

**PENGENDALIAN POSISI STAMPING ROD BERBASIS
PNEUMATIC MENGGUNAKAN DCS CENTUM VP**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



**Disusun oleh :
AHMAD DONIARSYAH ZEN
NIM. 0910630023 - 63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
MALANG**

2013

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGENDALIAN POSISI STAMPING ROD BERBASIS
PNEUMATIC MENGGUNAKAN DCS CENTUM VP**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh:

AHMAD DONIARSYAH ZEN

NIM. 0910630023 - 63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741203 200012 1 001

Ir. Retnowati, MT.
NIP 19511224 198203 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGENDALIAN POSISI STAMPING ROD BERBASIS
PNEUMATIC MENGGUNAKAN DCS CENTUM VP**

SKRIPSI

Disusun oleh:

AHMAD DONIARSYAH ZEN

NIM. 0910630023 - 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 22 Juli 2013

MAJELIS PENGUJI

Ir. Purwanto, MT.

NIP. 19540424 198601 1 001

Goegoes Dwi Nusantoro, ST., MT.

NIP. 19711013 200604 1 001

Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, MT.

NIP. 19650913 199002 2 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S.

NIP. 19580728 198701 1 001

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allâh Subhanahu Wa Taâla, Rabb alam semesta. Dialah Allâh, Tuhan Yang Maha Satu, Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Dialah Sebaik baik Penolong dan Sebaik baik Pelindung. Shalawat dan salâm kepada Nabi Muhammad Rasulullâh Shallallâhu Alaihi Wa Salâm, Sang pembawa kabar gembira dan sebaik baik suri tauladan bagi yang mengharap Rahmat dan Hidayah-Nya.

Sungguh hanya melalui Pertolongan dan Perlindungan Allâh SWT semata sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan seizin Allâh SWT, di kesempatan yang baik ini saya ingin menghaturkan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar besarnya atas bantuan sehingga terselesainya skripsi ini kepada:

- Keluarga tercinta, kedua orang tua Muhammad Zen dan Ella Faridati Zen yang selalu memberikan kasih sayang dan doanya yang tiada akhir. Serta kakak dan adikku tercinta Vina, Ocha, Esta yang selalu memberikan dukungan.
- Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya sekaligus sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan masukan, nasehat, pengarahan, motivasi dan saran hingga selesainya skripsi ini.
- Ibu Ir. Retnowati, MT., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak waktu, keikhlasan, dan kesabaran dalam membimbing.
- Ibu Dr. Erni Yudaningtyas, ST., MT. selaku Ka. Lab Sistem Kontrol atas kesempatan, pengarahan, masukan. saran dan pengetahuan yang telah diberikan.

- Laboratorium Sistem Kontrol Teknik Elektro Universitas Brawijaya atas segala alat serta sarana dan prasarana yang dimanfaatkan penulis dalam melakukan penelitian.
- Teman – teman kosan mbah, Zidnil, Dika, Teri, Sadam, Pek, Iksan, terima kasih telah berbagi ruang, kesenangan, pelajaran hidup, serta canda dan tawa.
- Keluarga besar angkatan 2009 “AMPERE” atas do’a, semangat, serta dukungan yang diberikan pada penulis.
- Keluarga besar asisten dan laboran Laboratorium Sistem Kontrol Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Mbak Eka, Mas Aldo, Mas Eres, Mas Maho, Sam, Gladi, Irjan, Adeck, Yoshiko, Along, Arga, Salmi, Ika, Hamu, Sendok, Ayu, Neta, Ade, Dito, Hakiki, Dina, dan Khai, terima kasih telah memberi banyak bantuan serta pengetahuan dalam belajar dan berkreasi.
- Teman-teman Divisi Otomasi, terima kasih telah memberi berbagai pengalaman dan pengetahuan.
- Mas – mas dan mbak – mbak serta adik – adik angkatan yang bersedia berbagi pengalaman.
- Teman-teman tim robot KRI, KRCI, dan KRSI yang telah membantu dalam peminjaman alat serta sarana dan prasarana.
- Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.

Sekiranya Allâh SWT mencatat amalan ikhlas kami dan semua pihak yang turut membantu sehingga skripsi ini terselesaikan. Akhirnya, kami menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Allâhumma Amîn.

Malang, 11 Juli 2013

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
ABSTRAK	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Pembahasan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Stamping Rod</i>	5
2.2 Sistem Pneumatik	6
2.2.1 <i>Rotary Vane Compressor</i>	7
2.2.2 <i>Buffer Accumulator</i>	8
2.2.3 <i>Air Filter - Regulator</i>	8
2.2.4 <i>Pressure Regulator</i>	9
2.2.5 <i>Tubing, Fitting, dan Air Coupler</i>	10
2.2.6 <i>Silinder Double Acting</i>	11
2.3 <i>Distributed Control System (DCS)</i>	12
2.3.1 Perangkat Keras DCS	13
2.3.1.1 <i>Field Control Station (FCS)</i>	13
2.3.1.2 <i>Human Interface Station (HIS)</i>	14

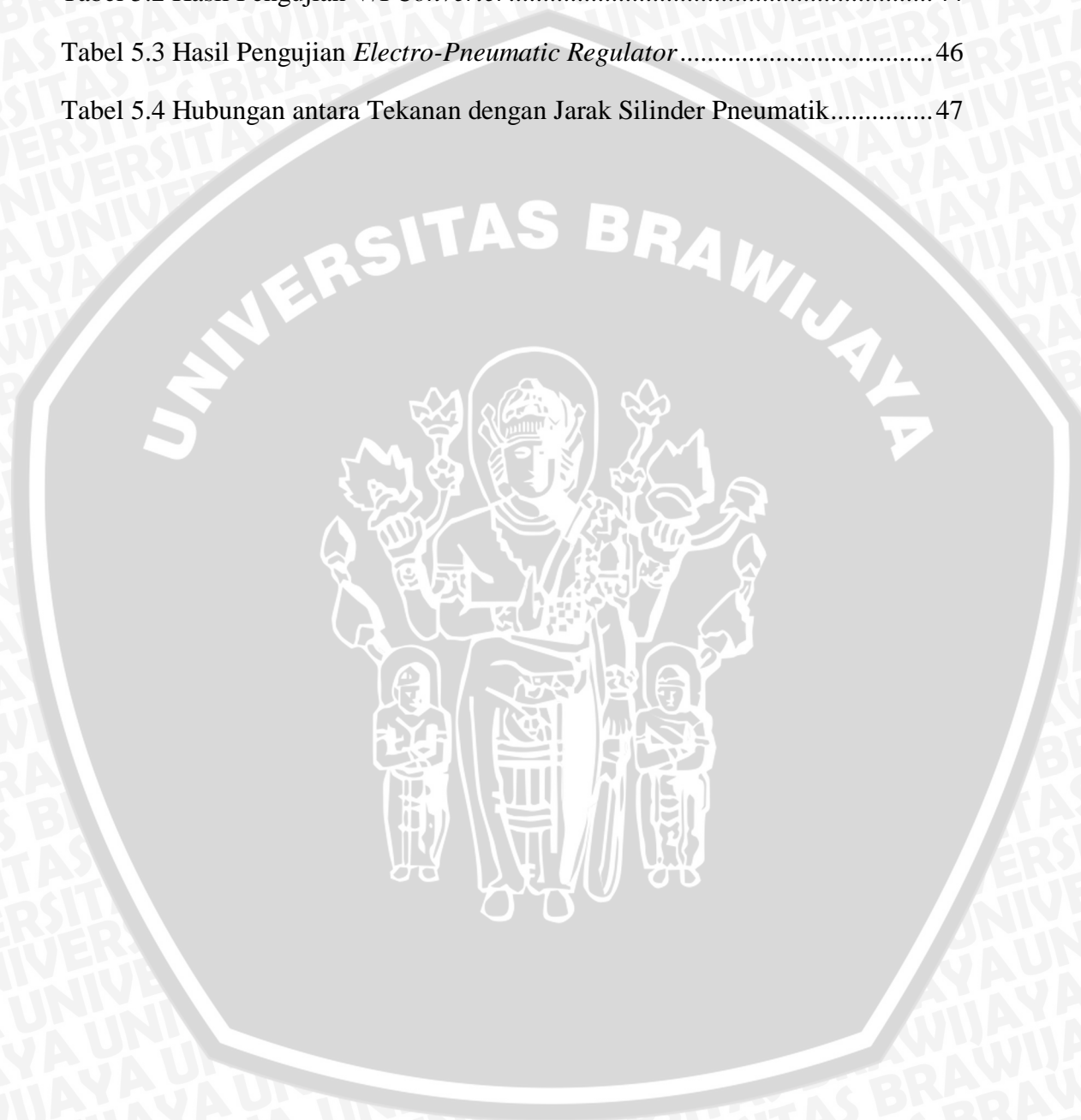


2.3.1.3 <i>Engineering Work Station (EWS)</i>	15
2.3.1.4 Modul <i>Input Digital</i>	15
2.3.1.5 Modul <i>Input Analog</i>	16
2.3.1.6 Modul <i>Output Digital</i>	16
2.3.1.7 Modul <i>Output Analog</i>	16
2.3.2 Vnet/IP	16
2.3.3 Pemrograman DCS	17
2.3.3.1 Dasar-Dasar Pemrograman	17
2.4 <i>Electro-Pneumatic Regulator</i> ITV3051-013B	18
2.5 Sensor <i>Infra Red</i> GP2D120	19
2.6 V/I <i>Converter</i> ISO-U1-P3-O1	20
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Perancangan Sistem	21
3.2 Realisasi Pembuatan Sistem	21
3.3 Pengujian dan Analisa Data	22
3.4 Pengambilan Kesimpulan dan Saran	22
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	
4.1 Perancangan Sistem	23
4.1.1 Blok Diagram Sistem	23
4.1.2 Prinsip Kerja Sistem	24
4.2 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	25
4.2.1 Spesifikasi Alat	25
4.2.2 Kompresor <i>Hydrovane</i> HV-01	27
4.2.3 <i>Buffer Accumulator</i>	27
4.2.4 <i>Air filter</i>	28
4.2.5 <i>Electro-Pneumatic Regulator</i> ITV3051-013B	28

4.2.6 <i>Pressure Regulator</i>	29
4.2.7 <i>Silinder Double Acting</i>	30
4.2.8 <i>Sensor Infra Red GP2D120</i>	32
4.2.9 <i>V/I Converter ISO U1-P3-O1</i>	32
4.2.10 <i>Auxiliary Power Supply</i>	32
4.2.11 <i>Perancangan Modul Komunikasi</i>	33
4.3 <i>Perancangan Perangkat Lunak DCS</i>	34
4.3.1 <i>Membuat Project</i>	34
4.3.2 <i>Control Drawing Builder</i>	35
4.3.2 <i>Pembuatan Aliran Data</i>	36
4.3.3 <i>Perancangan Blok Kalkulasi</i>	36
4.3.4 <i>Perancangan Sistem dengan Blok Kontroler ON-OFF</i>	38
4.3.5 <i>Perancangan Sistem dengan Blok Kontroler PID</i>	39
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM	
5.1 <i>Pengujian Sensor Infra Red</i>	41
5.2 <i>Pengujian V/I Converter</i>	43
5.3 <i>Pengujian Electro-Pneumatic Regulator</i>	45
5.5 <i>Pengujian Keseluruhan</i>	48
5.5.1 <i>Pengujian Dengan Blok Kontroler ONOFF</i>	48
5.5.2 <i>Pengujian Dengan Blok Kontroler PID</i>	49
BAB VI PENUTUP	
6.1 <i>Kesimpulan</i>	52
6.2 <i>Saran</i>	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	54

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor <i>Infra Red</i>	42
Tabel 5.2 Hasil Pengujian <i>V/I Converter</i>	44
Tabel 5.3 Hasil Pengujian <i>Electro-Pneumatic Regulator</i>	46
Tabel 5.4 Hubungan antara Tekanan dengan Jarak Silinder Pneumatik	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Alir Mata Rantai Kontrol dan Elemen-elemennya.....	7
Gambar 2.2 <i>Rotary Vane Compressor</i>	7
Gambar 2.3 <i>Air Filter-Regulator</i>	9
Gambar 2.4 Komponen <i>Pressure Regulator</i>	10
Gambar 2.5 <i>Tubing</i> Pneumatik	10
Gambar 2.6 <i>Fitting</i> Pneumatik.....	11
Gambar 2.7 <i>Air Coupler</i>	11
Gambar 2.8 Silinder Pneumatik	12
Gambar 2.9 <i>Distributed Control System</i>	13
Gambar 2.10 <i>Human Interface Station</i>	15
Gambar 2.11 <i>Function Block</i> dalam <i>Control Drawing Builder</i>	18
Gambar 2.12 Skematik ITV3051-013B	18
Gambar 2.13 Rangkaian Kabel ITV3051-013B.....	19
Gambar 2.14 Sensor <i>Infra Red</i> GP2D120.....	19
Gambar 2.15 IC ISO-U1-P3-O1	20
Gambar 4.1 Diagram Balok Sistem	23
Gambar 4.2 Skema Keseluruhan Sistem.....	26
Gambar 4.3 <i>Buffer Accumulator</i>	27
Gambar 4.4 Tampak depan ITV3051-013B.....	28
Gambar 4.5 Rangkaian <i>Wiring</i> ITV3051-013B	29
Gambar 4.6 <i>Pressure Regulator</i>	29
Gambar 4.7 Silinder <i>Double Acting</i> SMC CDM2b25-300	30
Gambar 4.8 Analogi Silinder <i>Double Acting</i>	30
Gambar 4.9 Rangkaian <i>Wiring</i> ISO U1-P3-O1.....	32

Gambar 4.10 Rangkaian <i>Wiring Auxiliary Power Supply</i> dengan AAI143 dan <i>V/I Converter</i>	33
Gambar 4.11 Rangkaian Kabel <i>Straight</i> dan <i>Cross</i>	34
Gambar 4.12 <i>Window "Create New Project"</i>	35
Gambar 4.13 <i>Window</i> Pemilihan <i>Function Block</i>	35
Gambar 4.14 Diagram Alir Pembuatan Aliran Data.....	36
Gambar 4.15 <i>Listing</i> Program pada Blok CALCU	36
Gambar 4.16 Grafik Hubungan Antara $\frac{1}{jarak + 0.42}$ dengan Sinyal <i>Input</i> Blok CALCU.....	37
Gambar 4.17 <i>Control Drawing Builder</i> Program ONOFF	38
Gambar 4.18 Program dalam Blok LC64	39
Gambar 4.19 <i>Control Drawing Builder</i> Program PID.....	39
Gambar 5.1 Rangkaian Pengujian Sensor Infra Red.....	42
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Antara Jarak dengan Tegangan Keluaran Sensor.....	43
Gambar 5.3 Rangkaian Pengujian <i>V/I Converter</i>	44
Gambar 5.4 Grafik Hubungan Antara Tegangan dengan Arus Keluaran pada <i>V/I Converter</i>	45
Gambar 5.5 Hubungan Antara Arus Masukan dengan Tekanan pada Electro-Pneumatic Regulator	46
Gambar 5.6 Grafik Hubungan Antara Jarak Silinder Pneumatik dengan Tekanan Electro-Pneumatic Regulator	47
Gambar 5.7 <i>Tuning Window</i> Pengujian dengan Blok Kontroler ONOFF	48
Gambar 5.8 Respon Pengujian dengan Blok Kontroler ONOFF.....	49
Gambar 5.9 <i>Tuning Window</i> Sistem dengan Blok Kontroler PID dengan P=100, I=20, D=0.....	50
Gambar 5.10 Respon Sistem Blok Kontroler PID dengan P=100, I=20, D=0	50
Gambar 5.11 <i>Tuning Window</i> Blok Kontroler PID dengan P=150, I=100, D=0,1.....	51
Gambar 5.12 Respon Sistem Blok Kontroler PID dengan P=150, I=100, D=0,1.....	51



ABSTRAK

Ahmad Doniarsyah Zen, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2013, Pengendalian Posisi *Stamping Rod* Berbasis *Pneumatic* Menggunakan DCS CENTUM VP, Dosen Pembimbing: Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D, Retnowati, Ir., MT.

