

SISTEM KONTROL

Proses Industri dengan DCS

Buku ini memberikan konsep dasar dari sistem kendali menggunakan teknologi Distributed Control System (DCS) mencakup revolusi industri 4.0, konsep sistem kontrol kontrol diskrit, kontrol kontinu, kontrol proses dengan kasus. Pembahasan DCS meliputi konsep dasar, filosofi komponen dan fungsi DCS, perawatan dan contoh-contoh Fitur dan jenis kontrol pada DCS yang meliputi, single-loop rasio, kontrol batch dan kontrol selektif. Untuk melengkapi juga dibahas sistem kontrol dengan PID, konsep komunikasi data pada DCS serta perawatan sistem kontrol permasalahan sistem kontrol dengan DCS disajikan Centum Cs3000.

Melalui buku ini, diharapkan pembaca dapat memahami kontrol proses di industri dengan DCS, serta menerapkan plant. Jika anda adalah mahasiswa (Teknik Elektro, Teknik Elektronika, Elektronika dan Instrumentasi, Teknik Industri dan Jurusan lain yang relevan), automation engineer pemerhati bidang otomasi industri, buku ini akan bermanfaat menambah wawasan konsep dan kompetensi Anda terhadap sistem kontrol proses industri dengan DCS.



UNY Press
Jl. Gejayan, Gg. Alamanda, Kampus Fajar
Kampus UNY Karangmatene Yogyakarta 55176
Telp. 0274 - 588345
E-Mail: uny@unypress.uny.ac.id

Anggota Ikatan Penerbit Indonesia (IKAPI)
Anggota Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi



SISTEM KONTROL

Proses Industri dengan DCS

- Ir. Muhamad Ali, MT, IPM
- Andik Asmara, M.Pd.
- Sigif Yatmono, MT



Published by :



<http://unypress.uny.ac.id/>



SISTEM KONTROL PROSES INDUSTRI DENGAN DCS

Muhamad Ali
Andik Asmara
Sigit Yatmono

**UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 28 TAHUN 2014
TENTANG HAK CIPTA**

Pasal 2

Undang-Undang ini berlaku terhadap:

- a. semua Ciptaan dan produk Hak Terkait warga negara, penduduk, dan badan hukum Indonesia;
- b. semua Ciptaan dan produk Hak Terkait bukan warga negara Indonesia, bukan penduduk Indonesia, dan bukan badan hukum Indonesia yang untuk pertama kali dilakukan Pengumuman di Indonesia;
- c. semua Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dan pengguna Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait bukan warga negara Indonesia, bukan penduduk Indonesia, dan bukan badan hukum Indonesia dengan ketentuan:
 1. negaranya mempunyai perjanjian bilateral dengan negara Republik Indonesia mengenai perlindungan Hak Cipta dan Hak Terkait; atau
 2. negaranya dan negara Republik Indonesia merupakan pihak atau peserta dalam perjanjian multilateral yang sama mengenai perlindungan Hak Cipta dan Hak Terkait.

**BAB XVII
KETENTUAN PIDANA**

Pasal 112

Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7 ayat (3) dan/atau Pasal 52 untuk Penggunaan Secara Komersial, dipidana dengan pidana penjara paling lama 2 (dua) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp300.000.000,00 (tiga ratus juta rupiah).

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

SISTEM KONTROL PROSES INDUSTRI DENGAN DCS

Muhamad Ali
Andik Asmara
Sigit Yatmono



SISTEM KONTROL PROSES INDUSTRI DENGAN DCS

Oleh:

Muhamad Ali, dkk.

ISBN: 978-602-498-203-4

Edisi Pertama, November 2020

Diterbitkan dan dicetak oleh:

UNY Press

Jl. Gejayan, Gg. Alamanda, Komplek Fakultas Teknik UNY
Kampus UNY Karangmalang Yogyakarta 55281

Telp: 0274 – 589346

Mail: unypress.yogyakarta@gmail.com

© 2020 Muhamad Ali, dkk.

Anggota Ikatan Penerbit Indonesia (IKAPI)

Anggota Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia (APPTI)

Desain Sampul : Ngadimin

Tata Letak : Aqmar Yazid

Isi di luar tanggung jawab percetakan

Perpustakaan Nasional RI: Katalog dalam Terbitan (KdT)

Muhamad Ali, dkk.

SISTEM KONTROL PROSES INDUSTRI DENGAN DCS

-Ed.1, Cet.1.- Yogyakarta: UNY Press 2020

x + 224 hlm; 15 x 23 cm

ISBN: 978-602-498-203-4

1. Sistem Kontrol Proses Industri dengan DCS

1.judul

Kata Pengantar

Alhamdulillah Robbil 'Alamiin, segala puji hanya bagi Allah Tuhan yang Maha Esa, yang atas rahmat dan karunianya sehingga Buku "Sistem Kendali Proses Industri dengan DCS", ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini ditulis berdasarkan pengalaman mengajar mata kuliah Sistem Kendali Terdistribusi sebagai referensi kuliah bagi mahasiswa di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNY.

Buku ini membahas pengenalan sistem kendali terdistribusi dan contoh aplikasi yang dilengkapi dengan studi kasus. Dilengkapi pula dengan dasar sistem pengendalian proses di industri dengan menggunakan DCS. Buku ini ditulis dengan bahasa yang sederhana sehingga diharapkan mudah untuk dipelajari mahasiswa dan siapa saja yang ingin memperdalam sistem kendali terdistribusi.

Penulis sadar bahwa penyusunan buku ini dapat terlaksana dengan bantuan semua. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian buku ini. Penulis sadar bahwa buku ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kami menerima saran, kritik dan masukan yang membangun guna penyempurnaan di masa mendatang. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa, dosen dan siapa saja yang ingin mempelajari sistem kendali terdistribusi.

Yogyakarta, November 2020

Penyusun

Daftar Isi

HALAMAN JUDUL.....	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
BAB I	
REVOLUSI INDUSTRI.....	1
A. Pengantar	1
B. Definisi Industri	4
C. Klasifikasi Industri.....	8
D. Revolusi Industri.....	13
BAB II	
KONSEP DASAR SISTEM KONTROL.....	21
A. Konsep Sistem Kontrol.....	21
B. Jenis Sistem Kontrol.....	23
C. Komponen Sistem Kontrol.....	30
D. Aplikasi Sistem Kontrol.....	36
E. Pengendalian Proses.....	39
BAB III	
KONSEP DASAR SISTEM KONTROL TERDISTRIBUSI.....	45
A. Pendahuluan	45
B. Perkembangan Sistem Kontrol.....	49
BAB IV	
FUNGSI DAN CARA KERJA DCS.....	59
A. Pendahuluan	59
B. Filosofi DCS.....	62
D. Cara Kerja DCS.....	69

BAB V

KOMPONEN DASAR DCS 75

A. Analog dan Digital Input..... 76

B. Kontroler..... 86

C. Aktuator..... 88

D. Human Machine Interface 89

BAB VI

FUNGSI KONTROL DCS 121

A. Pendahuluan 121

B. Control Single Loop 121

C. Control Cascade..... 122

D. Control Batch 124

E. Control Selektif..... 125

F. Control Ratio..... 125

BAB VII

MODEL KENDALI PID..... 127

A. Pendahuluan 127

B. Simulasi Kendali dengan Software Matlab 128

C. Aksi Kontrol Proporsional 131

D. Aksi Kontrol Proportional Derivative..... 133

E. Aksi Kontrol Proportional-Integral..... 134

F. Aksi Kontrol Proportional-Integral-Derivative 136

BAB VIII

KOMUNIKASI DATA PADA DCS..... 137

A. Pengantar 137

B. Model Komunikasi Data OSI 139

C. Protokol Komunikasi 144

BAB IX	
MAINTENANCE SISTEM KENDALI TERDISTRIBUSI.....	157
A. Definisi Maintenance	158
B. Perkembangan Strategi Maintenance.....	165
C. Kegiatan Maintenance DCS.....	174
D. Maintenance Junction Box.....	177
E. Maintenance Operator Station.....	178
F. Restore Data	179
G. Maintenance Sistem Komunikasi Antar DCS dan Operator Station.....	179
H. Reset.....	180
 BAB X	
STUDI KASUS.....	181
A. Permasalahan	181
B. Proses Engineering pada Element Kontrol.....	183
 DAFTAR PUSTAKA.....	221
GLOSARIUM.....	223

BAB I

REVOLUSI INDUSTRI

A. Pengantar

Istilah industri pada awalnya digunakan pada pekerjaan tukang atau juru pembuat peralatan. Awal kehidupan manusia, kebanyakan mata pencaharian orang pada saat itu berpindah-pindah dari kegiatan agraris sebagai pemetik hasil bumi, pemburu ikan dan binatang. Seiring dengan perkembangan zaman, umat manusia mulai tinggal menetap dengan membangun rumah dan mengolah tanah dengan bertani dan berkebun serta beternak. Kebutuhan umat manusia terus berkembang seiring dengan kebutuhan zamannya untuk mendapatkan alat pemetik hasil bumi, alat berburu, alat menangkap ikan, alat bertani, berkebun, alat untuk menambang sesuatu, bahkan alat untuk berperang serta alat-alat kebutuhan rumah tangga lainnya.

Meningkatnya kebutuhan umat manusia terhadap peralatan untuk bertani, berburu, beternak dan peralatan rumah tangga lainnya mendorong para tukang dan juru untuk membuat barang-barang kebutuhan tersebut. Perkembangan ini mulai meningkat sehingga muncul kerajinan dan pertukangan yang menghasilkan barang-barang kebutuhan manusia. Untuk menghasilkan produk yang berkualitas diperlukan perajin dan

tukang yang profesional. Mengantisipasi hal ini, muncul pendidikan keterampilan baik dalam bentuk kursus maupun magang. Meningkatnya kebutuhan manusia terhadap kebutuhan barang-barang mendorong tumbuhnya berbagai usaha. Salah satu usaha yang mengalami perkembangan pesat adalah bidang pertambangan besi dan baja. Perkembangan usaha mempunyai pengaruh terhadap kebutuhan bahan bakar seperti batubara, minyak bumi dan gas. Hal ini memacu perkembangan dan kemajuan ilmu dan teknologi terutama dalam hal permesinan untuk membantu proses produksi. Penemuan mesin uap pada abad 18 oleh James Watt membuka jalan pada pembuatan dan perdagangan barang secara besar-besaran.

Awal perkembangan usaha pada masa itu didominasi oleh produk-produk yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Kebutuhan pangan, pakaian, transportasi, dan kebutuhan rumah tangga lainnya. Beberapa industri mulai muncul pada abad ke-18 seperti tekstil di Kota Lille dan Manchester, kereta api, industri baja di Kota Essen, industri galangan kapal, pabrik mobil di Detroit dan pabrik aluminium di Eropa maupun Amerika. Kebutuhan konsumen yang semakin tinggi mendorong perkembangan Industri untuk menyediakan berbagai produk yang lebih bervariasi. Kebutuhan variasi produk yang berakitan dengan bentuk, dimensi, warna dan jenis-jenis produk sesuai kebutuhan konsumen mendorong industri kimia dan farmasi.



Gambar 1.1 Industri otomotif di Detroit, Amerika Serikat tahun 1920
(sumber: www.pennlive.com)

Perkembangan dunia usaha dan industri terus mengalami peningkatan seiring dengan perkembangan jumlah penduduk, peningkatan kebutuhan manusia, perkembangan tingkat pendidikan masyarakat dan kepentingan militer. Perubahan yang sangat masif dalam waktu yang sangat singkat dikenal dengan istilah revolusi. Dalam dunia industri, sejak ditemukannya mesin uap di abad 18, perubahan besar terjadi dengan waktu yang sangat singkat dalam bidang industri. Perubahan ini dikenal dengan istilah “Revolusi Industri”. Perubahan ini berdampak pada meningkatnya jumlah barang yang diproduksi sehingga membutuhkan pangsa pasar yang lebih luas. Hal ini membawa pengaruh penyebaran produk menyebar ke seluruh dunia, dimana bangsa Eropa melakukan ekspansi pasar ke seluruh penjuru dunia baik untuk mencari sumber energi, bahan baku maupun untuk menjual produknya.

Revolusi industri membawa perubahan besar dalam industrialisasi berupa pendirian pabrik-pabrik untuk

memproduksi barang secara massal, pemanfaatan tenaga buruh, dengan cepat melanda seluruh dunia, berbenturan dengan upaya tradisional di bidang pertanian (agrikultur). Sejak itu timbul berbagai penggolongan ragam industri.

B. Definisi Industri

Industri adalah tempat berlangsungnya proses produksi yaitu transformasi bahan baku menjadi barang jadi (produk) yang mempunyai nilai tambah. Aktivitas produksi dapat diartikan sebagai sekumpulan aktivitas yang diperlukan untuk mengubah satu kumpulan masukan (man, money, material, machine, method, minute, market, energi, informasi, dll) menjadi suatu produk keluaran yang mempunyai nilai tambah. Jadi industri dapat didefinisikan sebagai suatu lokasi yang digunakan sebagai usaha atau kegiatan untuk mengolah serangkaian input (7M+E+I) menjadi produk/jasa yang memiliki nilai tambah untuk mendapatkan keuntungan.

Industri erat kaitannya dengan bidang mata pencaharian yang menggunakan keterampilan dan ketekunan kerja dan penggunaan alat-alat di bidang pengolahan hasil-hasil bumi dan distribusinya. Pada umumnya industri dikenal sebagai mata rantai dari usaha-usaha untuk mencukupi kebutuhan (ekonomi) yang berhubungan dengan bumi, yaitu sesudah pertanian, perkebunan dan pertambangan yang berhubungan erat dengan tanah.

Industri tidak selalu menghasilkan hasil produk secara nyata (konkrit) akan tetapi industri dapat juga menghasilkan produk yang bersifat abstrak seperti pada industri jasa. Pada industri jasa, produk yang dihasilkan

Berikut ini adalah definisi Industri menurut para ahli:

1. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian

Industri adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi, dan/atau barang jadi menjadi barang dengan nilai yang lebih tinggi untuk penggunaannya, termasuk kegiatan rancang bangun dan perekayasaan industri.

2. Bambang Utoyo

Pengertian industri secara sempit adalah semua kegiatan ekonomi yang dilakukan oleh manusia untuk mengolah bahan mentah yang ada menjadi bahan setengah jadi atau mengolah barang setengah jadi tersebut menjadi barang yang sudah benar-benar jadi sehingga memiliki berbagai kegunaan yang lebih bagi kepentingan manusia. Pengertian industri secara luas adalah setiap kegiatan manusia yang bergerak dalam bidang ekonomi yang memiliki sifat produktif dan komersial dalam rangka untuk memenuhi kebutuhan hidupnya.

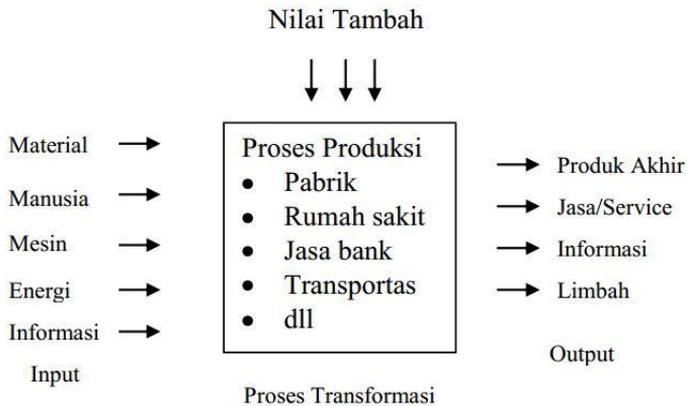


Gambar 1.2. Industri tekstil adalah salah satu contoh industri manufaktur

3. Tim Garasindo
Industri adalah segala macam pekerjaan yang bertujuan untuk menghasilkan keuntungan (uang).
4. Sukimo
Industri adalah perusahaan yang menjalankan kegiatan ekonomi yang tergolong dalam sektor sekunder.
5. Teguh S. Pamudi
Industri adalah sekelompok perusahaan yang menghasilkan produk yang dapat saling menggantikan satu sama lain.
6. Kartasapoetra
Industri adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi dan atau barang jadi menjadi barang dengan nilai yang lebih tinggi lagi penggunaannya, termasuk kegiatan rancang bangun industri dan perikayasaan industri. bukanlah produk secara konkrit melainkan produk yang bersifat abstrak yaitu berupa perasaan impas atas apa yang telah mereka keluarkan (bayar).

