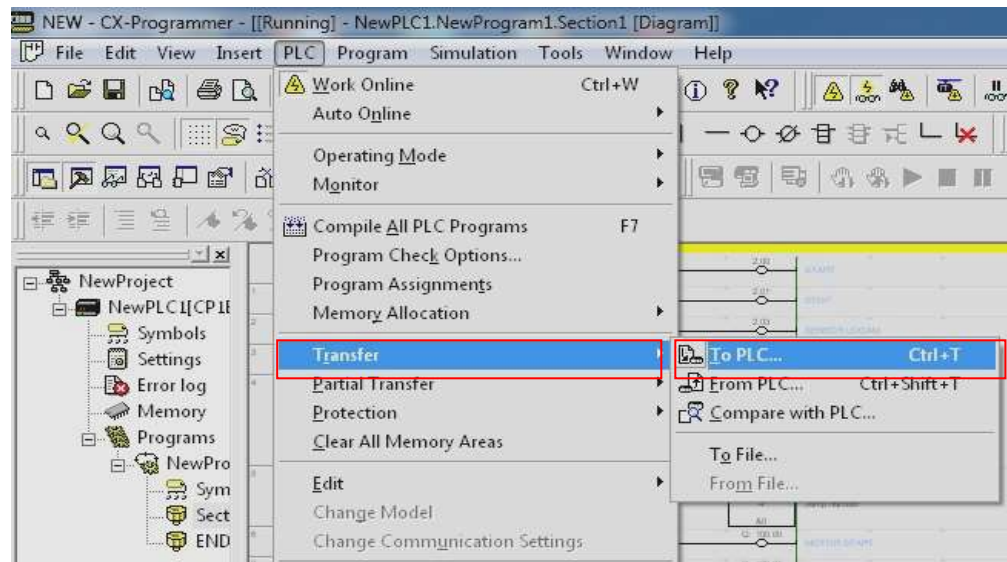
Gambar 3.7 Persetujuan untuk Operasi *Work Online*

- c. Ketika muncul **garis warna hijau** pada diagram *ladder* yang berarti program tersebut sudah benar dan dapat disimulasikan.



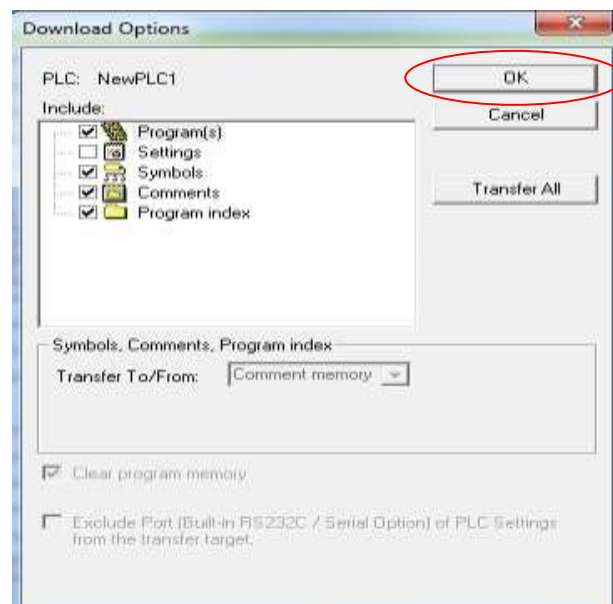
Gambar 3.8 Simulasi Program

- d. Selanjutnya, klik menu bar **PLC > Transfer > To PLC** atau dengan formulas **Ctrl + T**.



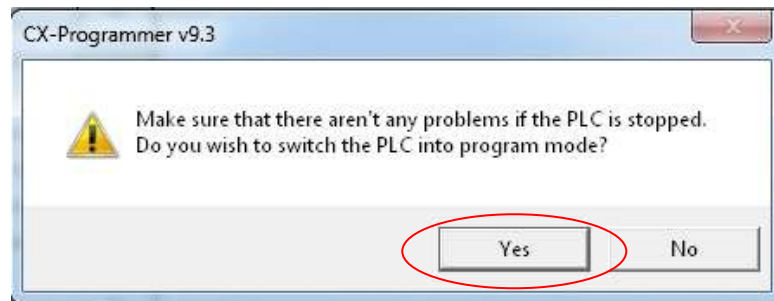
Gambar 3.9 Menu untuk Mentransfer Program ke PLC

- e. Kemudian muncul *billing download option* yang berisi apa saja yang akan ditransfer, Klik **OK** untuk melanjutkan.