Distributed Control System atau lebih dikenal dengan DCS, saat ini jamak digunakan di industri besar. Dalam skripsi ini DCS diaplikasikan sebagai pengendali posisi *stamping rod* yang menggunakan silinder pneumatik. *Input* yang diberikan berupa besaran analog dan *output* dari DCS adalah arus 4-20mA yang dihubungkan pada *electro-pneumatic regulator* untuk mengatur posisi silinder agar sesuai dengan *set point*. Pada umumnya posisi silinder tidak diatur sehingga piston hanya dapat di posisi minimal atau maksimal, tidak dapat berada di antara keduanya. Akibatnya dibutuhkan banyak silinder dengan panjang *stroke* yang berbeda untuk melakukan *stamping* tanggal kadaluarsa pada produk dengan ukuran kemasan yang berbeda.

Hasil pengujian seluruh sistem terhadap block kontroler ONOFF menunjukkan bahwa respon sistem untuk setpoint 10cm terjadi osilasi dengan T (periode) 7,1s dan A (amplitudo) 85%. Hasil pengujian terhadap seluruh sistem terhadap block kontroler PID dengan parameter P=150, I=100, D=0,1 respon yang dihasilkan memiliki td (waktu tunda) 520,34s, ts (time steady) 955,97s, Mp (maximum overshoot) 69,59%, dan Ess (error steady state) 1,55%. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan blok kontroler PID, DCS dapat mengendalikan posisi silinder, namun kemampuan DCS CENTUM VP untuk menerima data dan mengeluarkan sinyal kontrol cukup lambat.

Kata kunci : *Distributed Control System, Stamping Rod, Sistem Pneumatik.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini kebutuhan masyarakat sangat beragam. Hampir setiap hari inovasi terus bermunculan guna memenuhi kebutuhan masyarakat tersebut. Hal ini mengakibatkan dunia industri dituntut untuk berproduksi sebanyak-banyaknya dalam waktu sesingkat mungkin dengan kemungkinan *error* yang kecil. Dengan demikian perkembangan teknologi tinggi mutlak diperlukan guna mengimbangi kebutuhan tersebut. Pada industri-industri yang membutuhkan keakuratan data *output*, maka pemakaian aksi kontrol juga sangat diperlukan. Hal sekecil apapun dalam proses industri harus diperhitungkan guna meminimalisir kemungkinan *error* yang terjadi sehingga tidak mengganggu jalannya proses produksi.

Pneumatik (bahasa Yunani: pneumatikos) berasal dari kata dasar "pneu" yang berarti udara tekan dan "matik" yang berarti ilmu atau hal-hal yang berhubungan dengan sesuatu, sehingga arti lengkap pneumatik adalah ilmu/hal-hal yang berhubungan dengan udara bertekanan. Sistem pneumatik adalah teknologi yang memanfaatkan udara terkompresi untuk menggerakkan aktuator ataupun sebagai pengganti sinyal kontrol. Dikarenakan menggunakan udara sebagai medianya, sistem pneumatik mempunyai suhu yang relatif rendah dan mempunyai *life time* yang lama.

Karena keunggulannya, sistem pneumatik banyak diterapkan di dunia industri. Sistem pneumatik mempunyai berbagai keunggulan, udara mudah diperoleh, udara bertekanan mudah dipindahkan melalui sistem perpipaan, udara bertekanan tidak banyak dipengaruhi temperatur, udara bertekanan bersih dan tidak dapat terbakar, dan dapat menghasilkan gerakan yang cepat. Namun sistem pneumatik juga mempunyai beberapa kekurangan, antara lain daya yang dihasilkan relatif kecil dan biaya instalasi awal yang mahal. Beberapa contoh aplikasi sistem pneumatik digunakan pada pengecapan (*stamping*), pengisian (*filling*), pencetakan (*embossing*), pengepressan, material *conveying*, dan lain-lain.

Pada sebagian industri, tanggal produksi dan tanggal kadaluarsa wajib dicantumkan pada kemasan produk. Pemberian cap tanggal pada produk atau

stamping akan merepotkan apabila dilakukan secara manual oleh sebab itu umumnya digunakan *stamping rod*. *Stamping rod* yang posisinya dapat dikontrol dari sisi biaya lebih murah dibanding menggunakan sistem *stamping rod* konvensional, karena untuk ukuran kemasan yang berbeda hanya dibutuhkan satu silinder pneumatik.

Distributed Control System (DCS) adalah perangkat kontrol yang banyak digunakan di industri. Kemudahan pengontrolan berbagai macam *plant* menjadi daya tarik utama DCS. Selain itu penggunaan DCS juga dimaksudkan untuk memperbaiki performa produksi sehingga dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produk.

Pada DCS dapat dirancang pemrograman melalui *function block* (CENTUM VP, *Engineering Training Manual*, 2010). Penggunaan *function block* mempermudah *engineer* dalam merancang sistem yang dikendalikan dalam DCS karena banyak fungsi yang dapat digunakan, mulai dari fungsi kalkulasi hingga pengontrolan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan membuat sistem pengendalian posisi *stamping rod* berbasis pneumatik menggunakan DCS Centum VP?
2. Bagaimana merancang *hardware* dan *software* sistem pengendalian posisi *stamping rod* berbasis pneumatik menggunakan DCS Centum VP?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menekankan pada objek pembahasan yang ada maka pada penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem pneumatik yang digunakan adalah *prototype* yang dibuat dengan desain sendiri.
2. Pembahasan ditekankan pada pengendalian posisi silinder pneumatik yang diaplikasikan sebagai *stamping rod* dan penggunaan DCS dalam sistem.
3. Kinerja perangkat elektronika tidak dibahas mendalam.
4. Mekanisme stempel tidak dibahas.

5. Tekanan udara yang digunakan berkisar 1,3-3,7 bar.

1.4 Tujuan

Menciptakan sistem yang dapat mengendalikan posisi silinder pneumatik menggunakan DCS Centum VP agar keluaran posisi yang dihasilkan sesuai dengan *setpoint*.

1.5 Sistematika Pembahasan

Agar penyusunan laporan skripsi ini dapat mencapai sasaran dan tidak menyimpang dari judul yang telah ditentukan, maka diperlukan sistematika pembahasan yang jelas. Pembahasan dalam skripsi ini secara garis besar adalah sebagai berikut:

BAB I

Pendahuluan

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB II

Tinjauan Pustaka

Menjelaskan teori dasar yang berisi penjelasan tentang teori *stamping rod*, sistem pneumatik, DCS, *electro-pneumatic regulator*, *sensor infrared*, dan *V/I converter*.

BAB III

Metodologi

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

BAB IV

Perancangan dan Pembuatan Alat

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

BAB V

Pengujian Alat

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

BAB VI**Penutup**

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



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

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

- *Stamping rod*
- Sistem pneumatik
- *Distributed Control System (DCS)*
- *Electro-Pneumatic Regulator*
- Sensor infrared
- *V/I Converter*

Stamping Rod

Pada kemasan berbagai produk pencantuman tanggal produksi dan tanggal kadaluarsa umum dilakukan. Semakin tua umur produk tentunya berpengaruh terhadap kualitas produk dalam kemasan tersebut oleh tanggal produksi dan tanggal kadaluarsa perlu diketahui konsumen. Umumnya pada pabrik-pabrik proses *stamping* sudah dilakukan menggunakan silinder sebagai lengan mekanik yang bergerak secara linier untuk mencapai objek yang diberi cap.

Silinder banyak digunakan sebagai aktuator pada pabrik baik skala kecil maupun besar. Rata-rata silinder yang dipakai adalah silinder yang bergerak dengan memanfaatkan sistem pneumatik. Keunggulan sistem ini silinder dapat bergerak dengan cepat tanpa menimbulkan panas. Salah satu aplikasinya yaitu pada *stamping rod*. *Stamping rod* adalah peralatan mekanis yang bergerak secara translasi dan berfungsi untuk menandai tanggal kadaluarsa pada suatu produk, umumnya produk makanan dan minuman.

Dalam satu pabrik produk yang dihasilkan tidak hanya satu ukuran. Hal ini dapat menimbulkan permasalahan mengingat silinder pneumatik yang digunakan pada *stamping rod* umumnya hanya bisa bergerak maju secara penuh atau mundur secara penuh, tidak dapat berhenti di tengah, sehingga untuk melakukan *stamping* pada dua kemasan produk yang berbeda ukuran harus digunakan dua silinder

dengan ukuran *stroke* yang berbeda. Dengan alasan tersebut maka dirancanglah pengendalian posisi silinder agar dapat mengoptimalkan penggunaan silinder. Prinsipnya dengan cara menabrakkan udara bertekanan pada kedua sisi silinder *double acting*, sehingga panjang lengan silinder yang keluar dapat diatur sesuai dengan *set point*. Dengan begitu untuk melakukan *stamping* pada kemasan yang berbeda hanya membutuhkan satu silinder.

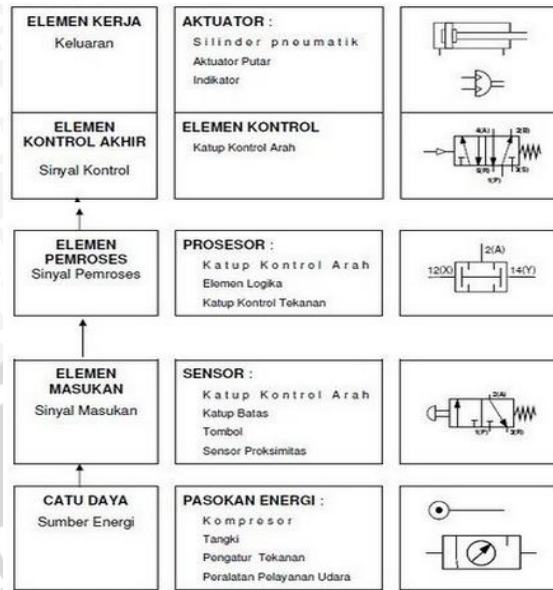
Sistem Pneumatik

Pneumatik adalah teknologi yang berkenaan dengan penggunaan udara tekan untuk menghasilkan gerak mekanik. Sistem pneumatik biasanya banyak digunakan di industri, hal ini dikarenakan udara terkompresi yang digunakan untuk menggerakkan alat mekanik dapat menghasilkan daya gerak yang lebih murah, lebih aman, lebih fleksibel, dan lebih handal dibanding sejumlah motor elektrik dan aktuator.

Dalam suatu sistem kontrol pneumatik terdapat arsitektur dan bagian-bagian yang menyangkut fungsi kerja alat tersebut. Perancangan sistem kontrol pneumatik mengacu pada diagram alir sistem.

Tata letak komponen diagram rangkaian harus disesuaikan dengan diagram alir dari mata rantai kontrol yaitu sebuah sinyal harus mulai mengalir dari bawah menuju ke atas dari gambar rangkaian (Waller, W., 2002). Elemen yang dibutuhkan untuk catu daya akan digambarkan pada bagian bawah rangkaian secara simbol sederhana atau komponen penuh dapat digunakan. Pada rangkaian yang lebih luas, bagian catu daya seperti unit pemelihara, katup pemutus dan berbagai distribusi sambungan dapat digambarkan tersendiri.

Diagram alir mata rantai kontrol dan elemen-elemennya diklasifikasikan seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram Alir Mata Rantai Kontrol dan Elemen-elemennya

Sumber : <http://monangcidakkal.blogspot.com/2013/04/sistem-pneumatik.html>

2.2.1 Rotary Vane Compressor

Kompresor adalah alat yang digunakan untuk menaikkan tekanan suatu gas. Tekanan gas dapat dinaikkan dengan mengurangi volumenya. Ketika volume suatu gas dikurangi, tekanannya akan naik. Komponen inilah yang memberi *supply* udara tekan pada sistem pneumatik dan menjaga tekanan udara agar sistem tetap berada pada tekanan kerjanya.

Kompresor secara garis besar terdiri dari dua tipe, yaitu *positive displacement* dan *dynamic*. Dari dua tipe tersebut bercabang lagi menjadi beberapa tipe. Salah satunya adalah *rotary vane compressor* yang tampak seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Rotary Vane Compressor

Sumber : http://www.hydrovaneproducts.com/Products/04Horizontal_Open.aspx

Rotary vane compressor terdiri dari sebuah rotor dengan beberapa baling-baling yang terpasang secara radial pada *slot* di rotor. Ketika rotor berputar terjadi

penyempitan volume yang mengakibatkan tekanan udara semakin besar. Kompresor jenis ini menghasilkan panas karena rotor berputar secara terus menerus, oleh karena itu ketika kompresor aktif oli terus disirkulasikan di bagian rotor untuk menurunkan suhu.

2.2.2 Buffer Accumulator

Untuk meminimalisir resiko kehilangan tekanan udara secara drastis ketika kompresor terjadi gangguan atau kegagalan digunakan *buffer accumulator*. Udara tekan dari kompresor terlebih dahulu ditampung di *buffer accumulator*, dengan begitu apabila tekanan dari kompresor tiba-tiba turun, perangkat pneumatik tidak langsung kehilangan tekanan udara karena masih mendapat suplai dari *buffer accumulator*.

2.2.3 Air Filter - Regulator

Air filter adalah alat yang digunakan untuk menyaring partikel kotoran yang keluar dari kompresor. Dengan begitu udara yang keluar bebas dari partikel kotoran sehingga tidak merusak komponen pneumatik lainnya. Lama kelamaan pada *filter* akan timbul air akibat dehumidifikasi pada udara yang masuk pada *filter*. Air yang timbul harus dibuang secara berkala agar proses dehumidifikasi tetap optimal. Dehumidifikasi adalah proses pemisahan udara dari partikel air. Tercampurnya udara dengan air dapat menyebabkan korosi pada komponen pneumatic.

Sedangkan *regulator* adalah alat yang digunakan untuk mengatur besar tekanan udara yang keluar dengan cara memutar tuas. Biasanya *regulator* dan *air filter* digabungkan menjadi satu alat, sering juga disebut *air filter-regulator* (AFR). Bentuk umumnya seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Air Filter-Regulator

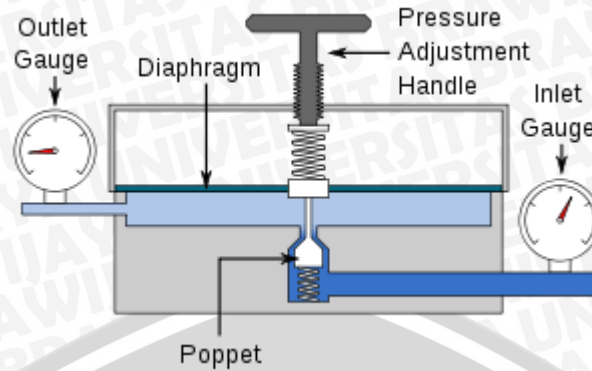
Sumber : Croser, Ebel, 2000 :26

2.2.4 Pressure Regulator

Pressure regulator adalah *valve* yang memotong aliran udara pada tekanan tertentu. *Regulator* digunakan untuk mengurangi tekanan udara. Tekanan udara harus dibatasi karena faktor keamanan atau faktor prinsip kerja aplikasi yang digunakan.

Pressure regulator terdiri dari elemen pembatas, elemen beban, dan elemen pengukur. Elemen pembatas adalah *valve* yang digunakan untuk membatasi tekanan udara, bisa berupa *globe valve*, *butterfly valve*, *poppet valve*, atau tipe *valve* lain yang berfungsi sama. Elemen beban memberi tekanan yang diinginkan pada elemen pembatas. Elemen beban biasanya terdiri dari diafragma yang dikombinasikan dengan per. Elemen pengukur berfungsi mengukur aliran udara yang masuk dan keluar. Biasanya untuk elemen pengukur digunakan diafragma.

Pada Gambar 2.4, *diaphragm* diberi tekanan untuk mengatur *poppet valve* dengan tujuan mengatur tekanan. Dengan mengatur sekrup (*pressure adjustment handle*), tekanan pada *diaphragm* dapat ditambah. Sehingga diperlukan tekanan udara yang lebih besar pada ruangan atas untuk mengembalikan *diaphragm* kembali ke posisi awal. Dengan cara ini tekanan udara yang keluar dapat diatur.



Gambar 2.4 Komponen *Pressure Regulator*

sumber : <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Single-stage-regulator.svg>

2.2.5 *Tubing, Fitting, dan Air Coupler*

Tubing adalah silinder berongga terbuat dari plastik yang didisain untuk memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat lain. Umumnya *tubing* yang digunakan pada sistem pneumatik terbuat dari bahan yang fleksibel dan memiliki beberapa ukuran diameter seperti yang terlihat pada Gambar 2.5. Pemilihan diameter *tubing* tergantung dengan *fitting* yang digunakan pada sistem tersebut.