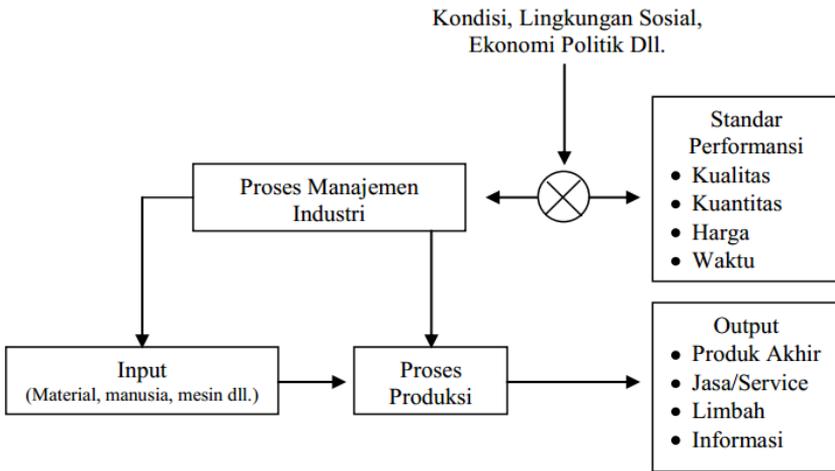
Dari berbagai definisi industri di atas dapat disimpulkan bahwa industri merupakan kegiatan ekonomi yang dilakukan oleh manusia untuk mengubah (mentransformasi) sekumpulan input yang terdiri atas bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi, dan/atau barang jadi menjadi output yang dapat berupa barang atau jasa sehingga mempunyai nilai tambah sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Di dalam proses produksi akan terjadi suatu proses perubahan bentuk (transformasi) dari suatu input yang dimasukkan baik berupa secara fisik maupun non fisik. Di sini akan terjadi pada apa yang disebut dengan pemberian nilai tambah (*value added*) dari input material yang diolah. Penambahan nilai tambah tersebut bisa ditinjau dari aspek penambahan nilai fungsional maupun nilai ekonomisnya.



Gambar 1.3. Diagram *input-output* dalam proses produksi

Proses produksi atau jasa bisa juga dikatakan sebagai proses transformasi input menjadi output tidaklah bisa berlangsung sendirian, karena hal tersebut akan mengakibatkan proses produksi menjadi tidak terarah dan tidak terkendali. Agar proses produksi bisa berfungsi secara lebih efektif dan efisien, maka dalam hal ini perlu dikaitkan dengan satu proses lain yang akan mampu memberi arah, mengevaluasi performansi, dan membuat penyesuaian dengan lingkungan industri yang selalu berubah. Untuk maksud inilah diperlukan suatu proses manajemen yang selanjutnya lebih dikenal dengan *Manajemen Industri*. Kombinasi dari proses produksi dan proses manajemen digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1.4. Produksi dalam Sebuah Industri

Manajemen memberikan ketetapan mengenai (1) sistem nilai dan tujuan yang ingin dicapai, (2) struktur organisasi dikaitkan dengan hierarki, tanggung jawab dan wewenang, (3) perancangan, perencanaan dan pengendalian aktivitas operasional yang harus dilaksanakan.

C. Klasifikasi Industri

Perkembangan ilmu dan teknologi membawa perubahan dalam bidang industri. Industri mengalami perkembangan yang sangat pesat baik dalam hal jenis barang yang diproduksi, jumlah barang, jumlah tenaga kerja, jenis produksi, bentuk badan hukum maupun aspek-aspek lainnya. Berkaitan dengan bahasan sistem kontrol, pembagian industri di sini dilakukan berdasarkan proses produksinya.

Berdasarkan sistem produksinya, industri dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu:

1. Industri Manufaktur

Industri manufaktur merupakan jenis perusahaan atau badan usaha yang proses produksinya menggunakan mesin, peralatan, serta tenaga kerja tertentu. Karakteristik proses produksi pada industri manufaktur yaitu melakukan pengubahan bahan mentah menjadi produk yang mempunyai nilai jual yang besar. Proses dan tahapan yang dilakukan pada kegiatan industri jenis manufaktur dilakukan berdasar Standar Operasional Prosedur (SOP) yang telah ditetapkan.

Proses produksi pada industri manufaktur dilakukan melalui proses kimia dan fisika untuk melakukan perubahan bentuk, sifat, dan tampilan produk. Industri manufaktur juga mencakup proses perakitan berbagai bahan hingga menjadi suatu produk. Proses manufaktur dapat juga berupa desain produk, pemilihan barang, perencanaan, manufaktur, kualitas, dan lain sebagainya.

Pada umumnya industri manufaktur mempunyai proses produksi yang bersifat diskrit atau terputus-putus. Hal ini berarti proses produksinya tidak berlangsung secara kontinyu. Proses satu dengan proses lainnya tidak berlangsung secara kontinyu yang berarti ada jeda waktu yang tidak menimbulkan masalah pada proses produksinya. Sebagai contoh pada industri mebel, setelah kayu dipotong, potongan kayu ini tidak harus langsung diolah ke proses berikutnya. Potongan kayu ini tidak mengalami perubahan kualitas atau rusak jika tidak segera diproses. Demikian juga dengan komponen pintu pada industri mobil yang tidak harus dipasang dengan segera. Proses produksi yang diskrit berkaitan dengan proses kontrol yang akan diterapkan. Proses produksi diskrit ini banyak dikontrol dengan Programmable Logic Controller (PLC) yang cocok untuk menangani proses kontrol diskrit.

Contoh industri manufaktur diantaranya adalah: industri tekstil, industri garmen, industri otomotif, industri elektronik, industri kerajinan, industri mebel, dan industri-industri lainnya.



Gambar 1.5. Industri Perakitan Barang Elektronik

2. Industri Proses

Berbeda dengan industri manufaktur atau perakitan yang bersifat diskrit, industri proses yaitu suatu industri yang proses produksinya bersifat kontinyu mengikuti proses kimia. Kontinyu di sini berarti berlangsung secara terus-menerus dan tidak boleh terputus. Kontinyu berarti proses produksi tidak boleh berhenti walau sebentar karena dapat menjadikan proses keseluruhan akan mengalami *shutdown*. Proses produksi yang kontinyu selama dua puluh empat (24) jam sehari, tujuh (7) hari selama seminggu dan lima puluh dua (52) minggu dalam setahun.

Industri yang proses produksinya berlangsung secara kontinyu harus dikontrol dengan baik menggunakan sistem kontrol kontinyu seperti Distributed Control System (DCS). Kegagalan salah satu sub sistem pada sistem ini akan menyebabkan proses produksi mengalami hambatan dan berhenti atau *shutdown*. Untuk itu, kelangsungan proses harus dijaga berada pada kondisi yang aman sesuai dengan kondisi yang diharapkan. Berbagai parameter proses harus dirancang

oleh ahli dan dijaga pada nilai yang telah ditentukan guna menjaga kualitas produksi dan kontinyuitas produksinya.

Contoh industri yang menggunakan proses kontinyu diantaranya yaitu: pembangkit listrik, industri petrokimia, industri pupuk, industri semen, industri makanan, industri obat-obatan, industri distribusi gas, air, minyak, industri pengeboran minyak, industri pertambangan, dan industri industri lainnya.



Gambar 1.6. Industri Pembangkit Tenaga Listrik

3. Industri Jasa

Industri jasa tidak menghasilkan produk konkrit sebagaimana industri manufaktur dan proses, melainkan menghasilkan layanan kepada konsumen. Tujuan utama industri jasa adalah mencapai kepuasan pelanggan terhadap jasa yang diberikan.

Industri jasa mempunyai sistem produksi yang beraneka ragam, ada yang diskrit, kontinyu maupun gabungan diskrit dan kontinyu. Industri jasa pelatihan dapat beroperasi secara diskrit yang hanya memberikan pelayanan setiap hari Senin

sampai Jumat dari pukul 07.00 sampai 16.00. Industri perbankan memberikan pelayanan kepada nasabah terbatas pada hari kerja. Beberapa industri jasa ada yang menerapkan pelayanan secara kontinyu dua puluh empat (24) jam sehari. Industri jasa pengeboran minyak melakukan proses kerja yang kontinyu, industri jasa penyediaan energi listrik memberikan pelayanan secara kontinyu kepada pelanggan. Industri distribusi air minum memberikan pelayanan kontinyu kepada pelanggan.

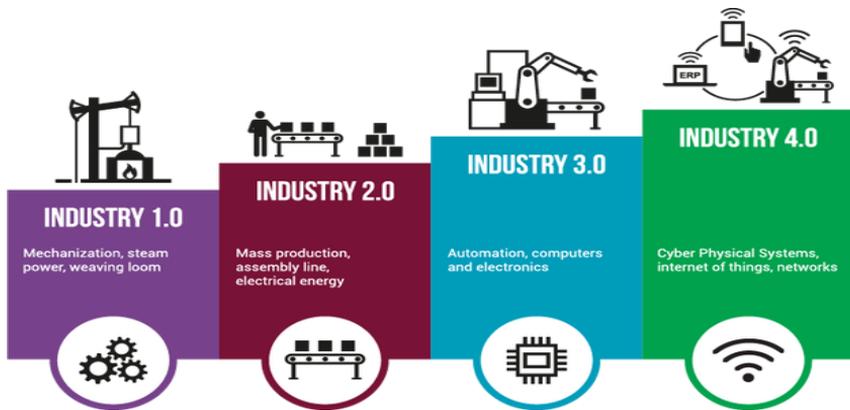
Beberapa industri menggunakan gabungan antara diskrit dan kontinyu seperti perbankan untuk administrasi di kantor hanya dilayani pada hari dan jam kerja. Untuk pelayanan e-banking, internet banking, pelayanan customer service dilakukan secara kontinyu. Demikian juga industri penerbangan, untuk administrasi hanya dilayani dalam hari dan jam kerja tetapi untuk pelayanan tiket, pembelian tiket, pengembalian tiket dan perubahan jadwal penerbangan dilakukan secara kontinyu.



Gambar 1.7. Industri Perbankan

D. Revolusi Industri

Revolusi Industri merupakan proses terjadinya perubahan yang bersifat masif atau perubahan besar di bidang pertanian, manufaktur, pertambangan, transportasi, dan teknologi serta memiliki dampak yang mendalam terhadap kondisi sosial, ekonomi, dan budaya di dunia. Sampai dengan saat ini, industri sudah mengalami revolusi tahap 4 atau dikenal dengan istilah industri 4.0. Secara singkat, revolusi industri dapat digambarkan sebagai berikut:

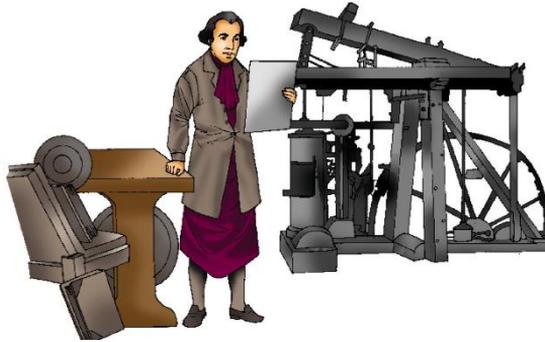


Gambar 1.8. Diagram Revolusi Industri

1. Revolusi Industri 1.0

Revolusi Industri awal atau dikenal dengan Industri 1.0 terjadi pada abad ke-18 atau tepatnya kurun waktu pada 1750 – 1850 di Eropa. Revolusi dimulai dari Negara-negara Inggris Raya dan yang kemudian menyebar ke Negara-negara lain di Eropa Barat, Eropa Tengah, Eropa Timur, Amerika Utara, Negara-negara Asia (Jepang), dan selanjutnya menyebar luas ke seluruh dunia. Revolusi Industri ditandai dengan terjadinya titik balik dalam sejarah dunia yang sangat mempengaruhi kehidupan sehari-hari khususnya yang

berkaitan dengan peningkatan pertumbuhan penduduk dan pendapatan masyarakat.



Gambar 1.9. Mesin Uap Karya James Watt

Istilah "Revolusi Industri" dipopulerkan oleh Friedrich Engels dan Louis Auguste Blanqui. Beberapa sejarawan menganggap proses perubahan ekonomi dan sosial yang terjadi sebagai sebuah ironi karena adanya kenaikan Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita negara-negara di dunia tetapi memicu tumbuhnya sistem ekonomi kapitalis modern.

Faktor kunci yang menjadi pendukung terjadinya Revolusi Industri yaitu: (1) Adanya perdamaian yang menciptakan stabilitas politik kawasan Eropa yang ditandai dengan bergabungnya Inggris dan Skotlandia, (2) Penggabungan Negara Inggris dan Skotlandia menjadikan tidak ada hambatan dalam perdagangan diantara keduanya, (3) Aturan hukum (menghormati kesucian kontrak), (4) sistem hukum yang sederhana yang memungkinkan pembentukan saham gabungan perusahaan (korporasi), dan (4) adanya pasar bebas (kapitalisme).

Revolusi Industri 1.0 ditandai oleh perubahan penggunaan tenaga kerja yang sebelumnya menggunakan

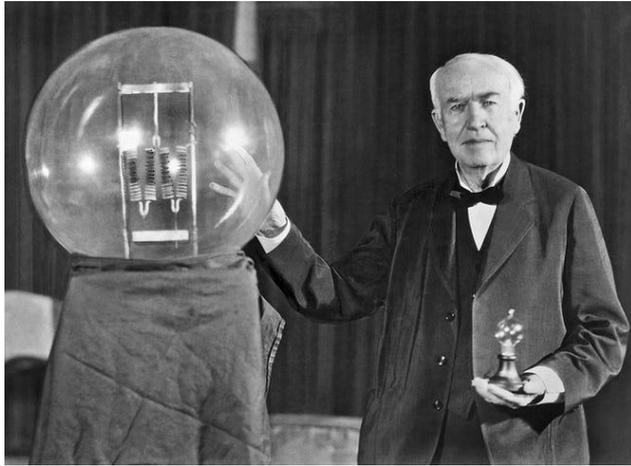
tenaga hewan dan manusia, beralih menggunakan mesin uap. Salah satu bidang industri yang melakukan perubahan besar dalam bidang penggunaan mesin yaitu industri tekstil. Perubahan industri turut didukung oleh perkembangan teknologi transportasi darat dengan kendaraan dan kereta api. Perubahan pola produksi dari pertanian menuju perekonomian yang berbasis pada mesin produksi berdampak pada terjadinya migrasi atau perpindahan penduduk secara masif dari desa ke kota.