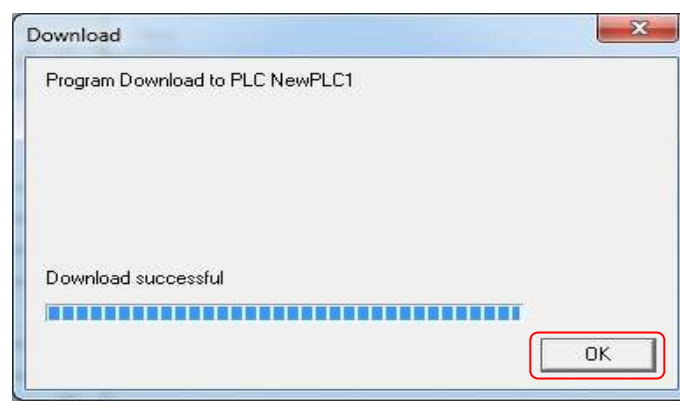
Gambar 3.10 Pilihan Transfer

- f. Muncul *billing* perintah untuk mengubah PLC ke mode program, klik *Yes* untuk melanjutkan.



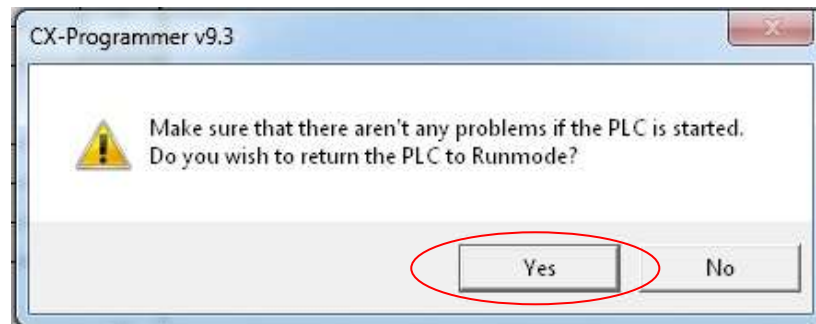
Gambar 3.11 Mengubah PLC menjadi Mode Program

- g. Tunggu sampai proses transfer program selesai.



Gambar 3.12 Proses *Transfer*

- h. Muncul *billing* perintah untuk mengubah PLC ke mode **RUN**, klik **Yes** untuk mengubah ke mode **RUN** dan menyelesaikan operasi.



Gambar 3.13 Perintah Mengubah PLC menjadi mode *RUN*

Percobaan 4**Pengawatan Alat Penyortir Logam dan Non-Logam Berbasis PLC****1. Tujuan**

- a. Mahasiswa mampu memahami gambar pengawatan pada alat penyortir logam dan non-logam dengan menggunakan piranti kontrol PLC Omron CP1E-N20.
- b. Mahasiswa mampu memasang pengawatan I/O dengan benar pada alat penyortir logam dan non-logam sesuai petunjuk keselamatan kerja.

2. Uraian

Memasang PLC pada tempat yang tepat akan menaikkan keandalan dan usia kerjanya. Terapkan petunjuk pemasangan unit seperti yang tercantum pada *manual book*. Jangan memasang PLC pada tempat-tempat dengan kondisi sebagai berikut :

- a. Terkena sinar matahari langsung.
- b. Suhu di bawah 0°C atau di atas 55°C .
- c. Kelembaban di bawah 10% atau di atas 90%.
- d. Berpotensi terjadi pengembunan sebagai akibat perubahan suhu.
- e. Mengandung gas korosif atau mudah terbakar.
- f. Tempat yang berdebu.
- g. Terkena kejutan atau getaran.
- h. Terkena percikan air, minyak, atau bahan kimia lainnya.

Pemasangan Pengawatan I/O PLC

- a. Kawatlah rangkaian kendali secara terpisah PLC dengan rangkaian catu daya (*power supply*) sehingga tidak terjadi turun tegangan.
- b. Sebelum melakukan pengawatan, pastikan dengan tepat antara suplai tegangan AC dan catu daya DC agar tidak terjadi kerusakan pada masing-masing komponen.
- c. Kencangkan sekrup pada suplai tegangan AC, sekrup yang kendur dapat mengakibatkan kebakaran atau malfungsi.
- d. Jika *output* 24 V_{DC} berbeban lebih atau terhubung singkat, tegangan akan *drop* dan mengakibatkan *output OFF*. Tindakan pengamanan luar harus diberikan untuk menjamin keselamatan sistem.

Pengecekan Pengawatan I/O PLC

a. Mengecek Pengawatan *Input*

Pengawatan *input* dapat dicek tanpa menggunakan alat pemrogram. Begitu PLC dihubungkan ke sumber tegangan, dengan menghidupkan peralatan input, maka indikator *input* yang sesuai menyala. Jika tidak demikian, berarti terjadi kesalahan penyambungan pada peralatan *input*.

b. Mengecek Pengawatan *Output*

Pengawatan *output* dapat dicek menggunakan alat pemrogram dengan *software ladder*. Operasi ini dapat dilakukan dalam mode operasi PROGRAM.