Gambar 2.5 Tubing Pneumatik

Fitting adalah komponen yang digunakan untuk menghubungkan suatu komponen pneumatik dengan *tubing* ataupun antara *tubing* dengan *tubing*. Dengan pemasangan *tubing* ke *fitting* yang tepat tidak akan terjadi kebocoran gas. Umumnya *fitting* mempunyai ukuran diameter 4mm, 6mm, dan 8mm. Semakin besar ukuran *fitting* dan *tubing* yang digunakan, semakin besar pula aliran udara yang dilewatkan. Fungsi dan kegunaan *fitting* bervariasi tergantung dengan bentuknya. Macam-macam bentuk *fitting* seperti yang terlihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Fitting Pneumatik

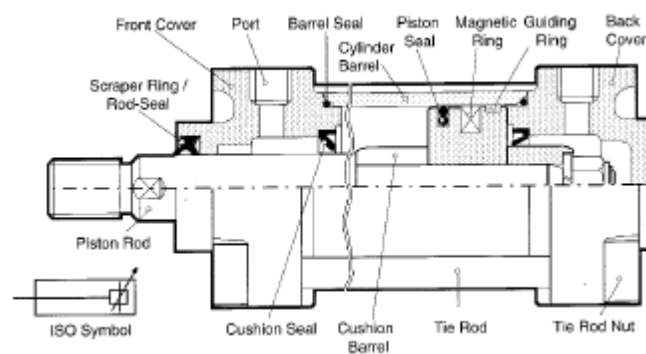
Air coupler adalah komponen yang berfungsi seperti *fitting*, yaitu untuk mencegah adanya kebocoran pada tiap sambungan. Perbedaan *fitting* dengan *air coupler* adalah *fitting* bersambungan langsung dengan *tubing*, sedangkan *air coupler* hanya dapat bersambungan dengan sesama *air coupler*. *Air coupler male* hanya dapat tersambung dengan *air coupler female*. Bentuk *air coupler male* dan *female* seperti yang terlihat pada Gambar 2.7. Umumnya ukuran *air coupler* berukuran lebih besar dibanding *fitting*. *Air coupler* biasanya digunakan pada aplikasi yang menggunakan tekanan udara yang besar, contohnya pada kompresor.



Gambar 2.7 Air Coupler

2.2.6 Silinder Double Acting

Silinder pneumatik atau sering juga disebut *air cylinder*, adalah peralatan mekanik yang memanfaatkan kekuatan dari udara bertekanan untuk menghasilkan gerakan maju mundur secara linier. Gaya dari udara bertekanan yang masuk menggerakkan *piston* dalam silinder sehingga *piston rod* atau yang biasa juga disebut *stroke*, akan ikut bergerak ke arah yang tekanan udaranya lebih rendah. *Piston rod* itulah yang dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi. Bagian-bagian silinder *double acting* terlihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Silinder Pneumatik

Sumber : SMC Pneubook

Biasanya silinder pneumatik lebih banyak disukai penggunaannya karena lebih tidak berisik bila dibandingkan motor dan tidak membutuhkan ruang banyak untuk menyimpan udara.

Karena fluida yang digunakan adalah udara, kebocoran pada silinder pneumatik tidak akan menetes dan mengkontaminasi lingkungan sekitar silinder, sehingga silinder pneumatik dapat digunakan pada ruangan yang harus bebas dari kontaminasi.

Silinder *double acting* adalah silinder pneumatik yang menggunakan tekanan udara untuk bergerak maju dan mundur (Croser, E., 2002). Berbeda dengan silinder *single acting* yang salah satu gerak maju atau mundurnya menggunakan pegas. Pada silinder *double acting* terdapat dua lubang tempat udara masuk, satu untuk maju dan satu untuk mundur. Panjang *stroke* yang digunakan bervariasi, tergantung dengan pemanfaatan silinder.

Distributed Control System (DCS)

DCS adalah perangkat pengontrolan yang saat ini banyak digunakan di industri. Dalam bahasa, DCS bisa diartikan sebagai sistem kontrol terdistribusi. Maksud terdistribusi ini ialah DCS bisa mengatur agar pengontrolan didalamnya tidak dilakukan di satu tempat melainkan didistribusikan pada tiap-tiap *sub-system*. Pada tiap *sub-system* bisa terdapat perangkat kontrol lain seperti PLC, *controller*, atau perangkat lain. Namun respon dalam *sub-system* tersebut tetap dapat di-*monitoring* dan dikendalikan oleh DCS. Penyusunan modul-modul dalam DCS seperti yang terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Distributed Control System*

CENTUM VP adalah DCS hasil pengembangan terbaru dari Yokogawa. Pada CENTUM VP terdapat *Field Control Station* (FCS) yang menjadi prosesor atau dengan kata lain otak dari DCS, *Human Interface Station* (HIS) yang digunakan untuk memonitor system, dan *Engineering Work Station* (EWS) yang digunakan untuk memprogram sistem dalam DCS. Selain itu dalam DCS juga terdiri dari beberapa modul antara lain modul I/O.

Prosesor dan *Power Supply* pada DCS CENTUM VP didisain secara *redundant* untuk meningkatkan kehandalan sistem. Maksud dari *redundant* adalah ada dua modul yang bekerja bersama-sama. Jadi apabila modul yang bekerja mengalami kegagalan, modul cadangan akan mengambil alih menjadi modul utama menggantikan modul yang gagal. Sehingga proses di dalam DCS dapat terus berjalan tanpa terganggu kegagalan modul.

Perangkat Keras DCS

DCS mempunyai perangkat keras yang terdiri dari modul-modul di dalamnya ataupun *station-station* yang terhubung di dalam jaringan DCS.

***Field Control Station* (FCS)**

Field Control Station (FCS) adalah prosesor pada DCS CENTUM VP. Di dalam FCS semua data diolah, baik dari modul I/O, *Human Interface Station*

(HIS), maupun dari *Engineering Work Station* (EWS). Baterai FCS dapat digunakan untuk menyimpan data pada memori selama 3 tahun dengan suhu maksimal 30°C.

Karena fungsinya yang vital, FCS dirancang secara *redundant*. Cara kerjanya, tiap modul FCS mempunyai dua *Microprocessor Unit* (MPU) yaitu MPU 1 dan MPU 2. Kedua MPU tersebut digunakan untuk melakukan komputasi program yang sama kemudian hasilnya dibandingkan. Apabila hasilnya sama, modul diasumsikan berjalan normal dan tidak terdapat masalah. Namun apabila hasil perbandingannya berbeda, maka diasumsikan terjadi *error* dan modul yang aktif akan segera berganti. Dengan begitu sistem tetap dapat bekerja dengan baik walau terdapat *error* pada FCS.

Satu *node* terdiri dari 12 slot yang diisi dengan beberapa modul seperti modul I/O, FCS, dan PSU (*Power Supply Unit*). Jumlah FCS dan PSU ada 2 unit karena bekerja secara *redundant*. Sehingga tersisa 8 slot yang digunakan untuk modul I/O. 1 FCS dapat menangani sampai 15 *node*. Namun harus dipasang modul komunikasi antar *node*. Apabila menggunakan lebih dari satu *node*, pada *node* yang berisi FCS hanya tersisa 6 slot untuk modul I/O karena ada 2 slot yang digunakan sebagai modul komunikasi. Pada *node* berikutnya ada 8 slot yang dapat digunakan untuk modul I/O karena tidak ada FCS dalam *node*, hanya modul komunikasi 2 slot dan PSU 2 slot.

Human Interface Station (HIS)

HIS adalah *station* yang digunakan untuk mengoperasikan dan memonitor sistem dalam DCS. Pada HIS dapat terlihat *trend*, *alarm*, parameter *setting* pada sistem, dan juga hal – hal lain. Bisa dibilang HIS adalah penghubung antara DCS dengan operator.



Gambar 2.10 Human Interface Station

Ada dua macam tipe HIS, yaitu tipe *desktop* dan tipe *console* seperti yang tampak pada Gambar 2.10. HIS tipe *desktop* menggunakan PC (*Personal Computer*) dengan spesifikasi tertentu dengan OS (*Operating System*) Windows 7. Sedangkan tipe *console* terdiri dari satu kesatuan, biasanya memiliki dua layar LCD dan *touchpanel*.

Engineering Work Station

EWS adalah *station* yang digunakan untuk melakukan tahap *engineering*, yaitu tahap perancangan keseluruhan sistem pada DCS. EWS dapat dijadikan satu dengan HIS atau berdiri sendiri. Apabila menjadi satu dengan HIS terdapat pilihan *user* yaitu sebagai *engineer* atau operator. Dengan begitu walau EWS dan HIS jadi satu operator tetap tidak dapat merubah rancangan sistem.

Modul Input Digital

Modul masukan ini berfungsi untuk menerima sinyal-sinyal masukan dari sensor. Umumnya modul input digital yang digunakan di DCS CENTUM VP menerima sinyal berupa tegangan 24V DC. Jumlah *channel* yang tersedia bermacam-macam sesuai dengan tipe modul yang dipakai. Seringkali tegangan digital dari sensor tidak sesuai dengan tegangan kerja modul, misalnya masukan dari sensor dengan tegangan kerja 5V DC harus dikonversikan menjadi tegangan 24V DC agar sesuai dengan tegangan kerja modul. *Input* digital atau *input* diskrit hanya mengenali kondisi *on* atau *off*, atau mempunyai dua kemungkinan kondisi, yaitu 0 dan 1.

Modul Input Analog

Modul *input* analog berfungsi untuk menerima sinyal *analog* dan mengkonversikannya ke bentuk *digital* dengan menggunakan sebuah konverter *analog* ke *digital* sehingga dapat diproses oleh prosesor. Kisaran *input* analog yang dapat diterima tergantung dengan tipe modul. Sinyal yang dapat diterima antara lain 1-5V DC, -10V - +10V DC, 4-20mA DC. Pada modul yang menerima sinyal 4-20mA DC harus diperhatikan juga besar tegangan ketika modul *input* analog terhubung dengan sensor, tegangan harus berkisar 24V DC.

Selain modul *input* yang bertipe menerima sinyal analog dan digital, juga terdapat modul yang menerima pulsa ataupun sensor *thermocouple* dan RTD. Dengan adanya beberapa tipe, pemilihan modul dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan.

Modul Output Digital

Modul *output* digital pada dasarnya bekerja seperti *relay*. Modul ini akan mengeluarkan level tegangan tertentu ketika aktif. Tentunya tegangan yang dihasilkan tergantung dengan tipe modul. Modul ini umumnya dipakai apabila DCS digunakan untuk program yang bersifat sekuensial ataupun sebagai *safety* pada plan tertentu.

Modul Output Analog

Modul *Output* analog berfungsi untuk mengubah sinyal digital dari CPU menjadi sinyal analog pada keluaran DCS. Prinsip kerja modul *output* analog berlawanan dengan prinsip kerja modul *input* analog. Kisaran *output* analog yang dihasilkan antara lain 1-5 V DC, -10 - +10 V DC, 4-20mA DC.

Vnet/IP

Vnet/IP adalah jaringan komunikasi yang digunakan untuk komunikasi antar *station*. Vnet/IP menggunakan 2 *bus* yang dipakai secara *redundant* dan mempunyai jalur yang tidak saling bergantung. Apabila *bus* 1 *fail*, maka komunikasi berpindah ke *bus* 2. Jangkauan komunikasi Vnet/IP maksimal 100 meter dengan kabel *ethernet* CAT 5e UTP (**C**ategory **5** **e**nanced **U**nshielded **T**wisted **P**air) dan konektor RJ45 yang disambung dengan *switching hub* untuk hubungan antar *device* dan hingga sejauh 5 km dengan kabel *fiber optic*.

Selain untuk *redundancy*, bus 1 digunakan untuk komunikasi *control data* dan bus 2 digunakan untuk komunikasi dengan komponen non CENTUM. Vnet/IP mendukung transmisi 1Gbps.

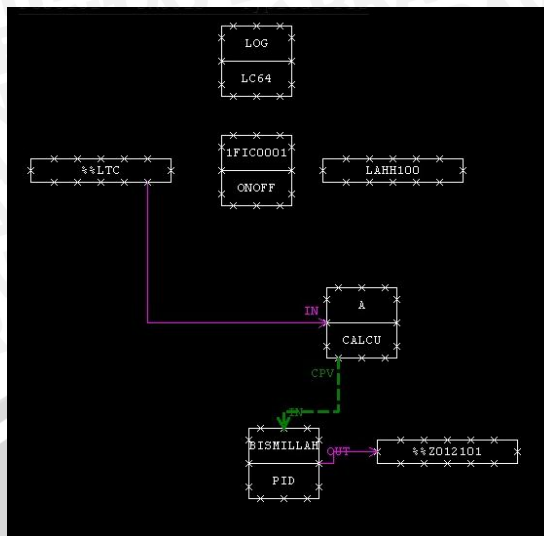
Pemrograman DCS

Secara umum, sistem pemrograman DCS dapat dilakukan dengan menggunakan *function block* dalam *control drawing builder*. Dalam satu FCS bisa digunakan ratusan *control drawing builder*, hal ini mempermudah pengguna untuk merancang pengontrolan sistem yang sangat luas.

2.3.3.1 Dasar-Dasar Pemrograman

Pemrograman kontrol pada DCS menggunakan *function block*. Bentuk *function block* seperti yang terlihat pada Gambar 2.11. Dasar-dasar dari pemrograman dari *Distributed Control System* (DCS) dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

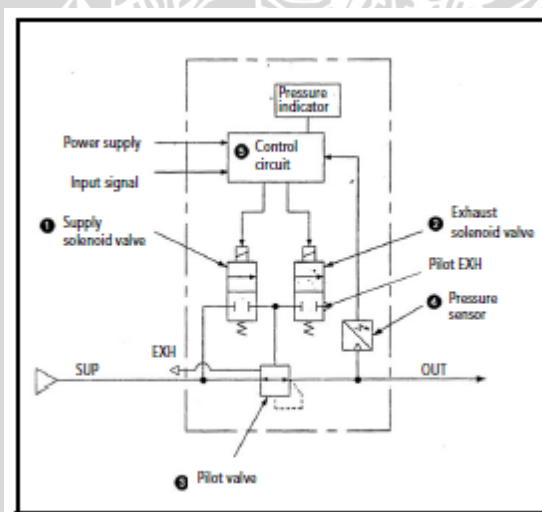
1. Menentukan diskripsi kerja sistem yang akan dikontrol.
2. Menentukan peralatan *input/output* yang dipakai kedalam *I/O manager*.
3. Memilih *function block* sesuai dengan prinsip kerja sistem yang diinginkan.
4. Menyambungkan antar *block* dengan wiring sesuai dengan prinsip kerja sistem.
5. Memindahkan program yang telah dibuat ke dalam FCS.
6. Memanggil *tagname* sistem yang telah dibuat dan merubahnya ke mode *auto* apabila diinginkan pengontrolan secara *closed loop*.



Gambar 2.11 Function Block dalam Control Drawing Builder

Electro-Pneumatic Regulator ITV3051-013B

Alat ini digunakan untuk mengatur tekanan udara berdasarkan arus yang masuk. Tentunya dibutuhkan *supply* udara bertekanan. Udara yang masuk dan keluar akan berbeda tekanannya tergantung sinyal arus pada *input*.

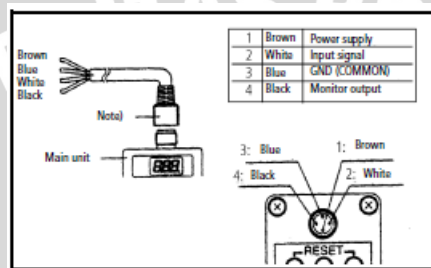


Gambar 2.12 Skematik ITV3051-013B

Skema *electro-pneumatic regulator* seperti yang terlihat pada Gambar 2.12. Prinsip kerjanya, ketika diberi sinyal masukan *air supply solenoid valve* terbuka sehingga sebagian udara bertekanan masuk melewati *pilot valve*. *Pilot valve* membuka *valve* utama sehingga menyebabkan sebagian *supply* tekanan ke *port output*. Sensor tekanan dalam *Electro-pneumatic regulator* akan memberi feedback tekanan udara yang keluar ke sirkuit kontrol. Sirkuit kontrol akan

mengolah sinyal *input* dan *output* sehingga keluaran yang dihasilkan proporsional terhadap sinyal *input*. Terdapat *exhaust solenoid valve* yang akan melepaskan sebagian udara ke atmosfer apabila tekanannya berlebih.