Revolusi industri 1.0 dilatarbelakangi oleh terjadinya renaissance atau masa kebebasan termasuk dalam pengembangan ilmu dan seni melalui penelitian dan karya seni. Tokoh-tokoh yang berpengaruh pada Revolusi Industri 1.0 diantaranya yaitu Francis Bacon, René Descartes, Galileo Galilei yang aktif dalam pengembangan riset melalui lembaga riset seperti The Royal Improving Knowledge, The Royal Society of England, dan The French Academy of Science. Adapula faktor dari dalam seperti ketahanan politik dalam negeri, perkembangan kegiatan wiraswasta, jajahan Inggris yang luas dan kaya akan sumber daya alam.

2. Revolusi Industri 2.0

Revolusi Industri kedua atau dikenal dengan istilah Revolusi Industri 2.0 atau Revolusi Teknologi yang ditandai dengan perubahan besar pada peralatan-peralatan industri. Revolusi Industri 2.0 dimulai pada akhir abad ke-19 sampai dengan awal abad ke-20. Kemajuan bidang manufaktur dan teknologi produksi memungkinkan pengadopsian secara luas dari teknologi yang sudah ada sebelumnya seperti sistem telegraf dan jaringan kereta api, gas dan air bersih, dan sistem pembuangan limbah, yang sebelumnya hanya terkonsentrasi di beberapa kota saja. Ekspansi kereta api dan jalur telegraf besar-besaran setelah tahun 1870 memungkinkan pergerakan orang dan ide yang belum pernah

terjadi sebelumnya, memunculkan gelombang baru globalisasi. Dalam periode waktu yang sama, sistem teknologi baru diperkenalkan, yang paling signifikan adalah listrik dan telepon. Revolusi Industri kedua berlanjut ke abad ke-20 dengan elektrifikasi awal pabrik-pabrik dan lini produksi, dan berakhir pada awal Perang Dunia I.



Gambar 1.10. Thomas Alfa Edison Menemukan Bola Lampu Listrik

Revolusi industri 2.0 ditandai dengan dengan berbagai penemuan dalam bidang mesin-mesin listrik untuk membantu kebutuhan manusia baik di rumah tangga maupun dunia industri. Pengembangan mesin listrik dimaksudkan untuk menggantikan mesin uap pada penemuan sebelumnya. Dengan penemuan di bidang teknologi berbasis listrik inilah perkembangan ilmu dan teknologi mulai berkembang pesat. Berbagai peralatan produksi mulai tergantikan dengan mesin-mesin yang digerakkan oleh energi listrik.

3. Revolusi Industri 3.0

Revolusi industri ketiga atau dikenal dengan Revolusi Industri 3.0 ditandai dengan penemuan transistor yang menyebabkan perkembangan teknologi semikonduktor. Perkembangan industri mengarah pada otomasi peralatan-peralatan produksi. Otomatisasi peralatan industri menggantikan peran manusia dalam proses proses produksi, sehingga kebutuhan tenaga kerja mengalami perubahan orientasi, yang tadinya sebagai operator mesin-mesin produksi menjadi tenaga teknisi peralatan produksi berbasis komputer. Perkembangan teknologi berbasis otomasi yang dikendalikan oleh komputer semakin mempermudah pekerjaan manusia walaupun mempunyai sisi negatif dalam hal resistensi para pekerja yang merasa pekerjaannya terancam tergantikan oleh peralatan yang mampu bekerja secara otomatis. Pandangan ini ada benarnya tapi kurang tepat karena sebenarnya tenaga kerja manusia tidak hilang melainkan berubah menjadi pekerjaan lain yaitu teknisi peralatan-peralatan otomasi. Tentu saja melalui peningkatan kompetensi melalui pendidikan dan pelatihan.



Gambar 1.11. Transistor Shockley yang Mengubah Dunia

Perkembangan ilmu dan teknologi informasi dan komputer yang begitu pesat berdampak pada terjadinya perubahan yang sangat besar pada gaya hidup manusia. Hampir sebagian besar aktivitas manusia membutuhkan bantuan perangkat komputer. Dengan perkembangan ini, semestinya peran manusia juga berubah, tidak lagi berorientasi kepada pekerjaan fisik melainkan lebih fokus pada potensi-potensi berpikir, berkarya, mendidik, memimpin dan menelusuri jejak spiritual untuk meningkatkan kualitas kehidupan. Bagi sebagian atau bahkan kebanyakan masyarakat yang kurang siap menghadapi Revolusi industri 3.0 menjadi pemicu meningkatnya sekat-sekat materialisme manusia. Perubahan gaya hidup manusia mengarah pada individualisme yang lebih mementingkan kepentingan pribadi dibanding sosialisasi dengan sesama manusia baik dalam belajar, berkomunikasi, berinteraksi maupun bekerja. Hal ini bukan kesalahan Revolusi Industri 3.0 atau teknologi komputernya karena sebenarnya teknologi komputer dapat diibaratkan sebagai sebuah pedang yang jika digunakan dengan baik akan memberikan manfaat yang besar, demikian sebaliknya jika digunakan untuk hal-hal yang kurang baik akan menimbulkan malapetaka.

4. Revolusi Industri 4.0

Istilah "Industri 4.0" berasal dari sebuah proyek dalam strategi teknologi canggih pemerintah Jerman yang mengutamakan penggunaan komputer dalam membantu berbagai proses di industri. Istilah "Industri 4.0" diangkat kembali di Hannover Fair tahun 2011. Pada Oktober 2012, Working Group on Industry 4.0 memaparkan rekomendasi pelaksanaan Industri 4.0 kepada pemerintah federal Jerman. Anggota kelompok kerja Industri 4.0 diakui sebagai bapak pendiri dan perintis Industri 4.0. Laporan akhir Working Group Industry 4.0 dipaparkan di Hannover Fair tanggal 8 April 2013.

Globalisasi yang melanda dunia dalam segala aspek terus menggerus batas-batas suatu wilayah. Hal ini dipicu oleh perkembangan teknologi yang semakin canggih. Perubahan besar dalam pola hidup manusia dan proses produksi di industri membawa ke era Revolusi Industri 4.0 yang ditandai oleh pola digital economy, artificial intelligence, big data, robotic, Internet of Things (IoT) dan kolaboratif manufacturing. Hal ini membawa fenomena disruptive innovation yang menghantui dunia bisnis jika tidak mampu menyiapkan dengan baik. Banyak produk dan jasa yang dihasilkan oleh industri kini terancam tergantikan oleh produk-produk dan jasa yang mempunyai inovasi.

Contoh nyata terjadinya disruptive technology yaitu bisnis transportasi yang kini sebagian besar mengalami kebangkrutan karena tergantikan dengan transportasi online. Taksi dan ojek tradisional yang menggunakan sistem lama kini mulai banyak tergantikan oleh taksi online dan ojek online. Demikian juga dengan fenomena banyaknya mal atau pusat perbelanjaan yang tutup seperti Matahari, Gerai-gerai produk ternama, Carefour, Sarinah, Seven Eleven dan gerai-gerai lainnya yang mempunyai modal besar dan jaringan yang kuat. Bisnis ini terdisruptif oleh toko online yang kini menjamur baik dalam bentuk toko online seperti Lazada, Bukalapak, Tokopedia, Mataharimall, Jakartanotebook, Alibaba, Aliexpress, Amazon, dan lainnya.

Revolusi Industri 4.0 mempunyai ciri yaitu kreativitas, leadership (kepemimpinan) dan entrepreneurship (kewirausahaan) yang mendobrak "mindset" cara bekerja revolusi industri sebelumnya. Dengan berciri efisiensi dalam komunikasi dan transportasi serta mengarahkan masyarakat untuk memecahkan masalah dengan sistem "one stop shopping" atau "one stop solution" diperlukan atmosfer dunia usaha yang lepas dari lilitan dan hambatan birokrasi

BAB II

KONSEP DASAR SISTEM KONTROL

A. Konsep Sistem Kontrol

Sistem kontrol atau sistem kendali atau sistem pengaturan merupakan suatu sistem yang terdiri atas beberapa elemen sistem yang bertujuan untuk melakukan pengaturan atau pengendalian suatu proses untuk mendapatkan suatu besaran yang diinginkan. Sistem kontrol terdiri atas komponen-komponen fisik dan non fisik yang disusun sedemikian hingga mampu berfungsi sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Sistem kontrol berkaitan dengan proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau lebih besaran (variabel, parameter) sehingga berada pada suatu nilai pada range tertentu sesuai dengan yang diinginkan (*set point*). Sistem pengendalian atau teknik pengaturan dapat juga didefinisikan sebagai suatu usaha atau perlakuan terhadap suatu sistem dengan masukan tertentu guna mendapatkan keluaran sesuai dengan yang diinginkan. Sistem pengaturan berkaitan dengan hubungan timbal balik antara komponen-komponen yang membentuk suatu konfigurasi sistem yang memberikan suatu hasil yang dikehendaki berupa respon.

Industri atau pabrik merupakan kumpulan dari unit-unit proses produksi (pemilihan bahan baku, pemrosesan awal,

pemrosesan lanjut, pemrosesan akhir) yang terintegrasi satu sama lain secara sistematis dan rasional. Tujuan keseluruhan dari pabrik tersebut adalah untuk mengubah sekumpulan bahan baku tertentu (input) menjadi produk yang diinginkan dengan menggunakan sumber daya energi yang tersedia, dengan cara yang efektif dan efisien. Agar proses-proses produksi berjalan sesuai dengan target-target yang ditentukan, maka proses itu harus dikontrol baik secara manual, semi otomatis maupun otomatis penuh.

Alasan mengapa industri menggunakan sistem kontrol otomatis dalam proses produksinya adalah:

1. Menjamin keselamatan (*safety*) baik bagi tenaga kerja maupun peralatan yang digunakan.

Keselamatan kerja merupakan prioritas utama industri agar produk atau jasanya dapat diterima di dunia global. Fokus perusahaan-perusahaan kelas dunia bagaimana menjamin keselamatan kerja bagi tenaga kerjanya. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan menggunakan sistem kontrol proses produksi otomatis dengan meminimalkan kerja manusia pada daerah-daerah kerja yang berpotensi menimbulkan bahaya. Selain pekerja, penggunaan sistem kontrol otomatis juga bertujuan melindungi peralatan dan perlengkapan produksi yang harganya sangat mahal.

2. Menjaga dan meningkatkan kualitas produk sesuai dengan spesifikasi (standar) yang telah ditetapkan pada keadaan yang kontinyu dan dengan biaya minimum.

Tuntutan konsumen akan suatu produk atau jasa adalah kualitas produk yang memenuhi standar. Untuk dapat menghasilkan produk berkualitas yang memenuhi standar internasional dibutuhkan peralatan produksi yang baik dengan sistem kontrol yang andal. Oleh karena itu, industri banyak berinvestasi untuk mengadakan berbagai macam sistem kontrol agar dapat memenuhi tuntutan kualitas produknya.

3. Menjaga dan memelihara kebersihan dan kesehatan lingkungan

Selain kualitas dan keselamatan kerja, tuntutan masyarakat dunia terhadap industri adalah adanya tuntutan proses produksi harus ramah lingkungan. Hal ini berarti industri dituntut untuk melakukan proses produksi yang tidak menimbulkan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, industri perlu menggunakan mesin-mesin produksi yang berkualitas dengan sistem kontrol yang baik sehingga mampu meminimasi pencemaran terhadap lingkungan. Lembaga sertifikasi ISO telah menetapkan standar lingkungan pada produk ISO 2008: 17000 yang mengatur tentang prosedur proses produksi yang ramah lingkungan.

4. Proses berlangsung sesuai dengan batasan-batasan operasinya.

Berbagai jenis peralatan yang digunakan dalam sebuah pabrik memiliki batasan (constraint) yang inheren untuk operasi peralatan tersebut. Batasan-batasan itu seharusnya terpenuhi di seluruh operasi sebuah pabrik. Contohnya pompa harus menjaga net positive suction head tertentu; tangki seharusnya tidak overflow atau menjadi kering; kolom distilasi seharusnya tidak terjadi banjir (flood); suhu pada sebuah reaktor katalitik seharusnya tidak melebihi batas atasnya sehingga katalis menjadi rusak.

5. Ekonomis

Operasi sebuah pabrik harus sesuai dengan kondisi pasar, yakni ketersediaan bahan baku dan permintaan produk akhirnya. Oleh karena itu, harus secara ekonomis mungkin dalam konsumsi bahan baku, energi, modal, dan tenaga kerja. Hal ini membutuhkan pengontrolan kondisi operasi pada tingkat yang optimum, sehingga terjadi biaya operasi yang minimum, keuntungan yang maksimum, dan sebagainya. Agar studi proses berhasil dengan baik, maka perlu dilakukan pemodelan (modeling), yakni dengan membuat suatu persamaan differensial fungsi waktu (dinamik).

B. Jenis Sistem Kontrol

Secara umum, sistem kontrol dapat dibedakan menjadi 2 kelompok besar, yaitu sistem kendali manual dan sistem kendali otomatis.

1. Sistem kontrol Manual

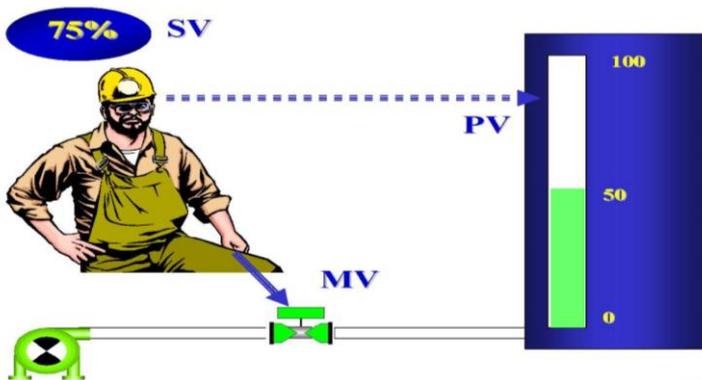
Sistem kontrol manual yaitu sebuah sistem kontrol yang dilakukan secara manual oleh manusia. Sistem kontrol manual banyak digunakan pada aplikasi peralatan rumah tangga maupun industri kecil. Pengoperasian peralatan dikontrol secara penuh oleh manusia atau operator.

Kontoh sistem kontrol manual di rumah tangga yaitu kontrol lampu dengan menggunakan saklar.



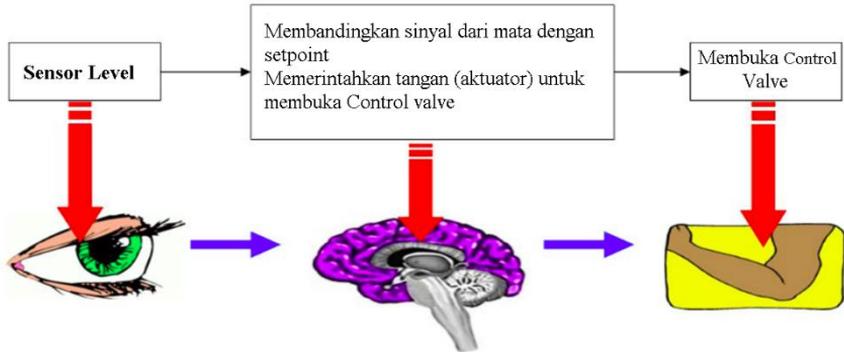
Gambar 2.1. Diagram Sistem Loop Terbuka

Contoh sistem kontrol manual yang lebih kompleks dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.2. Diagram Sistem Loop Terbuka

Gambar di atas menjelaskan kontrol level untuk mengikuti *set point* (SV) sebesar 75 %. Level pada vesel terlihat sebesar 50 %, oleh karena itu operator akan melakukan manipulasi dengan memutar Control Valve agar aliran air dari pompa mengalir lebih cepat sehingga dapat mengisi vesel. Demikian juga sebaliknya. Gambaran proses kontrol di atas dapat dimodelkan dengan blok diagram sebagai berikut.