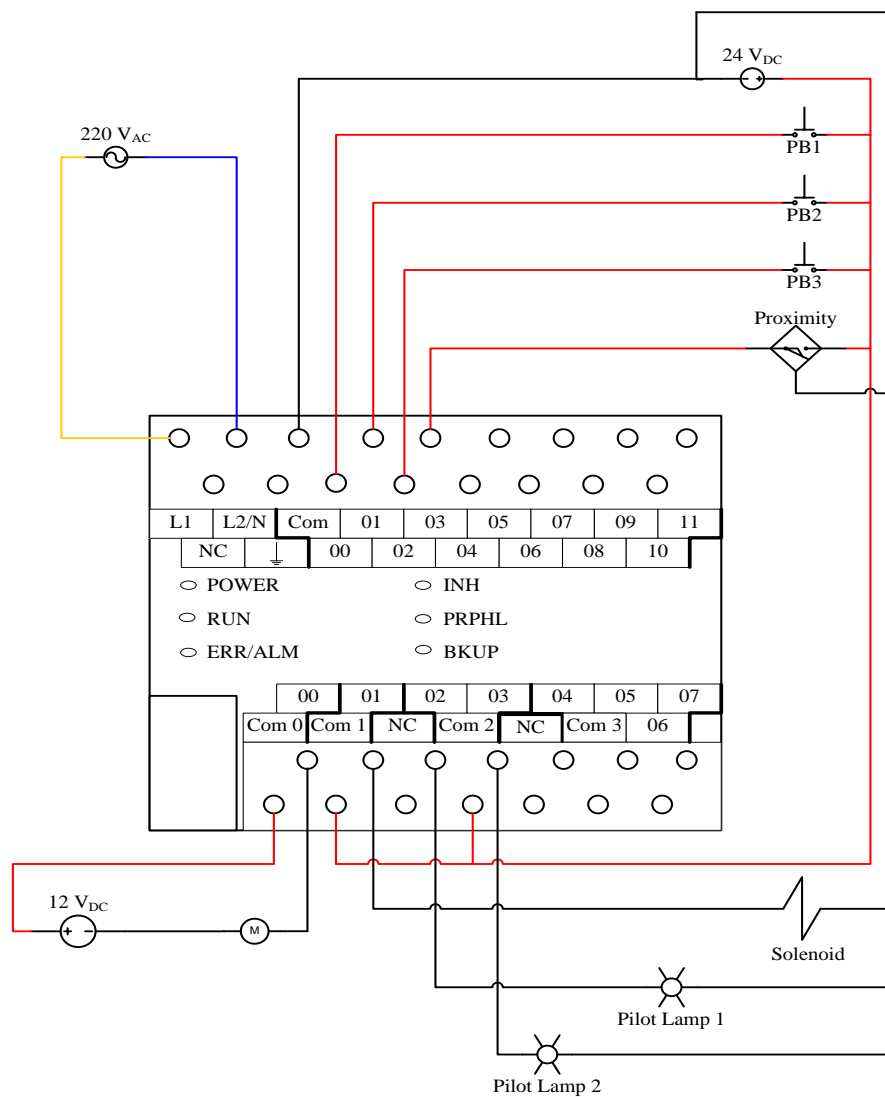
Lakukan prosedur berikut untuk mengecek pengawatan *output* menggunakan *CX-Programmer*. Prosedur ini akan benar jika pengawatan I/O sesuai dengan program kendali yang ada pada PLC. Jika tidak, respon yang diberikan oleh peralatan luar tidak sama dengan indikator *output* PLC.

- a. Pasanglah pengawatan komunikasi *Host Link*
- b. Hubungkan PLC ke sumber tegangan yang sesuai.
- c. Jalankan *software CX-Programmer*.
- d. Tampilkan program *ladder* yang sesuai dengan pengawatan I/O yang disambung.
- e. Lakukan *transfer* program dari komputer ke PLC. Jika program yang dimaksud telah ada pada PLC, lakukan transfer program dari PLC ke komputer.
- f. *Set* mode operasi ke MONITOR.
- g. Klik kanan *output (coil)* pada diagram *ladder* yang akan dicek, kemudian klik ***Force>On***, maka indikator *output* dan peralatan *output* yang sesuai ON. Jika tidak demikian, maka sambungan antara *output* PLC dan peralatan *output* tidak benar.
- h. Klik kanan *output (coil)* pada diagram *ladder* yang akan dicek, kemudian klik ***Force>Cancel***, maka indikator *output* dan peralatan *output* yang sesuai *OFF*.
- i. Lakukan langkah 7 dan 8 diatas untuk *output* yang lain.

3. Komponen dan Peralatan

- Satu *set* PC / laptop yang memenuhi kriteria
- Buku Panduan Praktikum
- Modul Alat Penyortir Logam dan Non-Logam dengan piranti PLC.
- Kabel *Jumper*

4. Percobaan



Gambar 4.1 Pengawatan Rangkaian Alat Penyortir Logam