Electro-pneumatic regulator mempunyai 4 kabel yang terletak pada bagian atas, pembagiannya seperti yang terlihat pada Gambar 2.13. *Electro-pneumatic regulator* membutuhkan catu daya sebesar 24 VDC dan menggunakan sinyal *input* berupa arus 4-20mA DC. Juga terdapat kabel untuk memonitor tekanan dengan keluaran 1-5VDC. Terdapat satu display yang berisikan informasi besar tekanan udara keluaran dalam satuan MPa.



Gambar 2.13 Rangkaian Kabel ITV3051-013B

Sumber : ITV Series Catalog

Sensor *Infra Red* GP2D120

Sensor *infra red* GP2D120 adalah sensor pengukur jarak dengan keluaran tegangan analog. Sensor ini mempunyai dua lensa, seperti yang terlihat pada Gambar 2.14. Salah satu lensa bertugas untuk memancarkan gelombang *infra red* dan lensa lainnya untuk menerima gelombang *infra red* yang dipantulkan oleh objek. Batas pembacaan optimal sensor ini 4-30 cm, bisa berubah tergantung dengan kemampuan objek memantulkan gelombang.



Gambar 2.14 Sensor *Infra Red* GP2D120

GP2D120 membutuhkan catu daya sebesar 5 V DC. Berbeda dengan sensor ultrasonik yang menghasilkan sinyal berupa pulsa, sensor ini menghasilkan

sinyal analog berupa tegangan 0-5 V DC. Menurut *datasheet* sensor infrared GP2D120 mempunyai persamaan:

$$V = \frac{1}{R+0.42} \quad (2.1)$$

dengan:

V = tegangan keluaran

R = jarak sensor dengan objek

V/I Converter ISO-U1-P3-O1

ISO-U1-P3-O1 adalah *Isolated amplifier* untuk mengubah sinyal analog yang berupa tegangan menjadi arus. IC ini umum digunakan dalam aplikasi akuisisi data analog. ISO-U1-P3-O1 dapat mengubah sinyal masukan berupa tegangan 0-5V menjadi sinyal keluaran berupa arus 4-20mA. IC ini dicatu dengan tegangan 5V DC dan mempunyai 10 pin seperti yang tampak pada Gambar 2.15. Di antaranya terdapat pin yang disambungkan dengan potensiometer, fungsinya sebagai pengatur *zero* dan *gain* sehingga bisa dilakukan kalibrasi.



Gambar 2.15 IC ISO-U1-P3-O1

BAB III

METODE PENELITIAN

Kajian dalam skripsi ini merupakan penelitian yang bersifat aplikatif, yaitu merancang suatu sistem pengendalian menggunakan *Distributed Control System* yang bertujuan agar dapat menampilkan performansi sistem sesuai dengan yang direncanakan.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

3.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik pendukungnya, hal ini dimaksudkan agar sistem pengendalian posisi *stamping rod* dapat berjalan sesuai dengan deskripsi awal yang telah direncanakan. Perancangan sistem yang dilakukan menggunakan peralatan di Laboratorium Sistem Kontrol Universitas Brawijaya, meliputi:

- Penentuan sistem pneumatik yang digunakan.
- Penentuan spesifikasi sistem yang akan dibuat, meliputi :
 - a. Penentuan deskripsi kerja sistem secara keseluruhan.
 - b. Rangkaian elektronik pendukung.
- Perancangan program pada *Distributed Control System* sebagai pusat pengontrol.

3.2 Realisasi Pembuatan Sistem

Untuk merealisasikan alat atau sistem yang telah dirancang sebelumnya maka perlu diperhatikan beberapa tahapan dalam pembuatan alat tersebut, diantaranya yaitu :

- Penyempurnaan mekanik sistem *stamping rod* dan pneumatik secara keseluruhan yang meliputi penentuan batasan tekanan output *electric-pneumatic regulator*, penentuan batasan *pressure regulator* serta pemasangan sensor.

- Pembuatan rangkaian elektronika meliputi rangkaian V/I *converter* dan *auxilliary power supply*.
- Pembuatan *project* dan program pengontrolan menggunakan DCS CENTUM VP.

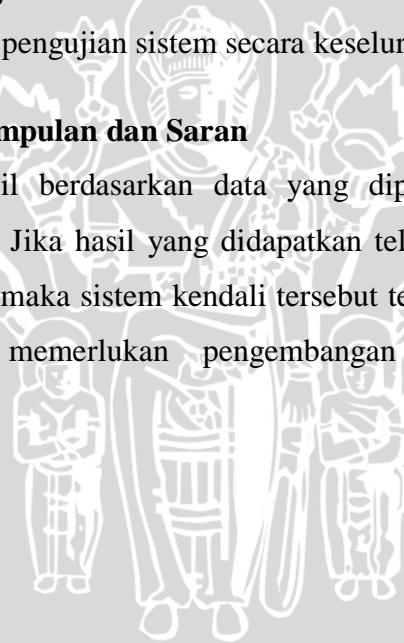
3.3 Pengujian dan Analisa Data

Setelah semua komponen pada alat sudah terhubung sesuai dengan diagram blok sistem yang telah dirancang dan perangkat lunak untuk mendukung sistem telah dibuat, maka diadakan pengujian dan analisa alat. Metode pengujian alat adalah sebagai berikut:

- Pengujian pada sensor yang digunakan.
- Menguji pada tiap-tiap blok rangkaian.
- Mengadakan pengujian sistem secara keseluruhan.
- Mengevaluasi hasil pengujian sistem secara keseluruhan.

3.4 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

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



BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

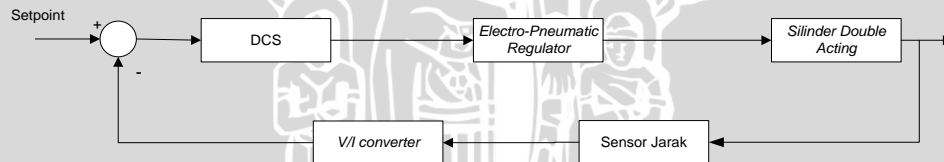
Perancangan Sistem

Perancangan alat ini dilakukan secara bertahap dalam bentuk blok sehingga akan memudahkan dalam analisis pada setiap bloknya maupun secara keseluruhan. Perancangan ini terdiri dari:

- Cara kerja alat.
- Spesifikasi alat.
- Perancangan perangkat keras terdiri atas perancangan elektrik dan komunikasi *Distributed Control System* (DCS) CENTUM VP, sensor jarak, rangkaian modul I/O, perancangan *auxiliary power supply*, dan rangkaian *V/I converter*.
- Perancangan perangkat lunak terdiri atas perancangan project DCS CENTUM VP dan perancangan pemrograman menggunakan *function block*.

Blok Diagram Sistem

Diagram balok sistem yang dirancang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Balok Sistem

Keterangan dari blok diagram diatas adalah sebagai berikut :

- *Set point* sistem berasal dari *face plate* pada program CENTUM VP. *Set point* digunakan untuk menentukan berapa jauh batang silinder harus keluar.
- Pusat pengendalian sistem menggunakan DCS CENTUM VP yang memberikan sinyal keluaran analog ke *electro-pneumatic regulator*.
- Silinder yang digunakan adalah silinder *double acting* yang berfungsi sebagai aktuator.

- Sebagai *feed back* digunakan sensor *infra red* yang berfungsi sebagai sensor jarak. Sensor jarak memberikan sinyal keluaran analog ke V/I *converter* yang dihubungkan dengan modul *input* analog AAI143 DCS karena modul tersebut hanya dapat menerima masukan berupa arus 4-20mA.

Prinsip Kerja Sistem

Cara kerja sistem adalah sebagai berikut :

- Menggunakan *supply pressure* dari kompresor sebesar 7,2 bar.
- *Supply pressure* dari kompresor dihubungkan ke *air treatment unit* kemudian keluarannya dihubungkan ke *pressure regulator* dan *electro-pneumatic regulator* menggunakan T-*junction*.
- *Output pressure* dari *electro-pneumatic regulator* dihubungkan ke *port* silinder *double acting* yang digunakan untuk mengeluarkan batang silinder. *Output electro-pneumatic regulator* diatur agar mengeluarkan tekanan minimal 1,3 bar dan maksimal 3,0 bar.
- Pada *port* yang digunakan untuk memasukkan batang silinder dihubungkan dengan *pressure regulator* yang keluarannya diatur untuk mengeluarkan tekanan sebesar 2,75 bar.
- Sensor *infra red* digunakan sebagai sensor posisi batang silinder. Sensor *infra red* akan memberikan keluaran berupa level tegangan yang berubah-ubah sesuai dengan posisi batang silinder yang keluar.
- Hasil pembacaan sensor terlebih dahulu dikonversi menjadi sinyal arus 4-20mA sebelum masuk ke modul *input* analog DCS. Hal ini dikarenakan modul *input* analog AAI143 hanya dapat menerima masukan berupa arus 4-20mA.
- Masukan sistem berasal dari *face plate* pada HIS/EWS.
- Ketika sistem diberi *set point* maka DCS akan memproses sesuai dengan program yang dibuat menggunakan *function block* pada *control drawing*. Pengontrolan dilakukan secara *direct control*.
- *Present variable* (PV) adalah hasil pembacaan sensor yang diterima DCS dan *manipulated variable* (MV) adalah sinyal kontrol 4-20mA yang keluar pada modul *output analog* AAI543.

- Apabila menggunakan blok ONOFF ketika PV di bawah *Setpoint Value* (SV), MV akan bernilai 100% dan ketika PV di atas SV, MV akan bernilai 0%.
- Apabila menggunakan blok PID, ketika mode otomatis diaktifkan nilai MV akan berubah-ubah. Perubahan MV tersebut tergantung dengan parameter yang dimasukkan dalam *tuning window*.
- Keluaran dari modul *output* analog dihubungkan dengan *electro-pneumatic regulator* sehingga tekanan yang keluar dari *electro-pneumatic regulator* tergantung pada nilai MV.
- Ketika posisi silinder yang dikehendaki sudah tercapai, DCS akan memberi sinyal MV agar tekanan pada kedua port menyebabkan batang silinder diam.

Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Berdasarkan diagram blok perancangan alat yang telah disusun, perancangan perangkat keras meliputi perancangan elektrik dan komunikasi DCS CENTUM VP, sensor jarak dan I/V *converter* serta penggunaan *auxilliary power supply* pada analog *input* DCS. Di bawah ini adalah penjelasan masing-masing rangkaian penyusun keseluruhan alat.

4.2.1 Spesifikasi Alat

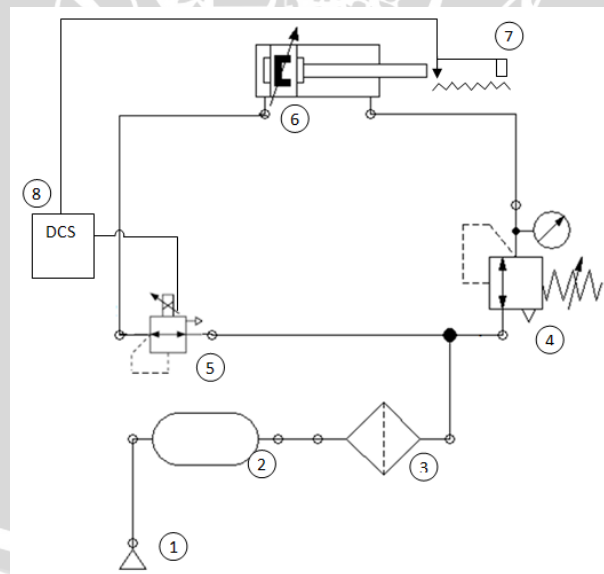
Spesifikasi sistem pengendalian posisi *stamping rod* berbasis pneumatik menggunakan DCS CENTUM VP adalah sebagai berikut :

- Sumber udara bertekanan sebesar 7,2 bar berasal dari kompresor tipe *rotary* keluaran hydrovane.
- Silinder *double acting* yang digunakan mempunyai panjang *piston rod* 30 cm dan diameter *bore* 25 mm.
- Pergerakan silinder *double acting* berasal dari tekanan udara dari *electro-pneumatic regulator* dan tekanan dengan arah yang berlawanan dari *pressure regulator*. Tekanan *output* dari *pressure regulator* diatur secara manual sebesar 2,75 bar.

- Sensor jarak menggunakan sensor *infra red* GP2d120 dengan jarak pembacaan optimal 4-30cm dan *output* berupa tegangan analog 0-5V DC.
- Aktuator menggunakan udara bertekanan yang besarnya diatur *electro-pneumatic regulator* yang mendapat sinyal masukan dari *output* analog DCS. *Electro pneumatic regulator* diatur agar tekanan udara di *port output* minimal 1,3 bar dan maksimal 3 bar.
- Skema perancangan sistem dapat dilihat dalam Gambar 4.2.

Keterangan Gambar 4.2 :

1. Kompresor
2. *Buffer accumulator*
3. *Air filter*
4. *Pressure regulator*
5. *Electro-pneumatic regulator*
6. Silinder *double acting*
7. Sensor jarak
8. DCS



Gambar 4.2 Skema Keseluruhan Sistem

4.2.2 Kompresor Hydrovane HV-01

Kompresor hydrovane HV-01 adalah seri kompresor terbuka (*unenclosed*) dari hydrovane dengan kecepatan motor tetap. HV-01 dapat menghasilkan tekanan udara sebesar 7,2 bar. Karena merupakan kompresor elektrik, HV-01 membutuhkan suplay tegangan sebesar 220V AC.

Berdasarkan prinsip kerjanya HV-01 adalah kompresor tipe *rotary vane*. Kompresor jenis ini terdiri dari sebuah rotor dengan beberapa baling-baling yang terpasang secara radial pada slot di rotor. Ketika rotor berputar terjadi penyempitan volume yang mengakibatkan tekanan udara semakin besar. Kompresor jenis ini menghasilkan panas karena rotor berputar secara terus menerus, oleh karena itu ketika kompresor aktif oli terus disirkulasikan di bagian rotor untuk menurunkan suhu.

4.2.3 Buffer Accumulator

Untuk meminimalisir resiko kehilangan tekanan udara secara drastis ketika kompresor terjadi gangguan atau kegagalan digunakan *buffer accumulator*. Udara bertekanan dari kompresor terlebih dahulu ditampung di *buffer accumulator*. Dengan begitu apabila tekanan dari kompresor tiba-tiba turun, perangkat pneumatik tidak langsung kehilangan tekanan udara karena masih mendapat suplai dari *buffer accumulator*.

Buffer accumulator yang digunakan dalam penelitian ini buatan Martonair seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 dengan tipe M16c200 yang dapat digunakan untuk tekanan udara maksimal 10 bar.



Gambar 4.3 Buffer Accumulator

Sumber : Perancangan

4.2.4 *Air filter*

Udara bertekanan yang dihasilkan kompresor kualitasnya bergantung pada kompresor yang digunakan. Seringkali udara dari kompresor masih tercampur dengan partikel-partikel kecil seperti udara ataupun air. Oleh sebab itu digunakan *air filter* agar udara yang masuk ke komponen pneumatik lain bebas dari kotoran. Selain itu fungsi dari *air filter* adalah untuk memisahkan udara dari air. Sebab air dapat menyebabkan korosi pada komponen yang terbuat dari besi.

4.2.5 *Electro-Pneumatic Regulator ITV3051-013B*

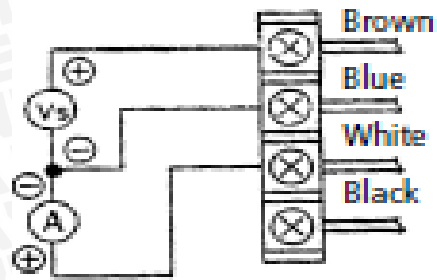
Alat ini digunakan untuk mengatur tekanan udara berdasarkan arus listrik yang masuk. Dibutuhkan *supply* tekanan udara yang lebih besar dibanding tekanan udara yang keluar. Pada penelitian ini *electro-pneumatic regulator* di-*setting* dengan batasan tekanan udara yang keluar 1,3-3 bar.