Gambar 2.3. Diagram Sistem Loop Terbuka

Kelebihan kontrol manual

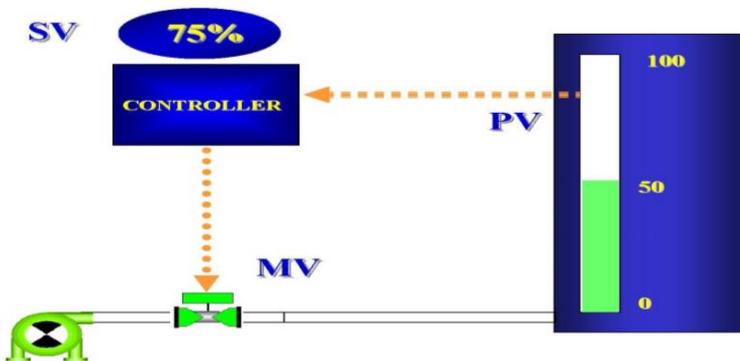
- Sederhana
- Murah
- Cocok diimplementasikan untuk peralatan yang hanya dikontrol tidak rutin

Kelemahan kontrol manual

- Operator harus selalu melihat dan memonitor kondisi besaran yang dikontrol (temperatur, level, flow, dll) secara periodik untuk mengambil aksi koreksi jika terjadi penyimpangan terhadap set point.
- Operator yg berbeda akan membuat keputusan berbeda bagaimana mengubah katup uap shg menghasilkan operasi yang tidak konsisten.
- Prosedur koreksi memerlukan banyak operator.
- Sehingga, kita perlu untuk mengubah menjadi kontrol otomatis. Tanpa memerlukan intervensi dari operator.

2. Sistem kontrol otomatis

Sistem kontrol otomatis yaitu sebuah sistem kontrol yang dilakukan secara otomatis dengan menggunakan perangkat sensor, transduser, kontroler dan aktuator. Jika pada sistem kontrol manual, sensor dilakukan mata, keputusan dilakukan oleh otak dan tangan sebagai aktuator untuk menjalankan aksi, pada sistem kontrol otomatis ketiga komponen ini dilakukan oleh alat. Mata diganti dengan sensor, keputusan otak diganti dengan mesin kontroler dan tangan diganti dengan aktuator yang akan memanipulasi agar output mencapai setpoint yang diinginkan. Berikut ini adalah blok diagram sistem kontrol otomatis.



Gambar 2.4. Diagram Sistem Loop Terbuka

Sistem kontrol manual seperti yang terlihat pada gambar 2.2, dapat dibuat menjadi kontrol otomatis seperti pada gambar 2.4. Sistem kontrol otomatis mempunyai banyak keuntungan dibanding dengan kontrol manual diantaranya:

- Sistem kontrol otomatis mempunyai kecepatan yang tinggi dibanding manual
- Presisi
- Efektif untuk melakukan berbagai aksi kontrol
- Efisien
- Kemudahan dalam instalasi
- Maintenance mudah
- Murah

Namun demikian, sistem kontrol otomatis juga mempunyai kelemahan diantaranya:

- Bergantung pada kinerja alat
- Biaya mahal
- Perlu diperhatikan masalah stabilitas

Selain pembagian manual dan otomatis, sistem kontrol dapat dibedakan dalam hal lupnya. Berdasarkan lupnya, sistem kontrol dapat dibedakan menjadi dua (2) yaitu:

1. Sistem kontrol lup Terbuka (*Open-loop Control System*)

Sistem kontrol lup terbuka merupakan salah satu jenis sistem kontrol yang banyak digunakan untuk pengendalian parameter yang digunakan dalam peralatan rumah tangga maupun industri. Sistem kontrol lup terbuka adalah sistem kontrol yang keluarannya tidak berpengaruh pada aksi pengontrolan. Sistem kontrol jenis ini, keluaran tidak diukur atau diumpam balik untuk dibandingkan dengan masukan.

Contoh sederhana dari sistem kontrol lup terbuka adalah mesin cuci. Proses yang dilakukan oleh mesin cuci meliputi perendaman, pencucian dan pembilasan tidak dilakukan pengukuran terhadap outputnya yaitu apakah pakaian yang dicuci sudah bersih atau belum. Mekanisme kerja mesin cuci hanya berdasar pada waktu, jumlah air dan jumlah deterjen. Dengan aksi kontrol ini asumsinya pakaian yang dicuci akan bersih apabila telah direndam dalam waktu tertentu, dicuci dengan cara diputar, dibilas dan dikeringkan dengan mesin. Contoh lain kontrol lup terbuka yaitu mesin penanak nasi (*rice cooker*). Mesin ini menggunakan prinsip kerja memanaskan beras yang dicampur dengan air berdasarkan panas yang telah ditentukan. Apabila panas sudah mencapai titik tertentu, maka akan secara otomatis berpindah dari *cook* menjadi *warm*. Tidak ada sensor yang mengukur apakah nasi sudah masak atau belum.

Sistem kontrol lup terbuka termasuk dapat dilakukan secara manual dimana proses pengaturannya dilakukan secara manual oleh operator dengan mengamati keluaran secara visual, kemudian dilakukan koreksi variabel-variabel kontrolnya untuk mempertahankan hasil keluarannya. Sistem kontrol lup terbuka tidak dapat melakukan koreksi variabel untuk mempertahankan

hasil keluarannya. Perubahan ini dilakukan secara manual oleh operator setelah mengamati hasil keluarannya melalui alat ukur atau indikator.

Secara sederhana blok diagram sistem kontrol terbuka dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 2.5. Diagram Sistem Loop Terbuka

Sistem kontrol lup terbuka mempunyai beberapa kelebihan dibanding dengan sistem kontrol lup tertutup, diantaranya yaitu:

- Konstruksinya sederhana dan perawatannya mudah.
- Lebih murah.
- Tidak ada masalah kestabilan berkaitan dengan menyimpangnya nilai output yang menjauh dari set poin.
- Cocok untuk diterapkan pada proses yang keluarannya sukar diukur/tidak ekonomis.

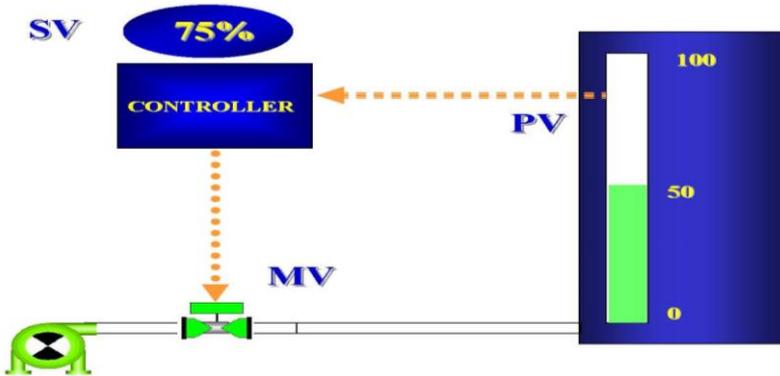
Proses pemanggangan roti pada industri makanan sangat sulit untuk membuat sensor apakah roti tersebut sudah matang atau belum, sehingga kontrol terbuka akan ekonomis. Proses pencucian pakaian pada mesin cuci juga sangat sulit untuk mengukur apakah pakaian sudah bersih atau belum sehingga digunakan sistem kontrol lup terbuka dengan menggunakan *timer* atau *counter*.

Selain mempunyai kelebihan, sistem kontrol lup terbuka juga mempunyai kelemahan diantaranya:

- Gangguan dan perubahan kalibrasi
Karena tidak ada umpan balik maka jika ada gangguan pada plant maka sistem kontrol akan cenderung mengalami kesalahan.
- Untuk menjaga kualitas yang diinginkan perlu kalibrasi ulang dari waktu ke waktu.

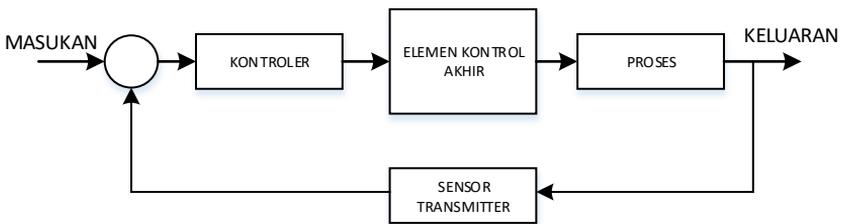
2. Sistem kontrol lup Tertutup (*Close-loop Control System*).

Sistem kendali lup tertutup merupakan sistem kontrol yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Kontrol lup tertutup termasuk dalam sistem kontrol berumpan balik dimana sinyal kesalahan penggerak merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan-balik.



Gambar 2.6. Contoh Sistem Kendali Level Air

Secara sederhana blok diagram sistem kontrol terbuka dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 2.7. Blok Diagram Sistem Kendali Loop Tertutup

Sistem kontrol lup tertutup bekerja secara otomatis dalam rangka mencapai keluaran sesuai dengan *set point*.

Sistem kontrol yang digunakan pada berbagai peralatan atau mesin produksi di industri harus memperhatikan

berbagai aspek agar dicapai produktivitas, efektivitas, dan efisiensinya. Berikut ini beberapa pertimbangan penggunaan sistem kontrol di industri:

1. Aspek Keamanan (*Safety*)

Keamanan dan keselamatan kerja (K3) merupakan aspek paling penting dalam proses di industri. UU no. 1 tahun 1970 menegaskan aspek K3 harus menjadi prioritas utama dalam proses produksi yang mempunyai potensi bahaya. Proses produksi di industri yang mempunyai tingkat kerumitan atau kompleksitas tinggi dibutuhkan pengendalian untuk menghasilkan kualitas produk yang homogen. Selain itu pada plant/proses yang berbahaya perlu dikendalikan secara dengan baik untuk menjaga keselamatan tenaga kerja dan peralatan dari kondisi gangguan yang dapat membahayakan peralatan dan manusia. Untuk itu sistem kontrol yang baik harus diimplementasikan pada proses produksi di industri.

2. Stabilitas (*Stability*)

Industri yang memproduksi barang dan jasa dengan tingkat ketelitian tinggi membutuhkan plant atau proses yang mantap (*steadily*), dapat diprediksi (*predictably*) dan bekerja dengan tingkat perulangan (*repeatably*) yang andal tanpa fluktuasi atau kegagalan yang tidak terencana. Untuk memastikan kondisi ini, peralatan produksi harus dikontrol dengan baik.

3. Ketelitian (*Accuracy*)

Untuk menghasilkan produk yang memenuhi standar dibutuhkan sistem kontrol yang mampu menjamin proses produksi dapat berjalan sesuai dengan perencanaan. Penggunaan sistem kontrol yang baik mampu mencegah kegagalan proses sehingga meminimasi atau menghilangkan cacat produk sehingga secara tidak langsung akan meningkatkan efektivitas kerja dan efisiensi penggunaan sumber daya.

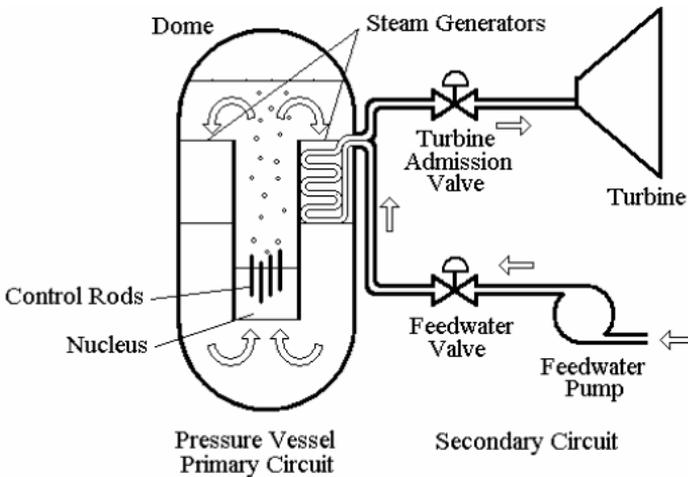
C. Komponen Sistem Kontrol

Sebagai sebuah sistem, tentu mempunyai komponen-komponen yang saling bekerja sama guna mencapai tujuan secara efektif dan efisien. Sistem kontrol merupakan kesatuan dari

berbagai komponen yang saling berkaitan untuk menghasilkan tujuan sistem. Komponen-komponen sistem kontrol terdiri atas:

1. Proses atau *Plant*

Proses atau *plant* adalah proses produksi yang berlangsung di industri yang terdiri atas seperangkat peralatan atau mesin yang bekerja bersama-sama, yang digunakan untuk melakukan suatu operasi tertentu. Contoh dari *plant* adalah vessel yang digunakan pada proses di industri, pemasakan air menjadi uap air pada boiler. Pengaturan kecepatan aliran air pada saluran PDAM, pengaturan tekanan pada sistem distribusi gas di PT Pertamina, pengaturan temperatur pada proses pasteurisasi di pabrik susu dan contoh lainnya.



Gambar 2.8. Contoh *Plant* pada Sistem Kontrol

2. Sensor Transduser dan Transmitter

Sensor adalah komponen sistem kontrol yang berfungsi sebagai alat indera untuk mendeteksi kondisi proses. Contoh dari sensor adalah sensor suhu dengan menggunakan termokopel atau RTD (Resistant Thermal Detector), sensor kecepatan putaran motor dengan Tacho generator, sensor laju

aliran fluida dengan venturi meter, sensor tekanan dengan tabung bourdon, sensor level dengan ultrasonic dan lain sebagainya. Transduser adalah bagian dari sensor yang bekerja untuk melakukan proses transduksi atau perubahan sinyal.



Gambar 2.9. Contoh Sensor Temperature (Thermocouple)

Transmitter adalah bagian dari sistem kontrol yang berfungsi untuk mengirimkan data hasil bacaan sensor terhadap proses yang dimonitor kepada kontroler.



Gambar 2.10. Contoh Temperature Transmitter

Ada tiga jenis sinyal yang digunakan pada industri proses saat ini, yaitu:

- Sinyal Pneumatik
Sinyal pneumatik digunakan pada aplikasi sistem kontrol proses di industri seperti pada sensor tekanan,

sensor kecepatan fluida (flow) dan sensor level menggunakan prinsip DP (*Differensial Pressure*).

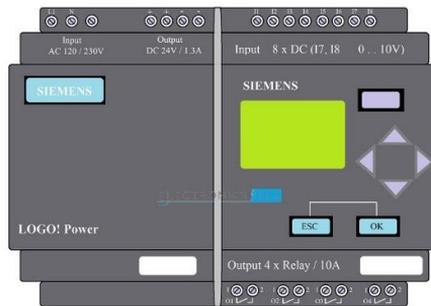
- Sinyal elektrik (Analog)

Selain pneumatik, beberapa sensor menggunakan sinyal elektrik dalam proses pengiriman ke kontroler. Pada umumnya sensor elektrik menggunakan arus listrik dengan nilai 4–20 mA atau tegangan dari dengan nilai 0–5 Volt. Sinyal elektrik terdiri atas 2 buah sinyal yaitu sinyal analog dan digital. Sinyal analog digunakan untuk mendeteksi proses yang berlangsung secara kontinu sedangkan sinyal analog digunakan untuk mendeteksi proses yang diskrit (On/Off).
- Sinyal elektrik (Digital)

Seiring dengan perkembangan teknologi elektronika digital, sekarang ini banyak digunakan sinyal digital dalam mentransmisikan sinyal-sinyal kontrol. Beberapa sinyal digital diantaranya adalah HART (High Address Remote Transducer), Modbus, Fieldbus, Device Net, Profibus dan OPC. Penggunaan sinyal digital dalam sistem kontrol dapat meningkatkan akurasi, kecepatan, keamanan dan kemudahan dalam integrasi pada sistem kontrol.

3. Kontroler

Kontroler merupakan otak dari sistem kontrol yang bertugas untuk memberikan perintah kepada aktuator (*Final Control Elemen*) untuk melakukan aksi agar output sesuai dengan yang diharapkan (*set point*). Kontroler dapat diklasifikasikan berdasarkan sumber energi yang dipergunakan untuk menggerakkannya. Kontroler dapat digerakkan dengan sinyal listrik, pneumatik (tekanan udara), hidrolis (oli) atau mekanik.



Gambar 2.11. Contoh Kontroller PLC

Ada beberapa tipe kontroler yang biasa digunakan dalam sistem kontrol otomatis yaitu

- Kontroler On/Off
- Kontroler berbasis waktu (Timer)
- Kontroler berbasis counter
- Kontroler berbasis logika
- Kontroler berbasis kejadian (*Even Driven*)
- Kontroler berbasis Aritmatika
- Kontroler PID (Proporsional, Integral dan Derivatif)
- Kontroler Adaptif
- Kontroler Cerdas (Fuzzy, Neural Network, Algoritma Genetika)
- Dll

4. Aktuator atau Final Control Element (FCE)

Aktuator merupakan bagian dari sistem kontrol yang bertindak sebagai eksekutor untuk mengubah parameter kontrol agar didapatkan output sesuai dengan setpoint. Aktuator dapat berupa motor listrik atau valve yang akan melakukan aksi manipulasi putaran, buka/tutup sesuai dengan perintah dari kontroler. Sama dengan sensor, aktuator terdiri atas jenis analog dan digital. Aktuator digital hanya dapat melakukan operasi buka tutup, On/Off seperti halnya pada Kontrol Level Air dimana jika air pada posisi habis maka limit

switch akan memerintahkan pompa air untuk ON. Apabila air sudah penuh maka akan menabrak limit switch atas dan pompa akan mati (Off).

Aktuator analog bekerja secara kontinyu dimana pembukaan valve bisa secara kontinyu (*Throttle*). Pembukaan katup pada Control Valve bisa mempunyai nilai mulai dari 0, 25%, 50%, 75% maupun 100%. Pembukaan katup pada Control Valve bergantung pada kondisi output dari plant yang dikontrol.



Gambar 2.12. Contoh Control Valve

5. Recorder

Pada sistem kontrol modern, seringkali dilengkapi dengan kemampuan untuk menyimpan data-data parameter proses dalam sebuah recorder. Kegunaan recorder adalah untuk mendapatkan data historian dari parameter proses sepanjang waktu guna melakukan analisis proses.



Gambar 2.13. Contoh Recorder pada Sistem kontrol

6. Komunikasi Data

Sistem control proses industri yang dilakukan secara remote membutuhkan komunikasi data antara field dengan kontroler baik lokal maupun Control Room. Komunikasi data dapat menggunakan kabel jenis RS 232, RS 322, RS 485, Kabel Ethernet RJ 45, Kabel Serat Optik maupun tanpa kabel (*Wireless*). Komunikasi data tanpa kabel yang paling banyak digunakan menggunakan Wifi dengan frekuensi 2,4 GHz, 3,2 GHz dan 5,8 GHz.



Gambar 2.14. Contoh Recorder pada Sistem kontrol

D. Aplikasi Sistem Kontrol

1. Kontrol ON/OFF

Aplikasi sistem pengaturan yang paling sederhana adalah kendali dua kondisi atau kendali ON/OFF. Contoh nyata sistem kontrol ON/OFF dapat dijumpai di rumah seperti pada saklar untuk menyalakan lampu, remote untuk menyalakan TV, radio dan peralatan listrik lainnya. Sistem kontrol ON/OFF pada contoh di atas dilakukan dengan aktivitas menghidupkan dan mematikan saklar yang dapat menyebabkan adanya situasi hidup atau mati pada suatu piranti yang dikendalikan. Masukan ON atau OFF mengakibatkan terjadinya proses pada suatu pengendalian saklar listrik sehingga sistem bekerja sesuai dengan kondisi yang diinginkan, yaitu listrik menyala atau mati.

Keadaan ON/OFF (hidup atau mati) merupakan masukan, sedangkan mengalir dan tidak mengalirnya arus listrik merupakan keluaran dari aksi kontrol yang dilakukan. Selain kondisi peralatan listrik menyala, atau mati, terkadang ada juga kondisi dimana saklar pada posisi ON tetapi peralatan yang dikontrol tidak bekerja. Hal ini menunjukkan adanya suatu kesalahan pada sistem kontrol tersebut.

2. Kontrol Berbasis Timer

Selain sistem kontrol ON/OFF, beberapa proses terkadang dikendalikan dengan menggunakan pewaktu atau timer. Sistem kontrol dengan atau alat yang mampu mengitung waktu sebagai dasar untuk menjalankan atau mematikan suatu proses. Contoh sederhana dari kontrol dengan timer adalah sistem kontrol ON/OFF lampu jalan dengan menggunakan timer. Pada jam 18.00 lampu jalan akan otomatis menyala dan sebaliknya pada jam 06.00 lampu jalan akan mati secara otomatis. Contoh lain adalah pemanas oven menggunakan prinsip waktu untuk melakukan proses pemanggangan makanan. Mesin cuci juga menggunakan timer untuk mengendalikan proses perendaman, pencucian, pengeringan dan proses lainnya.

3. Kontrol Berbasis Counter

Beberapa proses di industri ada yang menggunakan dasar menggunakan konter atau perhitungan angka. Contoh sistem kontrol yang menggunakan konter adalah proses penggulungan kain. Tiap satu gulungan kain akan memiliki jumlah gulungan tertentu sehingga proses penggulungan atau pengepakan kain dalam bentuk gulungan dapat dikendalikan secara otomatis. Contoh proses lainnya adalah pada proses pengadukan makanan yang memerlukan berapa jumlah pengadukan setelah itu baru dilakukan proses lainnya. Untuk itu digunakan sistem kontrol berbasis konter yang mampu bekerja secara otomatis berdasarkan perhitungan angka tertentu.

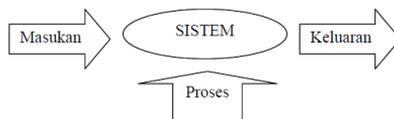
4. Kontrol Berbasis Logika Matematika

Sistem kontrol proses terkadang juga menggunakan logika matematika untuk mengendalikan prosesnya. PLC (*Programmable Logic Controller*) merupakan peralatan kontrol yang bekerja berdasar logika. PLC mampu melakukan aksi kontrol berdasarkan masukan dari beberapa input. Logika yang sering digunakan adalah AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR, XAND dan XNOR. Selain logika-logika ini juga berkembang logika gabungan yang lebih kompleks. Pada umumnya sistem kontrol di industri dikembangkan dengan dasar logika (*Logic Control*) yang kemudian disusun sistemnya.

5. Kontrol Berbasis Even Driven

Sistem kontrol berbasis even atau kejadian banyak diterapkan dalam kontrol proses di industri. Proses pemotongan kayu dengan menggunakan mesin potong yang dikontrol dengan menggunakan limit switch merupakan salah satu contohnya. Apabila benda kerja menabrak limit switch, maka mesin potong akan bekerja untuk memotong benda kerja dan selanjutnya apabila sudah selesai maka mesin akan kembali ke posisi semula.

Dalam suatu sistem kontrol, ada beberapa aspek yang tidak bisa lepas yaitu input (masukan), output (keluaran), plan (sistem), dan proses. Input adalah rangsangan dari luar yang diterapkan ke sebuah sistem kendali untuk memperoleh tanggapan tertentu dari sistem pengaturan. Output adalah tanggapan sebenarnya yang didapatkan dari suatu sistem kendali. Tanggapan ini bisa sama dengan masukan atau mungkin juga tidak sama dengan tanggapan pada masukannya. Secara sederhana hubungan antara input, proses dan output dapat dijelaskan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.15. Sistem Pengendalian

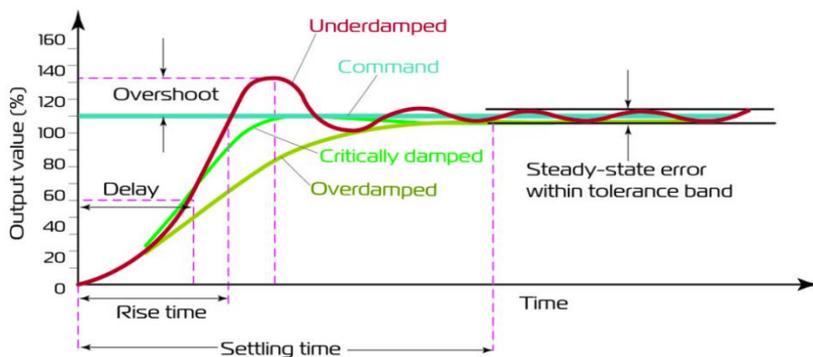
Untuk menggambarkan sistem pengendalian, dapat digambarkan dengan sebuah perangkat yang tidak asing lagi dalam dunia kelistrikan yaitu fuse atau sekering. Fuse merupakan alat proteksi yang digunakan untuk memutus arus listrik jika terjadi hubung singkat pada rangkaian. Fuse dipasang pada instalasi listrik PLN atau peralatan elektronik. Fuse akan bekerja jika arus yang mengalir pada rangkaian listrik melebihi batas elemen lebur yang biasanya terjadi karena beban lebih atau arus hubung singkat. Pada prinsip kerja fuse, terjadi proses pengukuran terhadap besarnya arus listrik pada suatu rangkaian lalu dibandingkan dengan kapasitas maksimal, dan selanjutnya melakukan langkah koreksi dengan cara memutus arus jika arus yang mengalir melebihi batas maksimalnya. Contoh di atas menggambarkan sistem kendali yang terjadi secara otomatis.

E. Pengendalian Proses

Sistem pengendalian proses adalah gabungan kerja dari alat-alat pengendalian otomatis. Semua peralatan yang membentuk sistem pengendalian disebut instrumentasi pengendalian proses. Contoh sederhana instrumentasi pengendalian proses adalah saklar temperatur yang bekerja secara otomatis mengendalikan suhu setrika. Instrumentasi pengendalinya disebut temperature switch, saklar akan memutuskan arus listrik ke elemen pemanas apabila suhu setrika ada di atas titik yang dikehendaki. Sebaliknya saklar akan mengalirkan arus listrik ke elemen pemanas apabila suhu setrika ada di bawah titik yang dikehendaki. Pengendalian jenis ini adalah kendali ON-OFF.

Tujuan utama dari suatu sistem pengendalian adalah untuk mendapatkan unjuk kerja yang optimal pada suatu sistem yang dirancang. Untuk mengukur performansi dalam pengaturan, biasanya diekspresikan dengan ukuran-ukuran waktu naik (t_r), waktu puncak (t_p), settling time (t_s), maximum overshoot (M_p),

waktu tunda/delay time (t_d), nilai error, dan damping ratio. Nilai tersebut bisa diamati pada respon transien dari suatu sistem pengendalian. Dalam optimisasi agar mencapai target optimal sesuai yang dikehendaki, maka sistem kontrol berfungsi untuk: melakukan pengukuran (*measurement*), membandingkan (*comparison*), pencatatan dan penghitungan (*computation*), dan perbaikan (*correction*).



Gambar 2.16. Respon Dinamis Sistem Pengendalian

1. Parameter Kontrol

Ada banyak parameter yang harus dikendalikan di dalam suatu proses diantaranya yang paling umum ada empat yaitu:

1. Tekanan (pressure) di dalam suatu pipa/vessel,
2. Laju aliran (flow) di dalam pipa,
3. Temperatur di unit proses penukar kalor (heat exchanger), dan
4. Level permukaan cairan di sebuah tangki.

Di samping dari keempat tersebut di atas, parameter lain yang dianggap penting dan perlu dikendalikan karena keperluan spesifik proses diantaranya pH di industri kimia, warna produk di

industri cat, tinta dan lainnya. Kelembaban, kandungan zat, jumlah zat, kekentalan dan parameter-parameter lain yang dibutuhkan dalam proses produksi di industri.

Apabila yang dikendalikan pada sistem pengaturan adalah tekanan pada proses pembakaran di ruang bakar, maka sistem pengendaliannya disebut sistem kendali tekanan pembakaran di ruang bakar. Apabila yang dikendalikan adalah temperatur pada sebuah alat penukar kalor, maka sistem pengendaliannya disebut sistem kendali temperatur alat penukar kalor. Apabila yang dikontrol adalah level fluida pada bejana tekan suatu industri perminyakan, maka sistem kontrolnya dinamakan sistem kendali level cairan. Hal ini perlu dimengerti karena terkadang orang salah dalam penggunaan suatu kalimat, misalnya sistem kendali pesawat terbang. Pernyataan ini akan lebih lengkap jika diketahui variabel yang dikendalikan pada pesawat tersebut, apakah kecepatan terbang pesawat, ketinggian terbang, gerak rolling atau gerak pitching.

2. Analisis Sistem Pengendalian

Dalam mengendalikan variabel proses adalah dengan melakukan analisis dan perancangan. Beberapa hal yang harus dikuasai untuk melakukan analisis sistem kontrol proses adalah sebagai berikut:

1. Penguasaan Dasar-dasar Matematika

Matematika adalah ilmu wajib yang harus dimiliki oleh para analisis sistem kontrol. Ilmu matematika digunakan untuk dasar analisis dan perancangan sistem kontrol menyangkut pada model matematika sistem agar mudah dianalisis. Model adalah abstraksi (penyederhaan) dan representasi sistem nyata. Ilmu matematika yang sering dijumpai yaitu persamaan diferensial, Transformasi Laplace, Transformasi Z, Fourier, matrik, dan sebagainya.

2. Penguasaan Pemodelan Matematika Sistem Fisik

Sebuah sistem fisik akan sulit dianalisis apabila model matematika sistem tidak diketahui, suatu misal karburator dimodelkan dengan persamaan matematika $\frac{1}{s+1}$ dan beban mesin dimodelkan dengan persamaan matematika $\frac{1}{3s+1}$. Pemodelan sistem fisik menjadi persamaan matematika bertujuan untuk memudahkan dalam melakukan manipulasi terhadap sistem.

3. Respon Sistem Kontrol

Suatu sistem akan memberikan respon apabila diberikan masukan tertentu. Masyarakat akan bergejolak jika pemerintah akan menerapkan kebijakan kenaikan harga BBM. Demikian juga sebuah sistem kontrol di industri akan memberikan respon sistem sesuai dengan karakteristik masing-masing. Salah satu respon sistem yang banyak dianalisis adalah respon transien atau keadaan peralihan dan respon steady state atau keadaan mantap atau stabil. Contoh pada kasus kenaikan BBM, masyarakat pada saat 1 hari pertama, 1 minggu pertama dan 1 bulan pertama pasti akan memberikan respon yang bermacam-macam. Masyarakat yang pedesaan yang tidak terlalu banyak bergantung pada harga BBM mungkin tidak terlalu shock dengan kebijakan kenaikan harga BBM. Tetapi masyarakat perkotaan yang sangat bergantung pada BBM pasti akan mengalami kaget. Respon yang diberikan masyarakatpun berbeda-beda.

Demikian juga sistem kontrol, jika diberikan input berupa step (perubahan mendadak) misal suhu dari 30° C diubah menjadi 80° C. Sistem kontrol suhu pasti memberikan respon yang berbeda-beda. Sistem kontrol yang berdaya kecil mungkin akan mencapai suhu 80° C dengan waktu yang lama, demikian sebaliknya yang berdaya besar akan cepat mencapai suhu 80° C bahkan melebihi. Sistem yang baik tentunya akan mencapai nilai yang diinginkan dengan cepat tanpa kesalahan

dan tetap mempertahankan nilai set point untuk jangka waktu yang lama.