Gambar 4.4 Tampak depan ITV3051-013B

Sumber : Perancangan

Electro-pneumatic regulator mempunyai 4 kabel yang terletak pada bagian atas. *Electro-pneumatic regulator* membutuhkan catu daya sebesar 24 VDC dan menggunakan sinyal *input* berupa arus 4-20mA DC. Juga terdapat kabel untuk memonitor tekanan dengan keluaran 1-5VDC. Terdapat satu layar yang berisikan informasi besar tekanan udara keluaran dalam satuan MPa seperti pada Gambar 4.4. Rangkaian *wiring* ITV3051-013B tampak seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Rangkaian Wiring ITV3051-013B

Sumber : ITV Series Catalog

4.2.6 Pressure Regulator

Pressure regulator digunakan untuk mengatur tekanan udara yang masuk. Pada penelitian ini *air pressure regulator* berfungsi memberi udara bertekanan pada silinder *double acting* yang berlawanan arah dengan udara dari *electro-pneumatic regulator*. *Air pressure regulator* mempunyai 1 port *input*, 2 port *output*, dan 1 *exhaust valve* yang akan melepaskan udara agar tekanan udara yang dikeluarkan sesuai dengan keinginan. Terdapat sekrup atau *adjustment handle* seperti yang tampak pada Gambar 4.6 yang digunakan untuk mengatur tekanan udara keluaran.



Gambar 4.6 Pressure Regulator

Sumber : Perancangan

Pressure regulator yang digunakan buatan Bestobell Mobrey tipe 40-50 mempunyai maksimal masukan 10 bar dan range keluaran 0,05 bar-3,5 bar. Pada penelitian ini tekanan keluaran diatur sebesar 2,5 bar.

4.2.7 Silinder *Double Acting*

Silinder adalah aktuator pneumatik yang mempunyai gerakan linier. Silinder *double acting* adalah jenis silinder yang gerakan maju dan mundurnya tergantung oleh udara yang masuk pada kedua portnya.

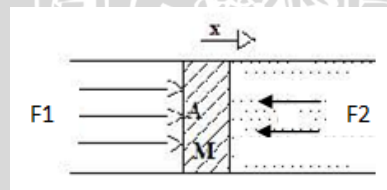


Gambar 4.7 Silinder *Double Acting* SMC CDM2b25-300

Sumber : Perancangan

Silinder *double acting* yang digunakan adalah silinder dari SMC dengan seri CDM2B25-300 seperti yang tampak pada Gambar 4.7. Silinder ini mempunyai panjang *piston rod* 30 cm dan diameter *bore* 25 mm. Maksimal tekanan udara yang diperbolehkan adalah sebesar 10 bar. Untuk dihubungkan dengan *tubing* dibutuhkan *fitting* dengan ulir diameter 1/8".

Analogi silinder *double acting* yang digunakan dalam penelitian terlihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Analogi Silinder *Double Acting*

Sumber : Palinggi, Wido S., 2006

Tekanan (P) adalah suatu gaya yang bekerja merata pada permukaan bidang, dirumuskan dengan :

$$P = \frac{F}{A} \quad (4.1)$$

sehingga

$$F = P \cdot A \quad (4.2)$$

Analogi pada Gambar 4.8 sesuai dengan hukum kedua Newton, yaitu :

$$\sum F = m \cdot a \quad (4.3)$$

atau

$$\sum F = m \cdot \ddot{x} \quad (4.4)$$

Dari persamaan (4.4) didapat :

$$P \cdot A - F_2 \cdot \dot{x} = m \cdot \ddot{x} \quad (4.5)$$

Dengan transformasi Laplace diubah menjadi :

$$P(s)A - F_2sX(s) = Ms^2X(s) \quad (4.6)$$

atau

$$P(s)A = X(s)(Ms^2 + F_2s) \quad (4.7)$$

Sehingga didapatkan fungsi alih :

$$\frac{X(s)}{P(s)} = \frac{A}{Ms^2 + F_2s} \quad (4.8)$$

atau

$$X(s) = \frac{A}{Ms^2 + F_2s} P(s) \quad (4.9)$$

dimana : A = luas penampang piston

M = massa stroke

F₂ = tekanan udara dari port 2

P = tekanan pada penampang piston

X = posisi piston

Diameter piston = 25 · 10⁻³ m

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (4.10)$$

jadi

$$A = \frac{1}{4} \pi (25 \cdot 10^{-3})^2 = 4,90625 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (4.11)$$

massa stroke = M = 36 · 10⁻³ kg

F₂ = 2,5 bar = 40 psi

Nilai-nilai di atas dimasukkan dalam persamaan (4.9) sehingga didapat:

$$X(s) = \frac{4,90625 \cdot 10^{-4}}{36 \cdot 10^{-3} s^2 + 40s} P(s) \quad (4.12)$$

atau

$$X(s) = \frac{1}{73,38s^2 + 8,1529 \cdot 10^4 s} P(s) \quad (4.13)$$

Dari persamaan (4.13) didapat hubungan antara jarak dengan tekanan :

$$X(t) = 1,22656 \cdot 10^{-5} \cdot e^{-8,95387 \cdot 10^{-4}(t)} \cdot P(t) \quad (4.14)$$

4.2.8 Sensor *Infra Red* GP2D120

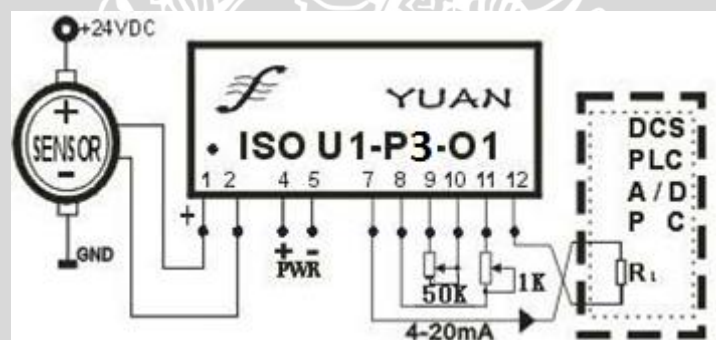
Sensor *infra red* digunakan sebagai pengukur posisi *piston rod*. Sensor ini diletakkan sejajar dengan kertas karton yang dijepit pada ujung piston rod sebagai media pemantul cahaya. Sehingga setiap pergeseran posisi *piston rod* akan mempengaruhi sinyal keluaran di sensor *infra red*.

Range pembacaan optimal berdasar *datasheet* berkisar 4-30cm. Sensor *Infra Red* GP2D120 mempunyai keluaran sinyal analog 0-5V DC.

4.2.9 V/I converter ISO U1-P3-O1

Pada penelitian ini digunakan V/I *converter* ISO U1-P3-O1 sebagai pengubah tegangan dari sensor menjadi arus 4-20mA. Konversi tegangan ke arus perlu dilakukan karena modul *input* analog AAI143 hanya dapat menerima sinyal masukan berupa arus 4-20mA.

ISO U1-P3-O1 mempunyai 10 pin seperti yang terlihat pada Gambar 4.9. Potensiometer pada pin 9-10 dan pin 8-11 digunakan untuk mengatur *gain* dan *zero* sehingga bisa dilakukan kalibrasi terhadap *output* IC.



Gambar 4.9 Rangkaian Wiring ISO U1-P3-O1

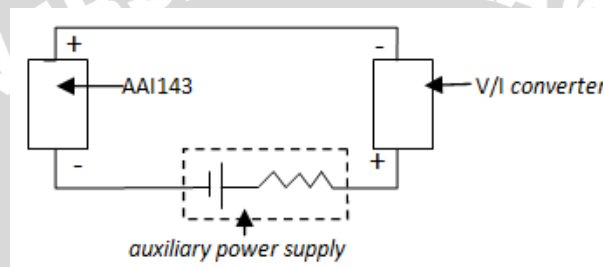
Sumber : *Datasheet* ISO U1-P3-O1

4.2.10 Auxiliary Power Supply

DCS CENTUM VP di laboratorium sistem kontrol Universitas Brawijaya menggunakan modul analog AAI143. Modul analog AAI143 mempunyai ketentuan tegangan yang ada di modul harus berkisar 19 - 25,5 VDC. Modul tersebut membutuhkan catu daya 24 VDC, sehingga dalam keadaan tidak tersambung dengan transmitter terdapat tegangan 24VDC pada modul *input* analog.

V/I Converter yang digunakan dalam sistem mempunyai Vcc 5 Volt dan sinyal keluaran berupa arus 4-20mA. Ketika dihubungkan langsung pada modul *input* analog, tegangan modul akan turun menjadi 15 V sehingga sensor tidak terdeteksi oleh DCS. Pada kondisi ini alarm aktif mengindikasikan adanya IOP (*Input Out of Parameter*).

Untuk mengatasinya dibutuhkan sumber tegangan dengan besar sama namun dengan arah yang berlawanan dengan V/I converter. Dengan begitu tegangan pada modul *input* masih tetap di antara 24 V DC. Rangkaian *auxiliary power supply* terdiri dari sumber tegangan 3,77 V dan resistor 4,7 K Ω . Penempatan *auxiliary power supply* dapat dilihat pada Gambar 4.10.

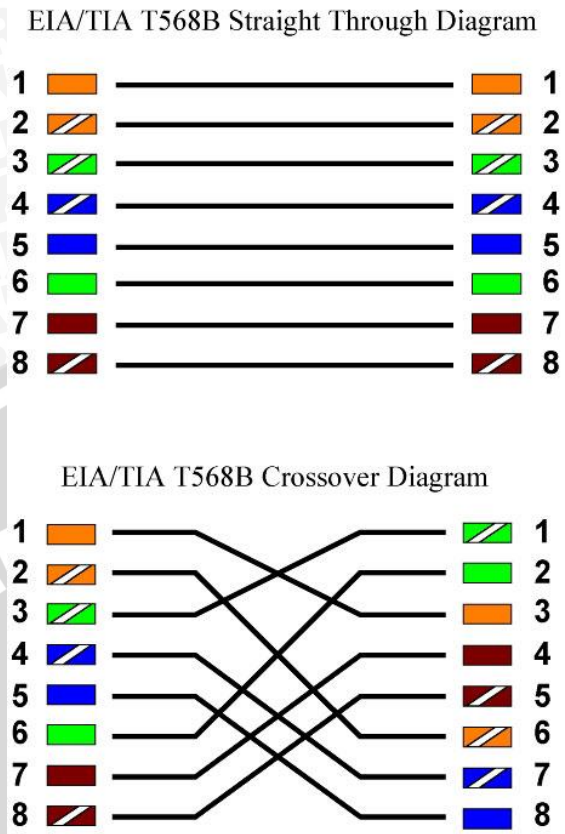


Gambar 4.10 Rangkaian Wiring Auxiliary Power Supply dengan AAI143 dan V/I Converter

4.2.11 Perancangan Modul Komunikasi

Komunikasi antara FCS dengan HIS/EWS menggunakan jaringan Vnet/IP. Pada HIS/EWS harus terpasang PCI bus card VI701 agar dapat terhubung dengan jaringan dalam CENTUM VP melalui Vnet/IP. Sedangkan pada FCS sudah terpasang device AFV10 yang digunakan sebagai port komunikasi. Kabel yang digunakan adalah kabel ethernet dengan konektor RJ-45.

FCS dan HIS/EWS terhubung melalui *switch*. Untuk menghubungkan HIS/EWS dengan jaringan dibutuhkan kabel ethernet tipe *cross*. Sedangkan untuk menghubungkan FCS dengan jaringan dibutuhkan kabel ethernet tipe *straight*. Skema kabel ethernet tipe *cross* dan *straight* ditunjukkan pada Gambar 4.11.



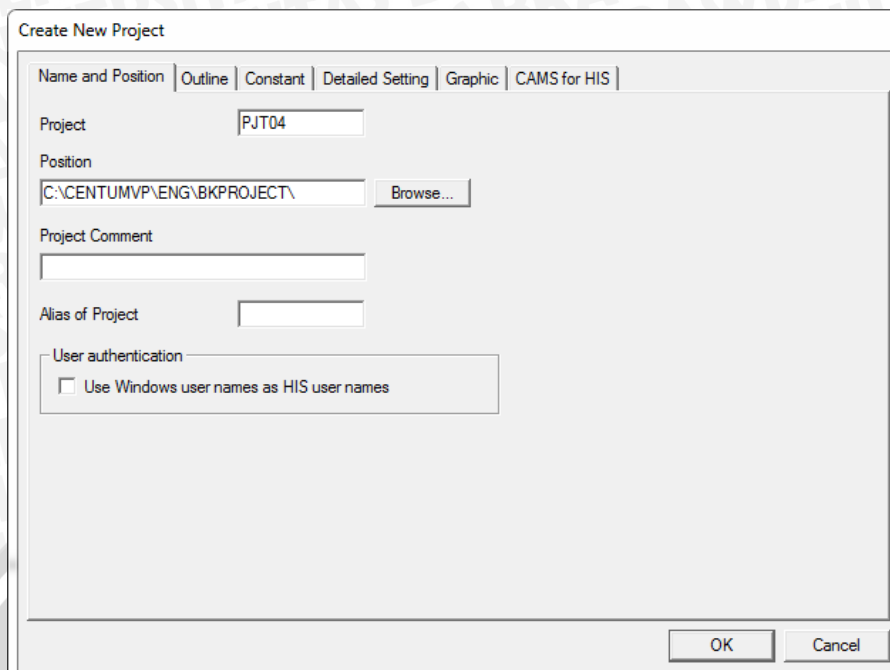
Gambar 4.11 Rangkaian Kabel *Straight* dan *Cross*

4.3 Perancangan Perangkat Lunak DCS

4.3.1 Membuat *Project*

Dalam sistem pengendalian dengan DCS diperlukan *project* sebagai tempat tersimpannya semua parameter modul-modul dan *station-station* yang digunakan oleh DCS.

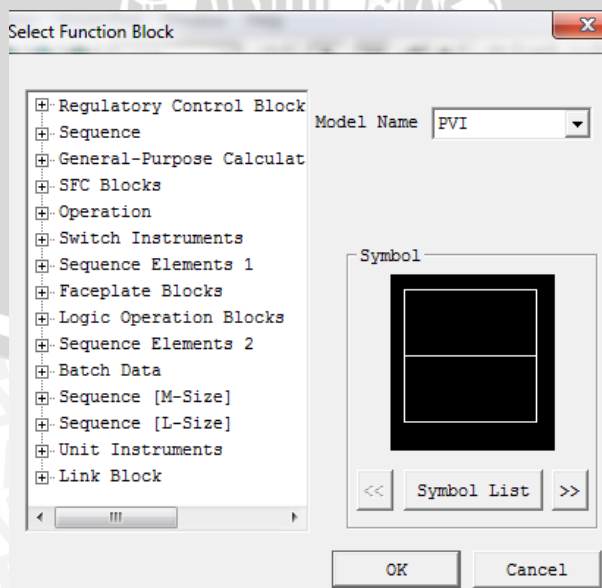
Untuk membuat *project* baru, pada "*System View*" klik kanan folder "*SYSTEM VIEW*" pilih "*Create New*" kemudian "*project*" pada menu berikutnya maka akan muncul *window "Create New Project"* akan muncul. Pada *window* tersebut terdapat beberapa *tab* seperti yang terlihat pada Gambar 4.12. *Project* akan selesai dibuat setelah *setting* parameter dilakukan dan tombol "OK" diklik.