4. Kestabilan Sistem Kontrol

Kestabilan merupakan syarat mutlak sebuah sistem kontrol proses di industri terutama untuk sistem kontrol loop tertutup. Kestabilan berkaitan dengan jaminan output dari sistem kontrol akan mencapai atau mendekati set point. Sistem yang tidak bisa mencapai set point tentu akan keluar dari kestabilan. Pada analisis kestabilan biasanya dipergunakan kriteria Routh-Hurwitz, pecahan kontinyu, posisi letak akar dan model kestabilan Nyquist.

BAB III

KONSEP DASAR SISTEM KONTROL TERDISTRIBUSI

A. Pendahuluan

Sistem Kendali Terdistribusi atau yang lebih dikenal dengan nama *Distributed Control System* (DCS) mengacu pada sistem kontrol yang biasa digunakan pada sistem manufaktur, proses atau sistem dinamis lainnya dimana elemen kontroler tidak terpusat di lokasi tertentu melainkan terdistribusi seluruhnya dimana setiap sub sistem dikontrol oleh satu atau lebih kontroler. Keseluruhan sistem kontrol di masing-masing sub sistem dihubungkan dalam jaringan untuk komunikasi dan monitoring. Istilah DCS sangat luas dan digunakan untuk berbagai keperluan di industri untuk melakukan monitoring dan pengendalian peralatan yang terdistribusi.

DCS digunakan untuk pengendalian proses produksi yang mempunyai karakteristik dimana proses produksi berlangsung secara kontinyu (terus-menerus) dan terdapat banyak proses yang tersebar secara geografis. Selain proses kontinyu, DCS juga banyak diaplikasikan pada kontrol proses jenis semi kontinyu atau batch. Contoh industri yang proses produksinya berlangsung

secara kontinyu 24 jam sehari, 7 hari dalam seminggu secara terus menerus adalah industri penambangan minyak dan gas dan pembangkit tenaga listrik. Sedangkan industri yang proses produksinya berlangsung secara batch diantaranya adalah industri semen, industri makanan dan minuman, industri petrokimia, industri obat-obatan, peleburan besi dan industri kertas.

DCS merupakan suatu pengembangan sistem kontrol digital dengan menggunakan komputer dan peraralan elektronik lainnya agar didapat suatu pengontrol suatu loop sistem lebih terpadu dan dapat dilakukan oleh semua orang dengan cepat dan mudah. DCS dapat digunakan untuk mengontrol proses produksi di industri baik dalam skala kecil, menengah maupun besar.

DCS secara umum terdiri atas kontrol digital yang terdistribusi dan mampu melakukan proses pengaturan 1-256 loop atau lebih dalam satu control box. Peralatan I/O dapat diletakkan menyatu dengan kontroler atau dapat juga diletakkan secara terpisah kemudian dihubungkan dengan suatu jaringan. Saat ini, kontroler memiliki kemampuan komputasional yang lebih luas. Selain control PID, kontroler dapat juga melakukan pengaturan logic dan sekuensial. DCS modern mendukung sistem kontrol cerdas seperti logika fuzzy dan jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*).

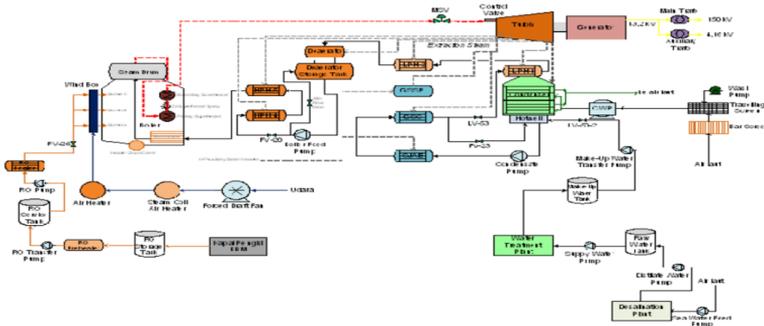
Sistem DCS dirancang dengan prosesor redundant untuk meningkatkan keandalan sistem. Untuk mempermudah dalam penggunaan, DCS sudah menyertakan tampilan/grafis kepada user dan software untuk konfigurasi kontrol. Hal ini akan memudahkan user dalam perancangan aplikasi. DCS dapat bekerja untuk satu atau lebih workstation dan dapat dikonfigurasi di workstation atau dari PC secara offline. Komunikasi lokal dapat dilakukan melewati jaringan melalui kabel atau fiber optic.

Pengertian terdistribusi dalam DCS meliputi beberapa hal yang perlu untuk didistribusikan diantaranya yaitu:

- Geografis

DCS sangat cocok diaplikasikan pada proses produksi yang memiliki karakteristik dimana masing-masing *field* secara geografis terletak tersebar dengan jarak yang cukup jauh. Dengan DCS, masing-masing *field* dapat dimonitor dan dikontrol secara terintegrasi dalam suatu sistem kontrol sehingga akan meningkatkan efektivitas dan efisiensi kerja sistem kontrol. Sumur pada industri Minyak seperti PT Pertamina, PT Chevron Indonesia, PT Total Indonesia, PT Petronas, PT Petro China, PT Medco, dan perusahaan lainnya biasanya terletak di berbagai lokasi yang secara geografis terpisah dengan jarak yang cukup jauh baik di *Off Shore* (daratan) maupun *On Shore* (Lautan).

Pembangkit listrik PLTU, PLTA, PLTP, PLTG dan PLTGU mempunyai banyak proses yang terpisah secara geografis. Loading batu bara yang berjarak 2 sampai 4 Km, feed water yang berjarak 1 km, water treatment plant dan proses-proses lainnya yang berjarak cukup jauh sangat cocok menggunakan DCS sebagai solusi mengintegrasikannya.



Gambar 3.1. Bagian-bagian PLTU yang Terdistribusi

- Risiko kegagalan operasi

Industri proses membutuhkan kontinuitas operasional selama terus menerus dan tidak boleh berhenti.

Industri yang mempunyai banyak proses produksi memerlukan strategi pengendaliannya. Kegagalan satu proses diharapkan tidak menyebabkan sistem produksi lainnya juga ikut terganggu. DCS mampu menjawab permasalahan risiko kegagalan operasi dalam sistem yang terdistribusi ke masing-masing *field*. Dengan DCS, suatu sub-sistem yang mengalami kegagalan dapat diisolir dengan cara mengaktifkan sistem proteksi (*safety systems*) agar tidak menimbulkan bahaya bagi sistem yang lebih besar.

Sistem kontrol lain seperti PLC, DDC tidak mampu mengatasi permasalahan ini. DCS memberikan otonomi pada setiap *field* dengan memberikan kontrol lokal dan kontrol terpusat yang terintegrasi dengan baik. Dengan fitur ini, risiko kegagalan dapat diisolir di masing-masing sub sistem sehingga tidak menimbulkan shutdown pada sistem secara keseluruhan. Shutdown akan membawa kerugian yang besar pada industri proses.

- **Fungsional**

Secara fungsional, masing-masing *field* dalam DCS dapat bekerja secara sendiri-sendiri tetapi terkoordinasi dengan baik. *Control Room* mampu memonitor masing-masing *field* dari jarak jauh dan sekaligus mampu memberikan perintah kepada masing-masing *field* untuk mendapatkan performansi yang diinginkan. Pengontrolan dilakukan oleh operator yang memonitor kondisi masing-masing *field* secara kontinyu.

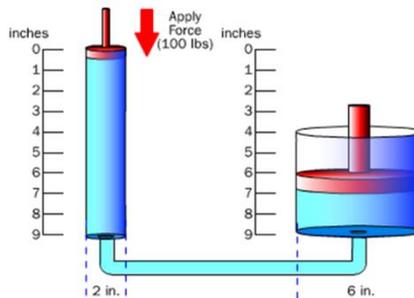
Komunikasi data antara masing-masing *field* menggunakan teknologi komunikasi dan komputer. Komunikasi dapat menggunakan kabel maupun tanpa kabel (*wireless*). Operator, Teknisi dan Engineer berkomunikasi dengan *fields* melalui *Human Machine Interface* (HMI) yang tertampil pada layer monitor di control room.

B. Perkembangan Sistem Kontrol

Aplikasi sistem kontrol di industri mengalami perkembangan sesuai dengan teknologi pada zamannya. Perkembangan sistem kontrol proses di dunia industri ditandai dengan perkembangan:

- Sistem Kontrol Hidrolik

Sistem control hidrolik sudah lama digunakan oleh manusia untuk membantu pengendalian peralatan atau proses di industri. Sistem hidrolik digunakan untuk menghasilkan tenaga yang besar. Prinsip kerja sistem hidrolik cukup sederhana yaitu gaya yang diberikan pada satu titik akan dipindahkan ke titik yang lain menggunakan cairan yang dimampatkan seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.2. Prinsip Kerja Sistem Hidrolik

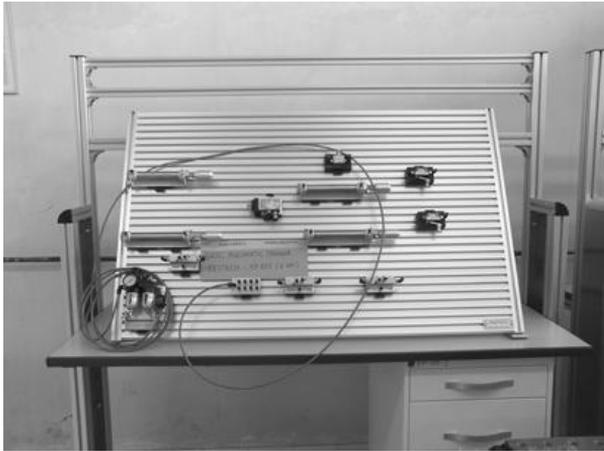
Cairan yang digunakan pada sistem hidrolik yaitu minyak atau oli. Sistem hidrolik pada gambar di atas terdiri atas dua piston dan pipa yang berisi minyak. Dua piston ini dihubungkan ke dalam dua unit silinder yang berisi minyak dan terhubung satu dengan lainnya melalui pipa yang juga terisi minyak. Apabila piston diberikan gaya ke bawah maka gaya tersebut akan ditransmisikan ke piston kedua melalui minyak dalam pipa.

Hidrolik banyak digunakan untuk aplikasi alat-alat berat pada otomatis seperti dump truck, excavator, dongkrak mobil, mesin pengepres, mesin penjepit, dan aplikasi-aplikasi lainnya.



Gambar 3.3. Prinsip Peralatan yang Dikontrol dengan Hidrolik

- Sistem Kontrol Berbasis Pneumatik
Sistem kontrol pneumatik banyak digunakan di dunia industri sejak lama karena berbagai kelebihan sistem pneumatik. Sistem kontrol pneumatik menggunakan udara bertekanan untuk menggerakkan piston yang akan menggerakkan actuator dalam melakukan aksi kontrol.



Gambar 3.4. Sistem kendali pneumatik

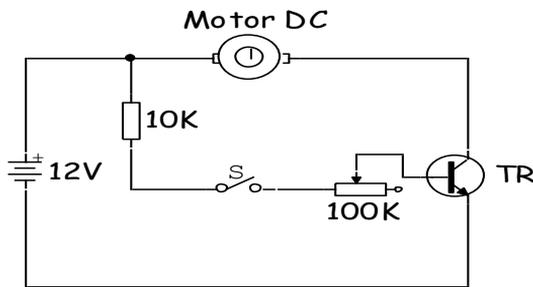
- Sistem Kontrol Elektronik Analog

Kontrol elektronik merupakan suatu rangkaian elektronika yang dirancang dan digunakan untuk mengendalikan peralatan listrik seperti lampu, motor listrik dan peralatan listrik dan elektronika lainnya. Pengendali elektronik biasanya digunakan untuk menghidupkan, mematikan, mengubah putaran motor, meredupkan atau menerangkan lampu, mengubah kecepatan motor, menghidupkan selama selang waktu tertentu, menghidupkan dengan hitungan (counter) serta pengendalian berdasarkan logika. Untuk dapat merancang dan membuat rangkian pengendali elektronik dibutuhkan komponen-komponen elektronika baik komponen pasif maupun komponen aktif. Salah satu komponen yang banyak digunakan adalah transistor, SCR, Diac dan Triac. Transistor banyak dimanfaatkan sebagai saklar elektronik yang dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis.

Contoh penggunaan transistor sebagai saklar otomatis adalah pada aplikasi pengering tangan yang banyak dijumpai

di restoran dan toilet di Mall. Pengering tangan menggunakan prinsip kerja saklar otomatis sederhana dimana pada sisi basisnya disambung dengan sensor LDR (Light Diode Resistor). Pada saat tangan kita mendekati atau menutupi LDR maka peralatan akan aktif untuk mengaktifkan pemanas dan memutar kipas, sebaliknya pada saat tangan kita dilepas maka saklar akan off. Pengaturan elektronika lain yang banyak dijumpai adalah pengaturan kecepatan putaran motor. Rangkaian di bawah ini adalah kontrol putaran motor DC dengan menggunakan transistor.

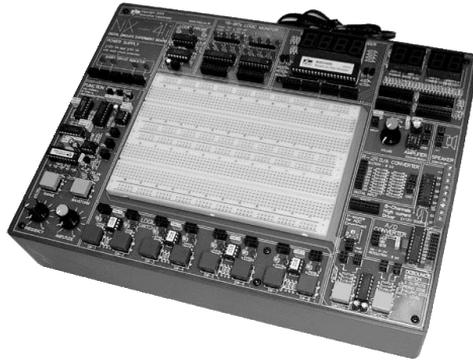
Pengaturan kecepatan dilakukan dengan mengatur nilai resistansi pada potensiometer.



Gambar 3.5. Rangkaian kendali putaran motor DC dengan transistor

- Sistem Kontrol Elektronik Digital
Seiring dengan penemuan bahan semikonduktor, perkembangan sistem kontrol analog mulai bergeser pada sistem kontrol digital. Dengan komponen semikonduktor, paradigma sistem kontrol proses di industri mulai bergeser pada pemanfaatan switching sebagai dasar utama kontrol proses. Sistem kontrol Elektronika Digital banyak menggunakan piranti semikonduktor seperti Transistor (BJT, FET), Dioda, IGBT, SCR, Diac, Triac dan komponen terintegrasi dalam bentuk IC (Integrated Circuit) maupun mikrokontroler

dan mikroprosesor. Perkembangan hardware yang semakin canggih menjadikan sistem kontrol digital mengalami perkembangan yang sangat pesat.



Gambar 3.6. Sistem Kendali Elektronik Digital

- Sistem Kontrol Supervisory Komputer

Perkembangan teknologi di bidang hardware dan software komputer, menjadikan kecenderungan perubahan sistem kontrol proses di industri. Berbagai peralatan perlu dikendalikan dengan komputer untuk memudahkan pengendalian dan mendapatkan kualitas produk yang lebih baik. Sistem kontrol berbasis komputer bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam proses produksi guna mendapatkan keuntungan kompetitif. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan meningkatkan kualitas proses produksi untuk mendapatkan produk yang berkualitas dan meminimalkan produk cacat. Efisiensi produksi meliputi area yang luas seperti:

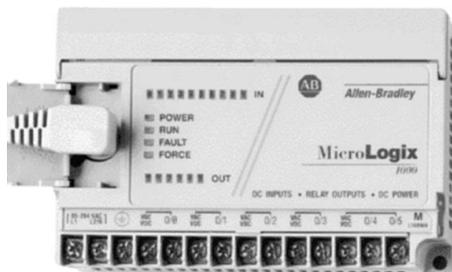
 - a. Kecepatan dimana peralatan produksi dan line produksi dapat diset untuk membuat suatu produk.
 - b. Menurunkan biaya material dan upah kerja dari suatu produk.
 - c. Meningkatkan kualitas dan menurunkan reject.