Gambar 4.12 Window "Create New Project"

4.3.2 Control Drawing Builder

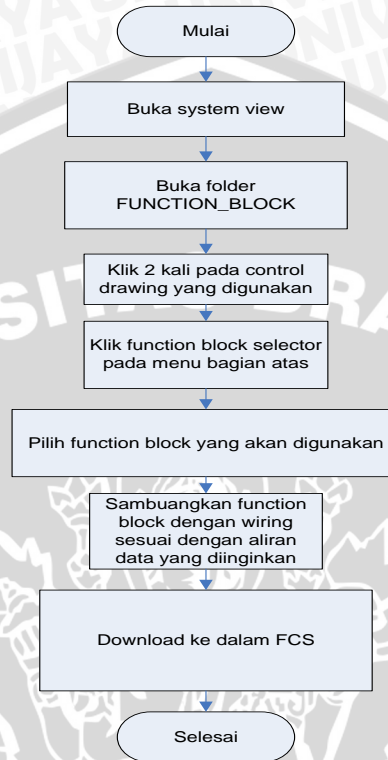
Control Drawing Builder adalah *software* yang digunakan untuk mempermudah pembuatan fungsi-fungsi kontrol pada DCS. Melalui *control drawing builder* operasi seperti deklarasi *input* dan *output*, penentuan aliran data, serta pengolahan data dilakukan secara grafis dengan *function block*. Dalam satu *control drawing* dapat digunakan hingga 100 *function block*. Beberapa jenis *function block* yang dapat digunakan bisa dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Window Pemilihan *Function Block*

4.3.2 Pembuatan Aliran Data

Skema aliran data yang dibuat dalam *control drawing builder* menentukan hasil keluaran dari DCS. Alur pembuatannya seperti yang terlihat di *flowchart* pada Gambar 4.14 :



Gambar 4.14 Diagram Alir Pembuatan Aliran Data

4.3.3 Perancangan Blok Kalkulasi

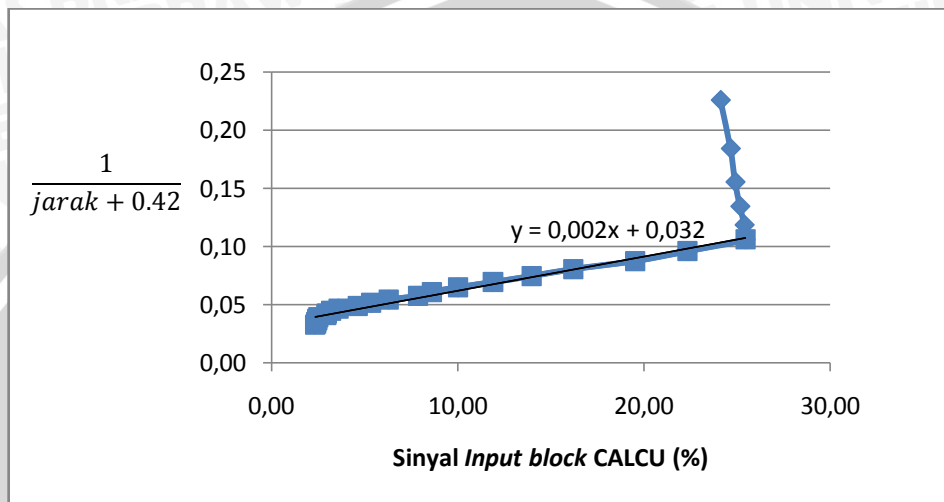
Function Block CALCU berfungsi untuk melakukan kalkulasi terhadap sinyal *input*. Kalkulasi dilakukan untuk memperbaiki sinyal yang diolah kontroler. *Listing* program yang digunakan dalam blok CALCU seperti yang terlihat dalam Gambar 4.15.

```
Function Block Detail Builder - [Pjt:SWT Stn:FCS0101 Draw:DR0002 File:
File Edit View Tools Window Help
Edit Window Edit Calculation Script
1 | program
2 | l= (1/ (0.002*RV)) -0.42)
3 | cpv= ((26*(1-19.26)) / (213.29-19.26))
4 | end
```

Gambar 4.15 *Listing* Program pada Blok CALCU

Masukan sinyal blok CALCU pada program adalah RV, sedangkan sinyal hasil pengolahan yang menjadi keluaran blok CALCU adalah cpv.

Berdasarkan *datasheet* sensor sharp GP2D120 mempunyai hubungan yang cukup linier antara sinyal *output* yang dihasilkan dengan $\frac{1}{\text{jarak} + 0.42}$. Grafik hubungan antara RV dengan $\frac{1}{\text{jarak} + 0.42}$ pada sensor terlihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Grafik Hubungan Antara $\frac{1}{\text{jarak} + 0.42}$ dengan Sinyal *Input* Blok CALCU

Dengan menggunakan *tool trendline* dalam microsoft excel didapat persamaan pendekatan liniernya, yaitu

$$y = 0.002x + 0.032 \quad (4.14)$$

Karena x dan RV adalah sinyal *input*, persamaan (4.15) dapat diubah menjadi

$$y = 0.002.RV + 0.032 \quad (4.15)$$

Persamaan (y) diubah menjadi

$$\frac{1}{l+0.42} = (0.002.RV) + 0.032 \quad (4.16)$$

sehingga

$$l = \frac{1}{0.002.RV} - 0.42 \quad (4.19)$$

dengan :

RV = sinyal *input* blok CALCU

l = jarak

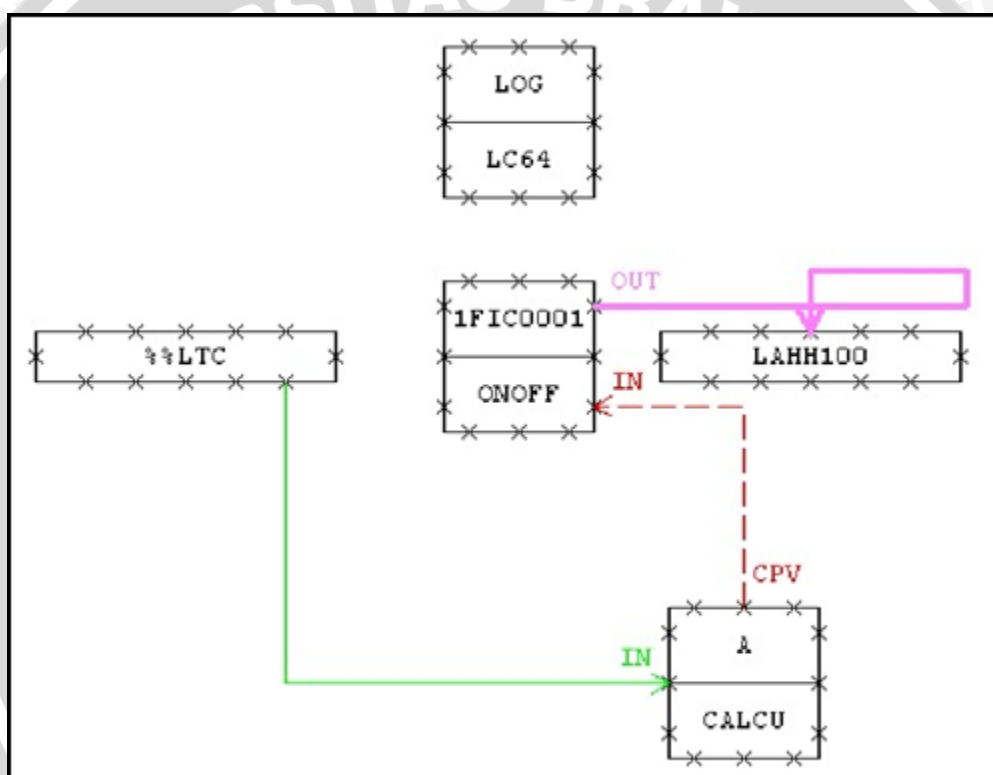
Kemudian dilakukan *scaling* agar cpv mempunyai range antara 0-26cm menggunakan persamaan:

$$cpv = \frac{26.(l-19.26)}{213.29-19.26} \quad (4.20)$$

19,26 adalah hasil l terkecil sedangkan 213,29 adalah hasil l terbesar.

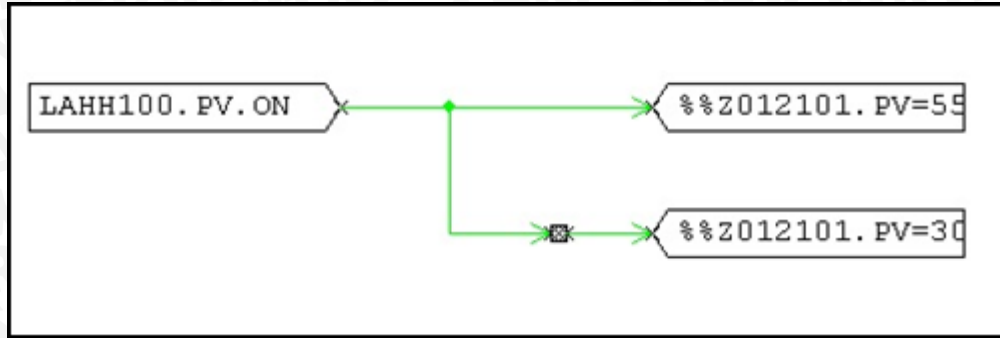
4.3.4 Perancangan Sistem dengan Blok Kontroler ON-OFF

Kontroler ON-OFF adalah kontroler yang paling sederhana, karena hanya akan memberi sinyal ON ketika PV belum mencapai SV dan akan memberi sinyal OFF apabila SV telah terpenuhi. Pada sistem kontrol ON-OFF, elemen pembangkit hanya memiliki nilai *output* yaitu ON dan OFF. Nilai histerisis pada blok kontroler ONOFF di DCS CENTUM VP adalah 1%. *Control drawing builder* yang dirancang menggunakan kontroler ONOFF dapat dilihat di Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Control Drawing Builder Program ONOFF

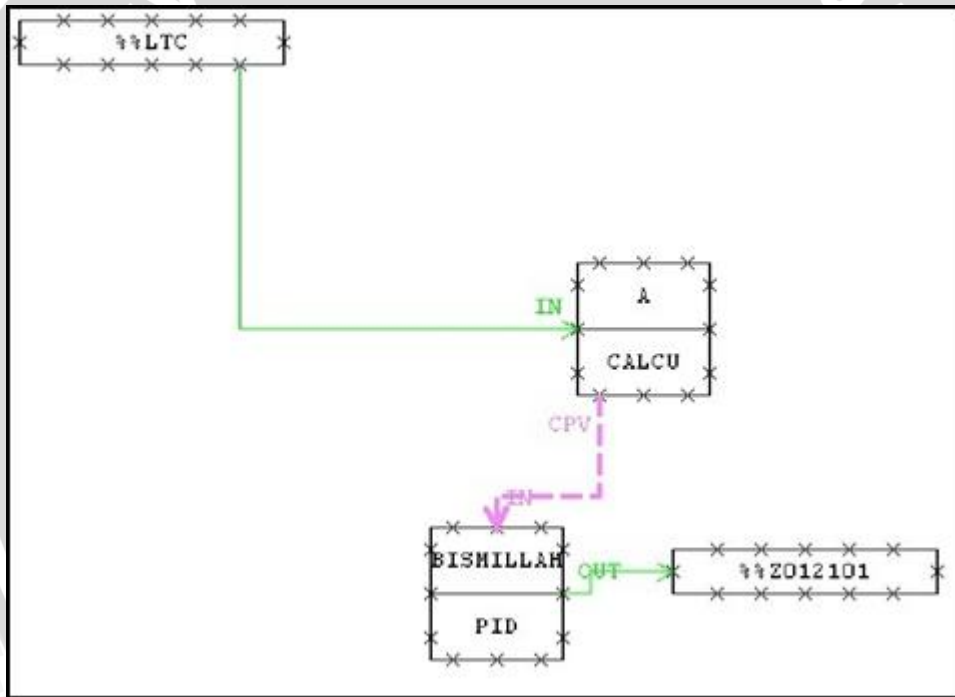
Output blok kontroler ONOFF hanya dapat dipasangkan pada unit *output* digital, sehingga agar sinyal tetap dapat diterima *electro-pneumatic regulator* perlu ditambahkan blok LC64 yang berfungsi sebagai kontrol logika. Dengan program seperti yang terlihat pada Gambar 4.18, ketika *output* digital LAHH100 aktif maka *output* analog %%Z012101 akan mengeluarkan sinyal 55% dan ketika *output* digital LAHH100 mati *output* analog %%Z012101 mengeluarkan sinyal 30%.



Gambar 4.18 Program dalam Blok LC64

4.3.5 Perancangan Sistem dengan Blok Kontroler PID

Teknologi kontrol PID dikenal sebagai kontroler berumpan balik yang paling sering digunakan dalam dunia industri. *Control drawing builder* yang dirancang menggunakan blok kontroler PID bisa dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Control Drawing Builder Program PID

Block kontroler PID pada DCS melakukan komputasi sesuai rumus

$$MV(t) = \frac{100}{PB} \left(E(t) + \frac{1}{TI} \int E(t)dt + TD \frac{dE(t)}{dt} \right) \quad (4.15)$$

dengan

$$E(t) = PV(t) - SV(t) \quad (4.16)$$

keterangan:

MV(t) : *Manipulated variable*

E(t) : *Deviasi*

PV(t) : *Process variable*

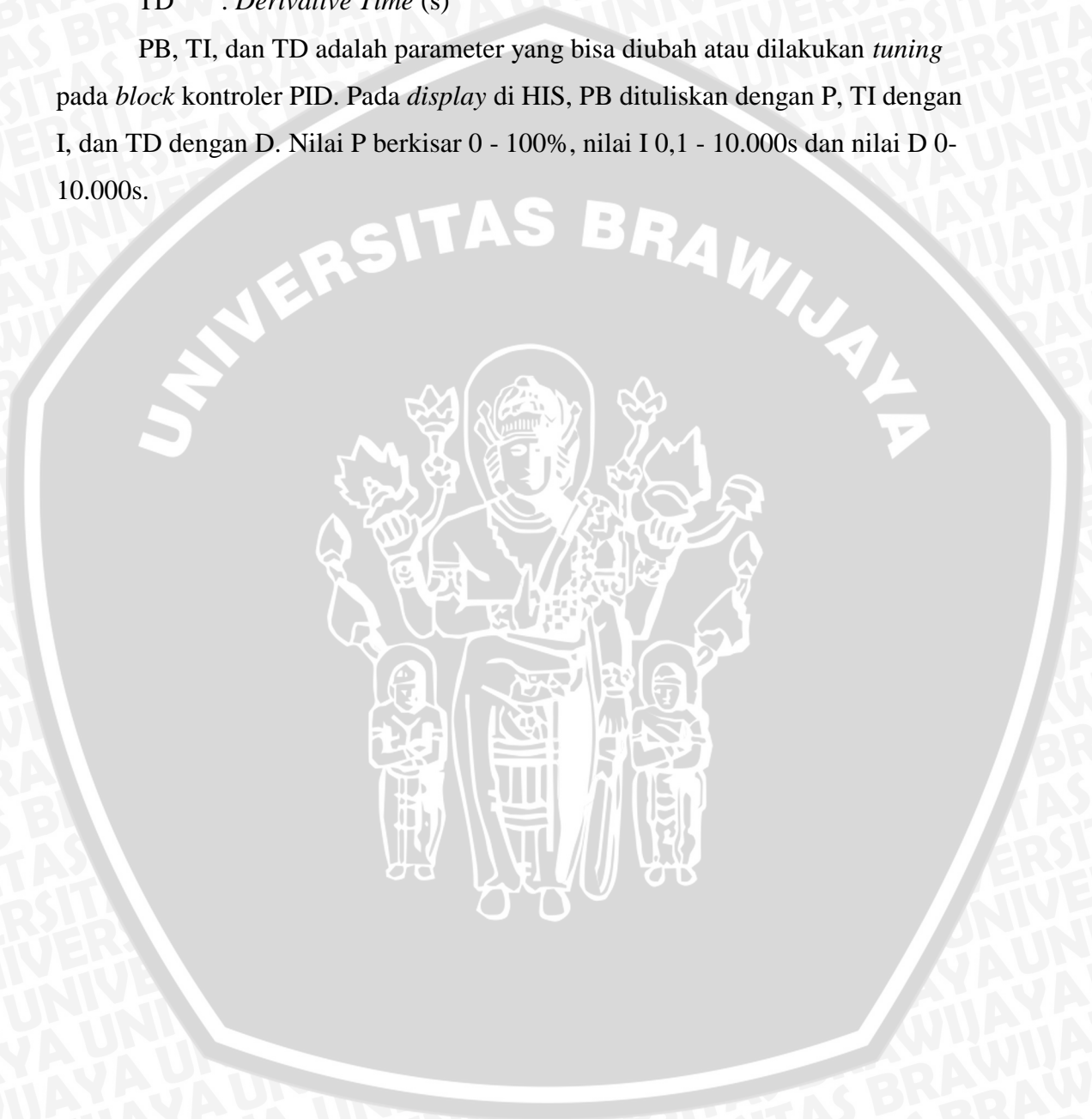
SV(t) : *Setpoint value*

PB : *Proportional Band (%)*

TI : *Integral Time (s)*

TD : *Derivative Time (s)*

PB, TI, dan TD adalah parameter yang bisa diubah atau dilakukan *tuning* pada *block* kontroler PID. Pada *display* di HIS, PB dituliskan dengan P, TI dengan I, dan TD dengan D. Nilai P berkisar 0 - 100%, nilai I 0,1 - 10.000s dan nilai D 0-10.000s.



BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

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

5.1 Pengujian Sensor *Infra Red*

a. Tujuan

Mengetahui tingkat kelinieran dari sensor *infra red* dalam membaca perubahan posisi *piston rod* silinder.