- d. Meminimalkan downtime dari mesin produksi.
- e. Biaya peralatan produksi murah.

Salah satu kebutuhan sistem kontrol industri untuk memenuhi tuntutan di atas adalah dengan mengaplikasikan sistem kontrol otomatis yang dapat diprogram. PLC (Programmable Logic Controller) merupakan salah satu perangkat yang banyak digunakan pada aplikasi kontrol sistem di industri. Kemampuan PLC mampu menjawab kebutuhan sistem kontrol otomasi untuk menghasilkan variasi produk pada sistem manufaktur fleksibel.

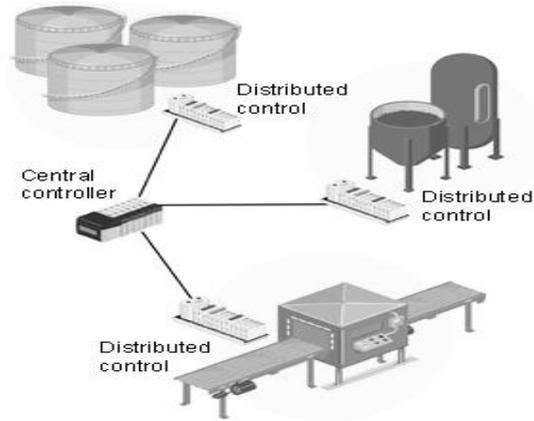


Gambar 3.7. HMI (Human Machine Interface) pada Sistem Kendali

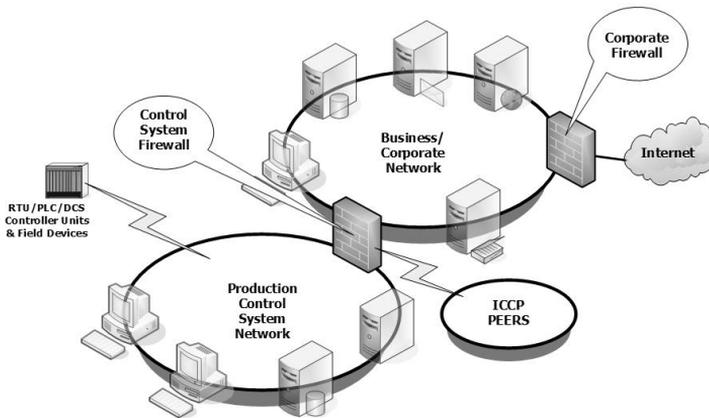


Gambar 3.8. Perangkat PLC

- **Distributed Control Systems (DCS)**
Sistem kontrol terdistribusi banyak berkembang di industri yang mempunyai jumlah plant atau field yang cukup banyak dimana di masing-masing plant perlu dikontrol secara tersendiri tetapi secara global dapat dikendalikan dari suatu tempat yang dinamakan control room. Dengan DCS maka kendalan sistem kontrol dapat dijamin.
- **Sistem Kontrol berbasis Teknologi Jaringan**
Tuntutan industri sekarang ini tidak hanya sebatas pada sistem kontrol proses berbasis komputer yang berdiri sendiri, melainkan dapat diintegrasikan dalam jaringan yang lebih luas. Berbagai macam sistem yang ada di masing-masing unit perlu diintegrasikan satu dengan yang lainnya menggunakan teknologi jaringan yang andal.
- **Sistem Kontrol Berbasis Teknologi Jaringan Terbuka (*Open Network Technology*)**
Salah satu masalah dalam teknologi jaringan adalah kompatibilitas masing-masing komponen dalam sistem. Perkembangan teknologi kontrol sekarang ini adalah skalabilitas dan interoperabilitas sistem yang mampu bekerja sama dengan sistem yang berbeda. DCS identik dengan merek atau vendor tertentu dimana masing-masing merek tidak bisa diintegrasikan dengan yang lainnya. Tren ke depan adalah jaringan terbuka yang mampu mengintegrasikan semua sistem yang digunakan dalam sistem kontrol.



Gambar 3.9. Sistem Kendali Terdistribusi



Gambar 3.10. Network Control System

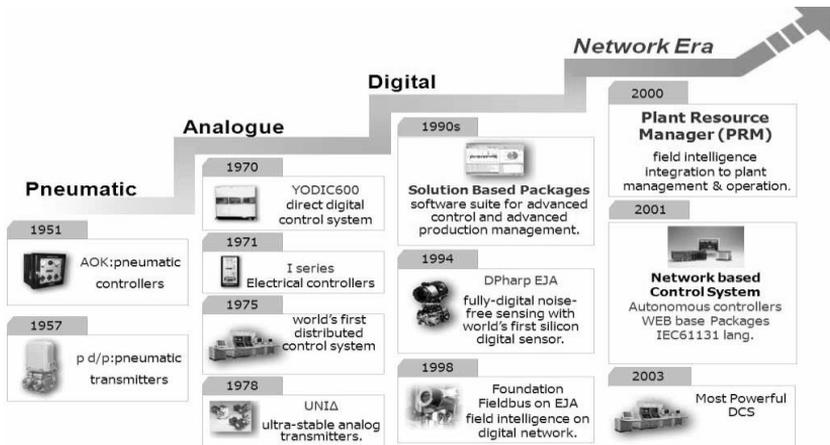
Perkembangan sistem kontrol terdistribusi diawali oleh sistem kontrol yang dikendalikan oleh komputer. Aplikasi awal komputer dalam bidang kontrol proses dimulai pada sistem kontrol supervisi dan monitoring pada stasiun pembangkit sistem tenaga listrik sekitar tahun 1958 di Amerika Serikat. Evolusi selanjutnya adalah penggunaan komputer pada loop kontrol (dikenal dengan nama DDC- Direct Digital Control) yang pertama kali diinstall di perusahaan petrokimia, Inggris sekitar tahun

1962. Pada sistem DDC tersebut, ada 224 variabel proses yang diukur dan 129 valve yang dikontrol secara langsung oleh komputer.

Sistem kontrol terdistribusi dipelopori dengan munculnya aplikasi sistem kontrol dengan memanfaatkan mini komputer yang diaplikasikan untuk proses kontrol pada awal tahun 60-an. Sistem kontrol ini memusatkan semua pengontrolan dari field. DCS pertama kali dikenalkan pada tahun 1975 oleh Perusahaan Amerika yaitu Honeywell dengan nama produk TDC 2000. DCS ini pada dasarnya merupakan pengembangan dari sistem kontrol DDC (Direct Digital Control). Kemunculan DCS Honeywell diikuti oleh perusahaan Jepang Yokogawa yang mengeluarkan produk dengan nama CENTUM. Selanjutnya Perusahaan USA Bristol mengenalkan produk DCS dengan nama UCS 3000. Pada tahun 1980 Baley (anak perusahaan ABB) meluncurkan produk DCS dengan nama NETWORK 90. Pada saat ini, terdapat banyak perusahaan (vendor) yang mengembangkan produk DCS diantaranya adalah:

- Yokogawa (Jepang)
- Honeywell (USA)
- Rockwell (USA)
- ABB (Eropa)
- Siemens (Jerman)
- Ansaldo
- GE
- Alstom
- Schneider (Perancis)
- Invensys
- Hitachi ((Jepang)
- Emerson
- Foxboro
- dan lain-lain.

DCS mengalami perkembangan yang sangat pesat setelah terbukti mampu meningkatkan kinerja sistem kontrol produksi di dunia industri melalui pemanfaatan mikro komputer dan mikro prosesor. Arah perkembangan dari DCS dapat digambarkan seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 3.11. Arah Perkembangan DCS

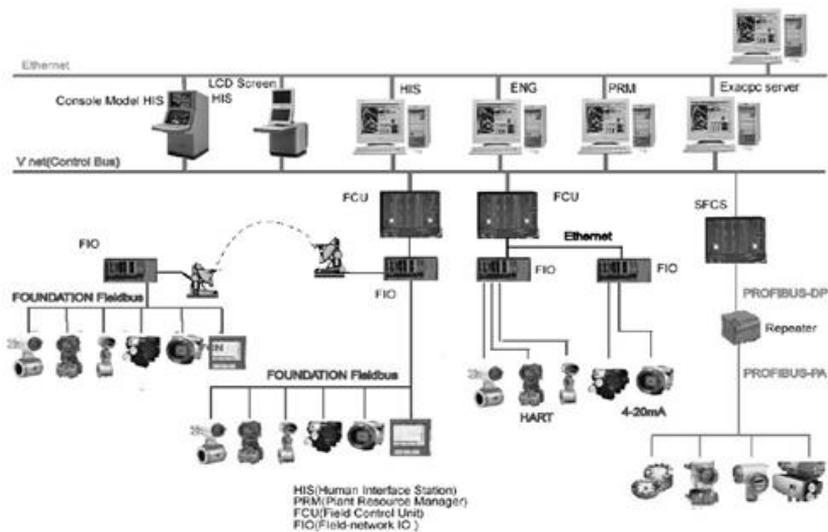
BAB IV

FUNGSI DAN CARA KERJA DCS

A. Pendahuluan

Bab ini akan membahas tentang fungsi dan cara kerja dari suatu sistem kendali terdistribusi. Pada Bab 2 sudah dibahas tentang jenis proses produksi di industri. DCS banyak digunakan pada industri yang mempunyai proses produksi kontinu. Proses produksi yang berlangsung secara kontinu selama dua puluh empat (24) jam dan tidak boleh mengalami gangguan walaupun sebentar sangat penting untuk dikontrol seluruh prosesnya dengan DCS.

Lokasi masing-masing proses (*field*) yang secara geografis terpisah dalam jarak yang cukup jauh dapat dengan mudah diintegrasikan dengan DCS. DCS mampu mendistribusikan kegagalan masing-masing field dan melokalisinya sehingga tidak mengakibatkan sistem keseluruhan mengalami gangguan. Untuk memahami sistem DCS, pertama-tama perlu diketahui tentang arsitekturnya. Secara umum, arsitektur dari sebuah sistem kendali terdistribusi dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4.1. Arsitektur Sistem DCS

Gambar arsitektur sistem DCS di atas menunjukkan bahwa sistem kendali terdistribusi mempunyai banyak komponen yang saling berkaitan dalam suatu topologi jaringan interkoneksi. Masing-masing komponen mempunyai peran dan fungsi masing-masing untuk bekerja sama guna mencapai tujuan dari sistem yang diinginkan.

Secara umum dapat dilihat bahwa komponen utama dalam sistem DCS yaitu Field Control Unit (FCU) yang terhubung ke Field Input Output (FIO) dan masing-masing FIO terhubung dengan ke perangkat input (sensor, transduser dan transmitter) dan perangkat output (aktuator). Komunikasi data antar berbagai peralatan dalam DCS dapat menggunakan kabel (wire) berupa kabel RS232, RS322, RS485, Ethernet RJ45 maupun tanpa kabel (wireless) menggunakan gelombang radio atau komunikasi wifi dengan frekuensi tinggi 2,4 GHz, 3,2 GHz dan 5,8 GHz. Sedangkan komunikasi *backbone* menggunakan serat optic (fiber optic) baik dengan instalasi udara maupun bawah tanah.

Masing-masing device terhubung dengan kontrol local dan kontrol room yang ada di pusat. Interface antara sistem dengan manusia (operator, teknisi dan engineer) dilakukan melalui Human Machine Interface (HMI) atau Human Interface Station (HIS). Melalui HMI atau HIS, operator dapat melakukan monitoring proses di masing-masing fields secara efektif dan efisien. Teknisi dapat melakukan pemantauan dan pemeliharaan DCS baik dalam hal hardware di masing-masing field, sistem komunikasi, HMI maupun kontroler. Pemeliharaan sistem dilakukan baik dalam hal hardware maupun software.

Engineering dapat melakukan pemrograman, pengembangan sistem maupun modifikasi sistem DCS melalui engineer station. Dengan pola kerja yang terintegrasi, sistem DCS mampu memberikan keandalan dan keamanan proses produksi yang berlangsung secara kontinyu.

Sistem kendali terdistribusi banyak diaplikasikan pada suatu proses industri yang mempunyai karakteristik berupa proses yang kontinyu, diskrit maupun batch. Pada proses kontinyu, besaran atau parameter kontrol bersifat data yang secara terus menerus mengalami perubahan seiring dengan perubahan parameter kontrolnya. Contoh dari proses kontinyu di industri adalah pada industri pembangkitan energi listrik baik PLTA, PLTU, PLTD, PLTG maupun PLT Panas Bumi. Industri pembangkit tenaga listrik beroperasi secara terus menerus sepanjang waktu, 24 jam sehari, 7 hari seminggu. Karena proses berlangsung secara terus menerus maka diperlukan sistem kontrol proses yang baik sepanjang waktu. Industri semacam ini sangat bergantung pada keandalan proses produksinya untuk menjamin kualitas produk dan jasanya.

Parameter-parameter kontrol seperti pada PLTA kecepatan aliran air, level air, tekanan pada tabung, temperatur ruang dan parameter lainnya harus terkontrol sepanjang waktu. Untuk itu

dibutuhkan sistem kontrol yang mampu bekerja secara kontinyu dengan tingkat keandalan yang tinggi. Pada umumnya industri yang bekerja secara kontinyu baru akan melakukan overhaul atau perbaikan dalam jangka waktu yang panjang (1-3 tahun).

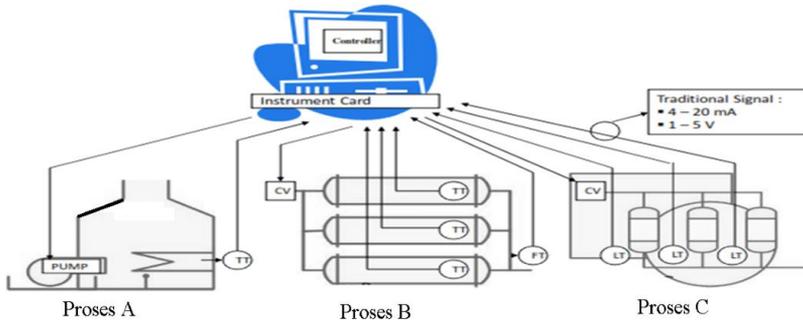
Oleh karena itu, sistem kendali terdistribusi berfungsi sebagai sistem kendali yang bertujuan untuk mencapai dan mempertahankan suatu variabel proses pada nilai tertentu secara terus-menerus.

- DCS berfungsi sebagai alat untuk melakukan kontrol suatu lup sistem dimana satu lup bisa terjadi beberapa proses kontrol.
- Berfungsi sebagai pengganti alat-alat kontrol manual dan auto yang terpisah-pisah menjadi suatu kesatuan sehingga lebih mudah untuk pemeliharaan dan penggunaannya.
- Sarana pengumpul data dan pengolahan data agar didapat suatu proses yang benar-benar diinginkan.

B. Filosofi DCS

Sistem kendali terdistribusi muncul karena adanya berbagai keterbatasan pada sistem kontrol yang ada pada saat itu berkaitan dengan permasalahan integrasi sistem, distribusi kontrol, keandalan, keterbukaan, kemudahan pengembangan dan pemeliharaan serta masalah keamanan.