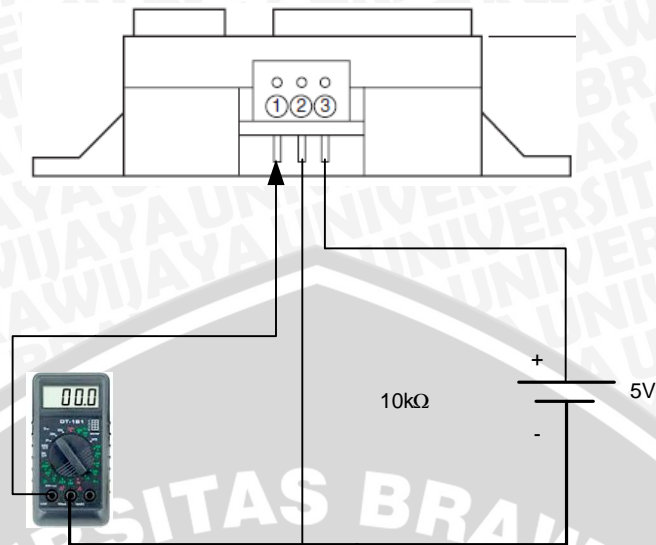
b. Peralatan yang digunakan

- Sensor *infra red*.
- Multimeter.
- Penggaris.
- Kertas karton.
- Catu daya 5 volt.

c. Langkah pengujian

1. Merangkai peralatan seperti pada Gambar 5.1
2. Kertas karton diletakkan sejajar dengan sensor
3. Jarak kertas dan sensor ditambah dari 3 cm sampai 30 cm
4. Mencatat dan menggambar data tegangan keluaran tiap 1 cm untuk melihat kelinierannya.





Gambar 5.1 Rangkaian Pengujian Sensor *Infra Red*

d. Hasil Pengujian

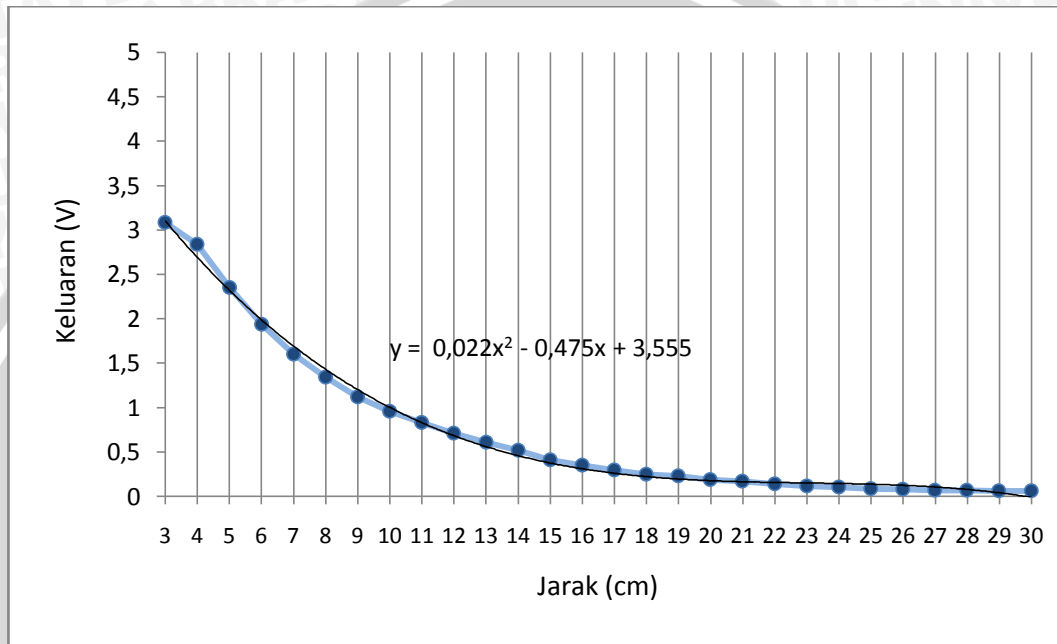
Data hasil pengujian sensor *infra red* ditunjukkan dalam Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor *Infra Red*

No.	Jarak (cm)	Keluaran (V)
1	3	3,087
2	4	2,84
3	5	2,35
4	6	1,94
5	7	1,6
6	8	1,34
7	9	1,12
8	10	0,96
9	11	0,83
10	12	0,71
11	13	0,61
12	14	0,52
13	15	0,41
14	16	0,35
15	17	0,3
16	18	0,25
17	19	0,23
18	20	0,19
19	21	0,17
20	22	0,14
21	23	0,12
22	24	0,104

23	25	0,084
24	26	0,078
25	27	0,07
26	28	0,068
27	29	0,064
28	30	0,064

Grafik hubungan antara jarak dengan tegangan digambarkan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Antara Jarak dengan Tegangan Keluaran Sensor

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada sensor *infra red* dapat dilihat bahwa sensor *infra red* yang digunakan mampu mendeteksi perubahan jarak. Sehingga ideal untuk digunakan sebagai pendeteksi posisi *piston rod* silinder. Dengan *tool trendline* pada *software* Microsoft Excel didapat persamaan yang dihasilkan sensor yaitu :

$$y = 0,022x^2 - 0,475x + 3,555 \tag{5.1}$$

5.2 Pengujian V/I Converter

a. Tujuan

Mengetahui arus *output* V/I converter apabila diberi tegangan *input* yang berbeda-beda.

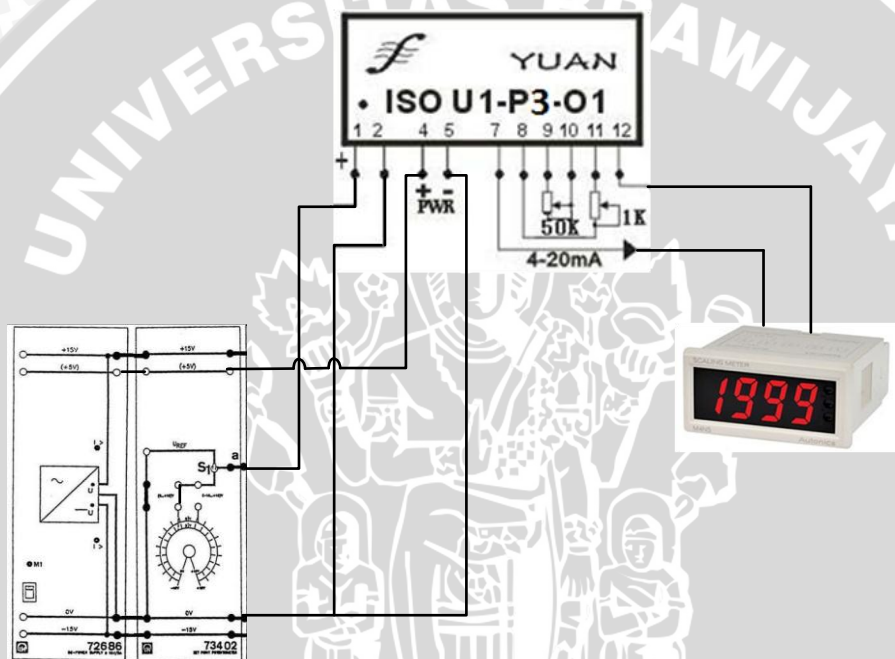
b. Peralatan yang digunakan

- Potensiometer sebagai sumber tegangan masukan V/I converter
- V/I converter ISO U1-P3-O1

- Resistor variabel 50K Ω dan 1K Ω
- Digital panel meter Autonics M4NS sebagai penunjuk besar arus
- Catu daya 5V dan 12V

c. Langkah pengujian

1. Merangkai peralatan seperti dalam Gambar 5.6
2. Mengaktifkan catu daya 5 volt dan 12 volt
3. Potensiometer diputar untuk memberi tegangan masukan *converter* yang bervariasi
4. Mencatat keluaran arus yang terlihat pada *display* Autonics M4NS



Gambar 5.3 Rangkaian Pengujian V/I Converter

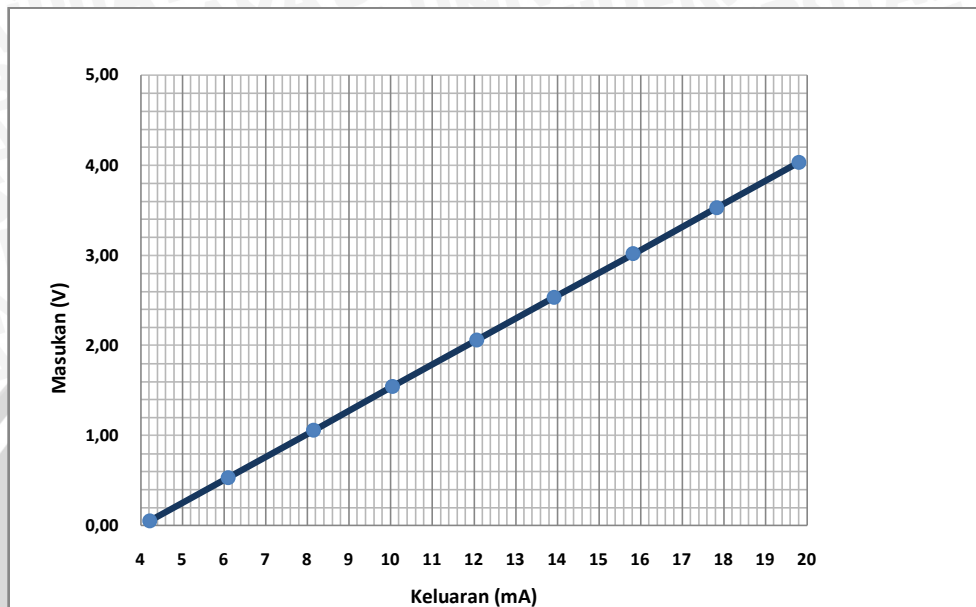
d. Hasil pengujian

Tabel 5.2 Hasil Pengujian V/I Converter

Masukan (V)	Keluaran (mA)
0.05	4.22
0.53	6.1
1.06	8.15
1.54	10.05
2.06	12.07
2.53	13.93
3.02	15.83
3.53	17.84

4.03	19.81
------	-------

Grafik hubungan antara tegangan masukan dengan arus keluaran digambarkan pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik Hubungan Antara Tegangan dengan Arus Keluaran pada V/I Converter

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.2 dapat diketahui bahwa V/I converter dapat mengubah tegangan masukan menjadi arus 4-20mA dengan linier.

5.3 Pengujian *Electro-Pneumatic Regulator*

a. Tujuan

Untuk mengetahui besar tekanan apabila *electro-pneumatic regulator* diberi arus masukan yang berbeda-beda.

b. Peralatan yang digunakan

- DCS
- *Electro pneumatic regulator*

c. Langkah pengujian

Memberi arus masukan 4-20mA dengan DCS kemudian mencatat perubahan tekanan pada *display* tiap kenaikan 1mA.

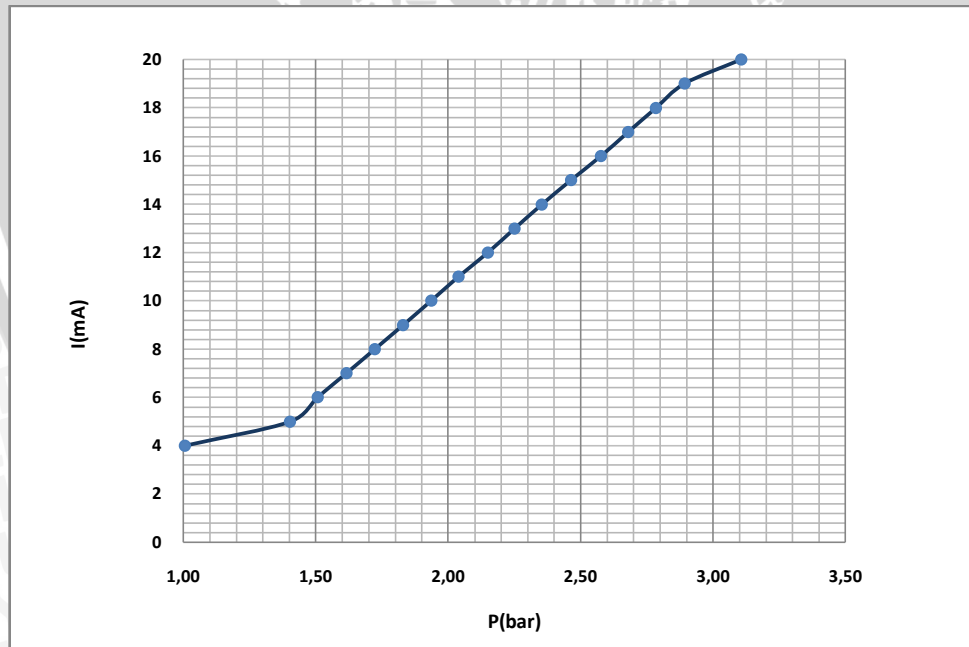
d. Hasil pengujian

Besar tekanan udara *electro-pneumatic regulator* berdasarkan arus masukan ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian *Electro-Pneumatic Regulator*

I(mA)	P(bar)
4	1.01
5	1.40
6	1.51
7	1.62
8	1.72
9	1.83
10	1.94
11	2.04
12	2.15
13	2.25
14	2.35
15	2.46
16	2.58
17	2.68
18	2.78
19	2.89
20	3.11

Grafik hubungan antara arus masukan dengan tekanan pada *electro-pneumatic regulator* digambarkan pada Gambar 5.5.

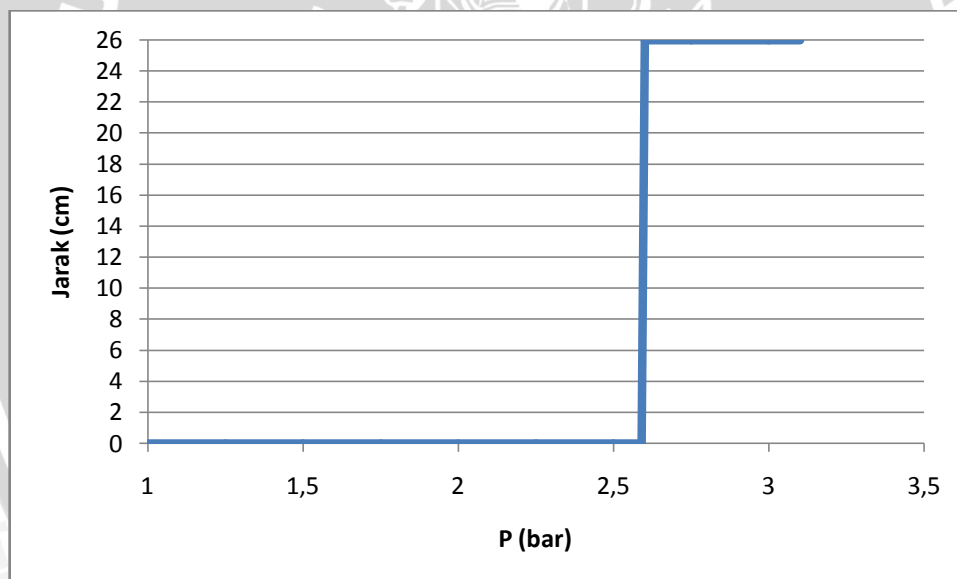


Gambar 5.5 Hubungan Antara Arus Masukan dengan Tekanan pada *Electro-Pneumatic Regulator*

Hubungan antara jarak atau posisi silinder pneumatik dengan tekanan pada *electro-pneumatic regulator* dapat dilihat pada tabel 5.4 dan Gambar 5.6.

Tabel 5.4 Hubungan antara Tekanan dengan Jarak Silinder Pneumatik

P (bar)	X (cm)
1	0
1,25	0
1,5	0
1,75	0
2	0
2,25	0
2,5	0
2,59	0
2,6	26
2,75	26
3	26
3,1	26



Gambar 5.6 Grafik Hubungan Antara Jarak Silinder Pneumatik dengan Tekanan *Electro-Pneumatic Regulator*

5.5 Pengujian Keseluruhan

5.5.1 Pengujian Dengan Blok Kontroler ONOFF

a. Tujuan

Untuk mengetahui respon sistem saat digunakan blok kontroler ONOFF.

b. Peralatan yang digunakan

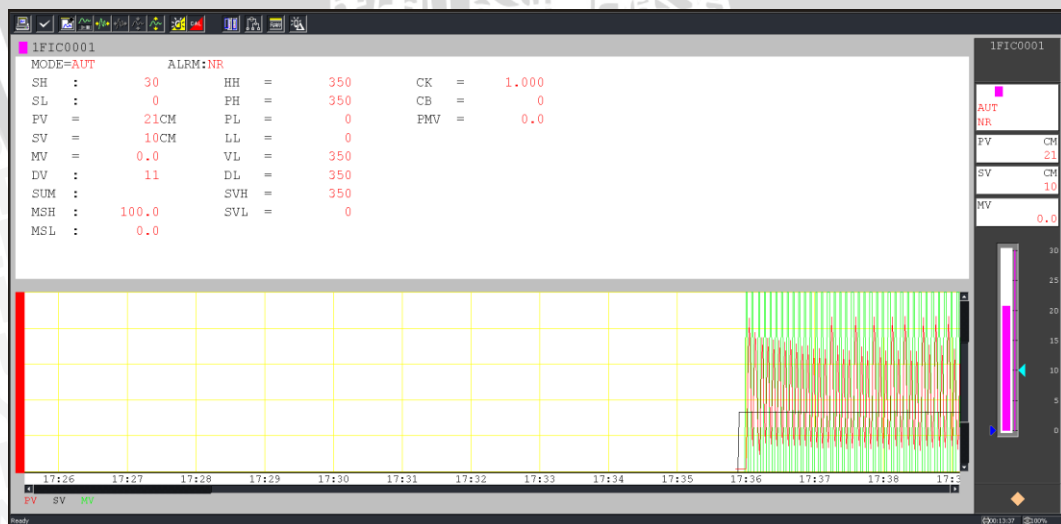
- Model *stamping rod* lengkap dengan *electro-pneumatic regulator*, sensor *infra red*, serta *pressure regulator*.
- Catu daya 15 volt dan 5 volt
- *Distributed Control System* (DCS) CENTUM VP
- *V/I converter*
- *Auxiliary power supply*

c. Langkah Pengujian

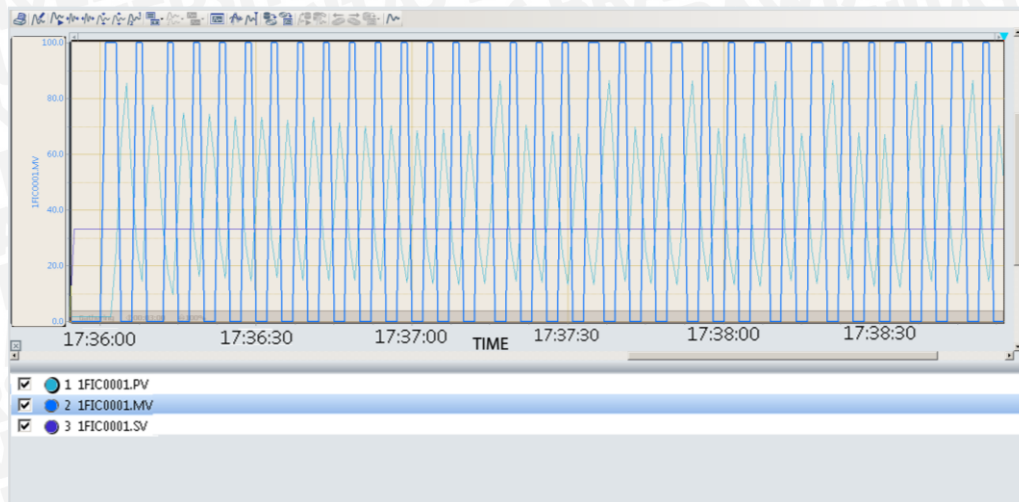
Pengujian ini dilakukan dengan cara membuat pengontrolan sistem menggunakan blok kontroler ONOFF pada *control drawing builder*. Setelah program diunduh dalam FCS pada DCS, mode pengontrolan yang tadinya manual diubah menjadi auto. Kemudian dimasukkan *set point variable* (SV) 10cm.

d. Hasil Pengujian

Tuning window pengujian dengan blok kontroler ONOFF dapat dilihat pada Gambar 5.7 sedangkan respon grafik sistem dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.7 *Tuning Window* Pengujian dengan Blok Kontroler ONOFF



Gambar 5.8 Respon Pengujian dengan Blok Kontroler ONOFF

$T = 7,1 \text{ s}$

$A = 85\%$

Keterangan :

$T =$ Periode

$A =$ Amplitudo

5.5.2 Pengujian Dengan Blok Kontroler PID

a. Tujuan

Untuk mengetahui respon sistem saat digunakan blok kontroler PID.

b. Peralatan yang digunakan

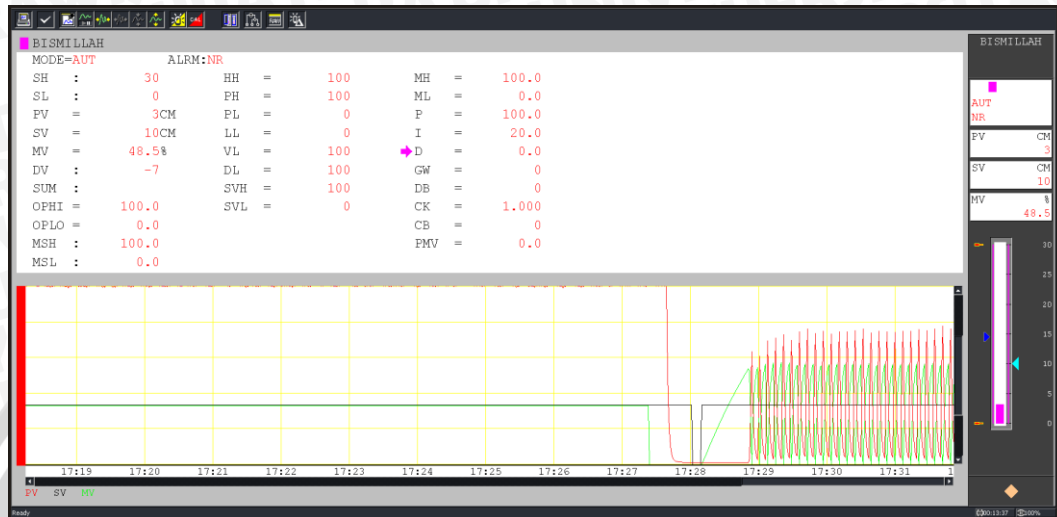
- Model *stamping rod* lengkap dengan *electro-pneumatic regulator*, sensor *infra red*, serta *pressure regulator*.
- Catu daya 15 volt dan 5 volt
- *Distributed Control System* (DCS) CENTUM VP
- *V/I converter*
- *Auxiliary power supply*

c. Langkah Pengujian

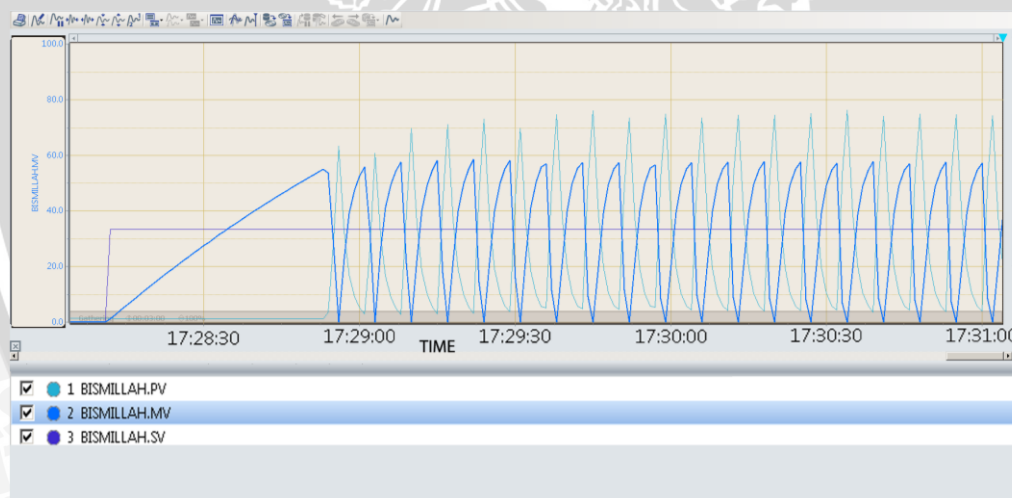
Pengujian ini dilakukan dengan cara membuat pengontrolan sistem menggunakan blok kontroler PID pada *control drawing builder*. *Tuning* parameter yang digunakan $P=100$, $I=20$, $D=0$, dan $P=150$, $I=100$, $D=0,1$. Setelah program diunduh dalam FCS, dimasukkan *set point variable* (SV) 10cm. Kemudian mode pengontrolan yang tadinya manual diubah menjadi auto.

d. Hasil Pengujian

Tuning window sistem dengan blok kontroler PID dengan parameter $P=100$, $I=20$, $D=0$ dapat dilihat pada Gambar 5.9 sedangkan grafik respon sistem dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.9 Tuning Window Sistem dengan Blok Kontroler PID dengan $P=100$, $I=20$, $D=0$



Gambar 5.10 Respon Sistem Blok Kontroler PID dengan $P=100$, $I=20$, $D=0$

$$td = 43,125 \text{ s}$$

$$A = 76,12\%$$

$$T = 9,47\text{s}$$

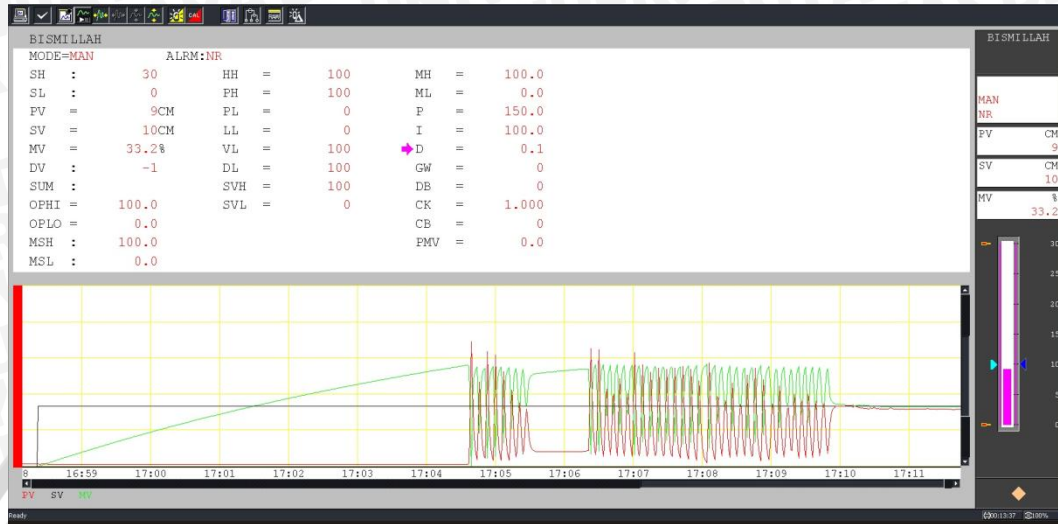
Keterangan:

td = Waktu tunda

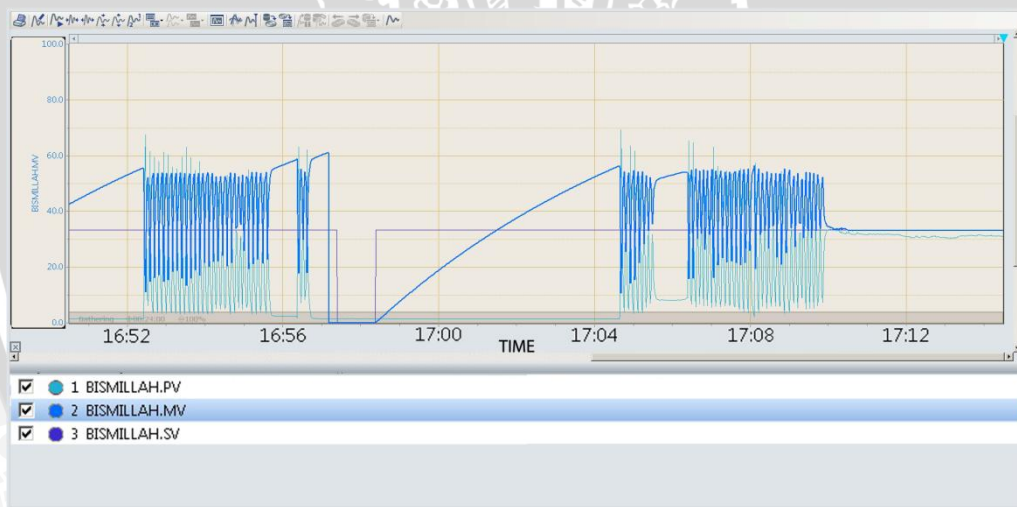
A = Amplitudo

T = Periode

Tuning window sistem dengan blok kontroler PID dengan parameter $P=150$, $I=100$, $D=0,1$ dapat dilihat pada Gambar 5.11 sedangkan grafik respon sistem dapat dilihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.11 Tuning Window Blok Kontroler PID dengan $P=150$, $I=100$, $D=0,1$



Gambar 5.12 Respon Sistem Blok Kontroler PID dengan $P=150$, $I=100$, $D=0,1$

$td = 520,34$ s

$ts = 955,97$ s

$Mp = 69,59$ %

$Ess = 1,55$ %

Keterangan :

td = Waktu tunda

ts = Waktu steady

Mp = Maximum overshoot

Ess = Error steady state

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam pembuatan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Dalam Pembuatan model sistem *stamping rod* digunakan sensor *infra red* posisi *piston rod* dan ditunjang DCS CENTUM VP sebagai sistem pengendali.
- 2) Hasil pengujian seluruh sistem terhadap *block* kontroler ONOFF menunjukkan bahwa respon sistem untuk *setpoint* 10cm terjadi osilasi dengan T (periode) 7,1s dan A (amplitudo) 85%. Hasil pengujian seluruh sistem terhadap *block* kontroler PID dengan parameter P=100, I=20, D=0 terjadi osilasi dengan *td* (waktu tunda) 43,125s dan A (amplitudo) 76,12% serta T (periode) 9,47s. Hasil pengujian terhadap seluruh sistem terhadap *block* kontroler PID dengan parameter P=150, I=100, D=0,1 respon yang dihasilkan memiliki *td* (waktu tunda) 520,34s, *ts* (*time steady*) 955,97s, *Mp* (*maximum overshoot*) 69,59%, dan *Ess* (*error steady state*) 1,55%. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan blok kontroler PID, DCS dapat mengendalikan posisi silinder, namun kemampuan DCS CENTUM VP untuk menerima data dan mengeluarkan sinyal kontrol cukup lambat.

6.2 Saran

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

- 1) Penggunaan modul komunikasi dengan *device* lain seperti PLC, karena PLC memiliki kemampuan untuk menerima sinyal dan mengeluarkan sinyal lebih cepat dibanding DCS.
- 2) Menggunakan sensor potensiometer linier agar respon yang dihasilkan sensor lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- CENTUM VP. 2013. General Specification Analog I/O Modules.pdf
- Dwi, Anindya R. 2013. Monitoring dan Pengendalian Continuous Flow Mixing Menggunakan SIMATIC PCS7 dengan Metode Model Predictive Control. Skripsi Program Sarjana. Universitas Brawijaya.
- Kouji, D., et al. 2005. "Vnet/IP Real-Time Plant Network System", Yokogawa Technical Report, No. 39. Yokogawa Electric Corporation.
- Mismail, B., 1995. Rangkaian Listrik Jilid 1. Bandung : Penerbit ITB.
- P. Croser and F. Ebel. 2002. *Pneumatics Basic Level*. Festo Didactic GmbH.
- Palinggi, Wido S. 2006. Kontrol posisi silinder linear pneumatik dengan katup on/off menggunakan kontoller Proportional Integral Derivative (PID). Universitas Kristen Petra.
- Sharp. 2006. *GP2D120 Data Sheet*.
- SMC Corporation. 2012. *CM2 datasheet manual.pdf*
- SMC. *The Pneubook*. SMC Corporation.
- Waller, D., Werner, H. 2002. *Pneumatics Workboos Basic Level*. Festo Didactic GmbH & Co.
- Yokogawa. *CENTUM VP Engineering Training Manual*. 2010. Yokogawa Electric Corporation.
- Yokogawa. *CENTUM VP Operation Course Student's Textbook*. 2010. Yokogawa Electric Corporation.