Sistem control yang berkembang pada tahun 1970an didominasi oleh sistem kontrol berbasis PLC, Direct Digital Control (DDC). PLC merupakan sistem kontrol berbasis logika yang bersifat lokal untuk melakukan pengendalian di local secara langsung. Satu *field* atau proses dikontrol oleh satu unit PLC secara langsung. Sedangkan DDC merupakan sistem kontrol terpusat yang terdiri atas beberapa sistem kontrol lokal yang terhubung dalam jaringan komunikasi. Kelemahan sistem kontrol dengan PLC dan DDC saat itu yaitu adanya risiko apabila suatu sistem di-*field* mengalami gangguan, maka sistem secara keseluruhan akan terganggu.



Gambar 4.2. Arsitektur Sistem DDC

Hal-hal yang menjadi pertimbangan pengembangan DCS dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Integrasi (Integration)

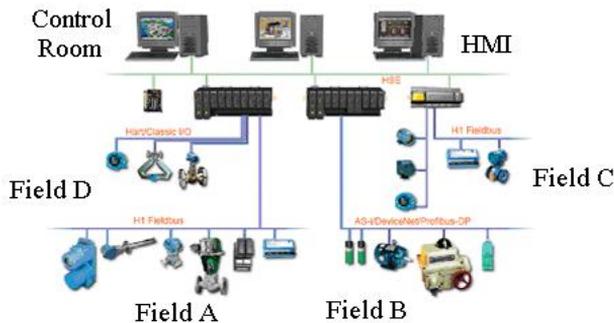
Integrasi menjadi masalah utama bagi industri pada tahun 1970-an dimana proses produksi di industri yang terpisah-pisah secara geografis membutuhkan adanya integrasi masing-masing plan yang ada. Sistem kontrol pneumatik, elektronika analog dan digital berbasis PLC belum mampu memecahkan masalah ini. Masing-masing sistem kontrol berdiri sendiri untuk melakukan aksi kontrol di masing-masing field. Sistem kontrol yang terpisah antar field menyebabkan masalah berkaitan dengan koordinasi aksi kontrol secara menyeluruh.

Sistem yang terpisah perlu diintegrasikan untuk melakukan monitoring dan kontrol setiap besaran pada masing-masing field sehingga lebih efektif dan efisien. Dengan fitur integrasi yang mampu menggabungkan berbagai plan yang ada menjadi satu kesatuan kendali, menjadikan DCS sebagai salah satu solusi yang tepat untuk permasalahan di industri pada saat itu. DCS seperti yang terlihat pada gambar di atas mampu mengintegrasikan antara FCU, FIO, perangkat

input, perangkat output, HMI, kontrol lokal dan control room melalui sistem komunikasi data berkecepatan tinggi. DCS mempunyai tingkat keandalan yang sangat dan kecepatan data yang tinggi untuk melakukan monitoring dan kontrol proses secara real time.

- **Distribusi (Distribution)**

Selain masalah integrasi, industri membutuhkan distribusi terhadap risiko kegagalan. Kegagalan di masing-masing field berpotensi menimbulkan gangguan sistemik yang menyebabkan terjadinya pemadaman total (shutdown). DCS mampu memenuhi melakukan distribusi risiko kegagalan sehingga apabila terjadi kegagalan di salah satu field dapat diredam dengan baik. Kebutuhan ini diberikan dengan kontrol secara penuh pada setiap unit yang dapat juga dikontrol melalui remote pada control room.



Gambar 4.3. Arsitektur Sistem DDC

Letak masing-masing field yang secara geografis terpisah cukup jauh, dapat dikontrol baik secara lokal maupun secara terpusat. Arsitektur sistem DCS mampu mengurangi peran operator manual sehingga menjadi efektif dan efisien. Banyaknya parameter yang harus dimonitor dan dikontrol secara real time sangat sulit dikontrol secara manual oleh operator. Field yang mempunyai potensi bahaya seperti

sumur minyak, tambang, proses kimia, proses bersuhu tinggi, bertekanan tinggi dan proses kimia dapat dimonitor dan dikontrol secara remote baik di lokal maupun terpusat.

DCS memberikan peningkatan keamanan sistem, kecepatan pengambilan data, akurasi pembacaan data, kecepatan aksi kontrol dan kemudahan dalam pengembangan.

- Keandalan (Reliability)

Keandalan sistem kontrol merupakan salah satu masalah utama pada kontrol proses di industri. Dengan fitur yang ditanamkan pada DCS seperti kontrol lup tertutup, cascade, batch, ratio dan selektif menjadikan sistem DCS dapat meningkatkan keandalan sistem kontrol. DCS mampu melakukan aksi kontrol berbagai kondisi proses yang ada di industri dengan kecepatan dan ketelitian hasil.

Sistem komunikasi berbasis fieldbus, modbus, profibus, profinet, device Net menjadikan komunikasi data antara field dengan control room dapat dilakukan dengan real time. Perubahan parameter di field mampu ditampilkan secara real time di layer HMI. Hal ini menjadikan operator dapat memantau kondisi lapangan dengan mudah dan cepat. Berbagai fitur DCS seperti alarm, guidance message, histori dan fitur-fitur lainnya sangat membantu operator untuk mengetahui dengan cepat hal-hal yang terjadi di lapangan.

Dengan mengetahui kondisi lapangan secara cepat, operator dapat memberikan aksi kontrol untuk mempertahankan kondisi sesuai dengan set point. Apabila terjadi gejala melencengnya besaran yang dikontrol, DCS mampu memberikan peringatan bagian mana yang mengalami masalah dengan tepat. Operator akan segera melakukan pengecekan lapangan kondisi yang menyebabkan terjadinya ketidaknormalan dan segera melakukan aksi. Apabila operator tidak mampu melakukan perbaikan (first line

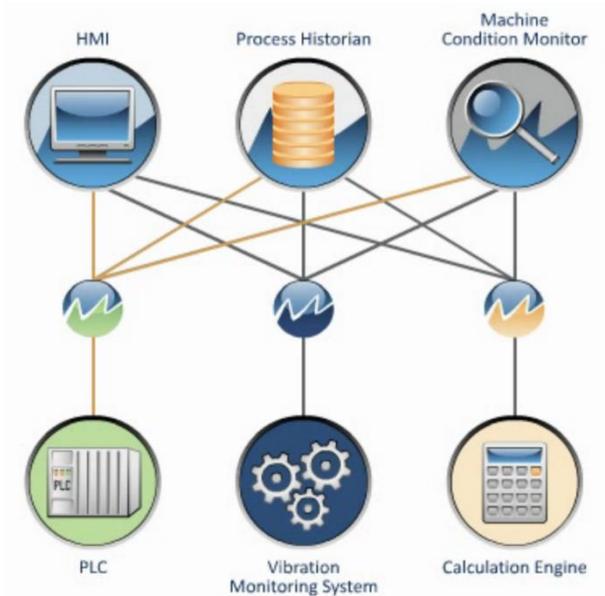
maintenance), maka operator dapat minta bantuan kepada teknisi untuk memperbaiki permasalahan tersebut.

- Keterbukaan (Openness)

Konsep keterbukaan pada sistem kontrol juga menjadi masalah pada proses produksi di industri. Penggunaan sistem kontrol yang berbeda seperti pneumatic, sistem kontrol elektronik baik analog maupun digital, PLC serta sistem kontrol berbasis komputer perlu adanya integrasi dalam jaringan yang terbuka. Penggunaan berbagai peralatan sistem kontrol yang berbeda sering kali menjadi permasalahan berkaitan dengan integrasinya. Masing-masing sistem bersifat independen dan tidak dapat dikomunikasikan satu dengan lainnya.

DCS menawarkan konsep jaringan yang bersifat terbuka walaupun masih saja banyak standar yang digunakan oleh masing-masing vendor. Dengan DCS, berbagai peralatan input, output, PLC dapat dikomunikasikan dalam sebuah sistem. Sistem kontrol. Beberapa perangkat yang berbeda platform dapat diintegrasikan dengan arsitektur DCS. Kerjasama antara vendor memungkinkan pertukaran peripheral dalam sistem DCS. Sistem fieldbus yang mendukung profibus, modbus maupun protokol lainnya.

Munculnya OPC (OLE for Protocol Control) memungkinkan berbagai DCS dengan vendor yang berbeda untuk diintegrasikan dalam jaringan yang sama. DCS dapat juga diintegrasikan dengan berbagai aplikasi yang ada di perusahaan.



Gambar 4.4. Arsitektur Sistem DDC

- Kemudahan Penggunaan (*User friendliness*)
Kemudahan pengembangan, pengoperasian, pemeliharaan merupakan tuntutan dari sistem kontrol proses industri saat ini. Sistem yang kompleks membutuhkan kemudahan dalam pengoperasian, maintenance maupun pengembangannya. Perkembangan ilmu dan teknologi menuntut sistem DCS dikembangkan dengan konsep plug and play, kemudahan dalam instalasi peralatan baik input, output, kontroler maupun FIO module. Kemudahan dalam pengoperasian, pengecekan parameter proses, pembacaan pada field, kemudahan memahami tampilan data pada HMI dan kemudahan pengembangannya.

DCS menawarkan konsep kemudahan dalam bentuk tampilan HMI yang sangat user friendly dan menawarkan interaksi yang mudah. DCS dikembangkan mengikuti perkembangan sistem operasi terbaru. Walaupun

perkembangan versi software DCS membawa akibat adanya upgrade sistem yang berakibat pada biaya baik konsultasi, pembelian perangkat baru maupun biaya konsultan untuk melakukan upgrade ke sistem.



Gambar 4.5. Arsitektur Sistem DDC

- Investment Security & Expandibility

Pengembangan sistem kontrol atau expandibilitas di masa mendatang seiring dengan penambahan unit produksi, kapasitas produksi atau penambahan jaringan dan lain sebagainya merupakan pertimbangan khusus sistem kontrol proses industri. DCS memberikan kemudahan kepada user dalam hal keamanan investasi dan jaminan upgrade ke sistem yang lebih baik dan lebih besar tanpa harus install ulang dari awal.

Sistem modular yang memungkinkan penambahan modul input dan output hanya dengan menambahkan modul FIO sehingga memudahkan dalam proses instalasi. Pemasangan sensor, transduser dan transmitter ke sistem cukup terhubung ke FIO dengan menggunakan kabel RS 232, RS322, RS485 atau kabel Ethernet RJ45 memudahkan dalam pengembangan sistem. Marshalling kabel juga menjadi lebih teratur dengan konsep modular. Komunikasi dengan wireless

tanpa kabel juga memungkinkan pengembangan jaringan lebih mudah dan fleksibel.



Gambar 4.6. Arsitektur Sistem DDC

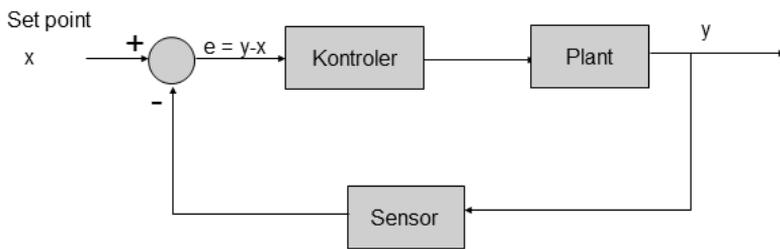
Dalam hal keamanan investasi, DCS merupakan sistem yang sangat kompleks dan mahal. Untuk itu membutuhkan jaminan keamanan investasi jangka panjang. DCS dikembangkan oleh vendor yang mempunyai nama besar dalam industri kontrol otomatis. Perusahaan Yokogawa, Siemens, Honeywell, Schneider, Emerson, Rockwell, dan perusahaan-perusahaan pengembang DCS lainnya tentu memberikan jaminan pengembangan sistem baik hardware maupun software.

C. Cara Kerja DCS

DCS sebagai suatu sistem kontrol otomatis bekerja berdasarkan prinsip lup tertutup baik single loop maupun multi loop. Penggunaan sistem multi loop (cascade) menjadikan sistem kontrol menjadi lebih presisi karena satu actuator diberi masukan dari beberapa sistem kontrol. Namun demikian, sistem kontrol

cascade mempunyai kerumitan yang lebih kompleks sehingga perlu dipertimbangkan manfaat dan konsekuensi yang harus dipenuhi.

Untuk memudahkan pembahasan cara kerja sistem DC, akan digambarkan dengan menggunakan sistem kontrol lup tertutup yang terdiri atas satu lup. Gambar di bawah ini menunjukkan blok diagram sistem kontrol lup tunggal. Sistem kontrol ini terdiri atas plant, sensor, kontroler, dan aktuator.



Gambar 4.7. Sistem Kendali Loop Tertutup

Secara sederhana, prinsip kerja DCS berdasarkan single loop dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data yang diterima dari lapangan

Pada tahap awal, DCS melakukan pengumpulan data yang dilakukan oleh sensor-sensor yang dipasang pada field. Sensor adalah bagian dari sistem DCS yang berfungsi untuk mendeteksi kondisi di suatu proses industri seperti: temperatur, tekanan (*pressure*), aliran fluida (*flow*), level ketinggian cairan fluida, PH suatu cairan, kelembaban, kandungan mineral, kecepatan putar dan besaran-besaran fisik lainnya pada suatu proses industri.

Sensor pada umumnya menyatu dengan komponen transduser dan transmitter, dimana hasil kerja sensor kemudian diubah oleh transduser menjadi besaran standar dan kemudian dikirimkan oleh transmitter menuju ke komponen utama yaitu kontroler atau modul input dan output (FIO). Penjelasan lebih mendalam tentang sensor, transduser dan transmitter ini akan dibahas lebih lanjut pada materi komponen-komponen sistem kendali terdistribusi.

Sensor yang digunakan untuk melakukan pengukuran menggunakan berbagai prinsip elektronik. Untuk pengukuran suhu dapat menggunakan bimetal, termokopel atau RTD. Pengukuran tekanan dilakukan dengan tabung bourdon, piezo electric, strain gauges dan kapasitan. Pengukuran besaran level dilakukan dengan mekanikal float, magnetic, ultrasonic maupun radar. Adapun pengukuran flow rate digunakan sensor differential pressure, tabung venturi, coriolis, magnetic maupun ultrasonic. Penggunaan dan pemilihan sensor disesuaikan dengan kondisi lapangan dan juga harga.

2. Mengolah data tersebut menjadi sebuah signal standar

Proses produksi yang berlangsung di industri mempunyai karakteristik yang bermacam-macam. Peralatan yang digunakan juga mempunyai teknologi yang kadang berbeda. Ada beberapa macam signal yang digunakan dalam sistem industri yaitu:

- Peralatan hidrolik
- Peralatan pneumatik
- Peralatan elektrik analog
- Peralatan elektronik digital

Untuk mengintegrasikan dari berbagai macam peralatan yang ada, dibutuhkan standar signal dalam sistem DCS. Penggunaan signal standar ini berkaitan dengan komunikasi antar bagian dalam sistem DCS.

DCS kebanyakan menggunakan sinyal elektrik baik analog maupun digital. Peralatan sensor analog menggunakan sinyal listrik berupa arus 4–20 mA atau tegangan 0–5 Volt. Sensor digital menggunakan bilangan biner 0 dan 1. Sinyal pneumatik menggunakan sinyal 3–15 psi. Untuk komunikasi data antara sistem yang berjarak jauh digunakan sinyal digital seperti Fieldbus, Profibus, Modbus, Device Net, Profinet dan lain sebagainya. Penggunaan sinyal digital dapat meningkatkan kecepatan dan keakuratan data. Sinyal digital lebih tahan terhadap noise dibanding sinyal analog.

3. Mengolah data signal standar yang didapat dengan sistem pengontrolan yang berlaku sehingga bisa diterapkan untuk mendapatkan nilai yang cocok untuk koreksi signal.

Langkah selanjutnya adalah melakukan proses pengolahan signal yang sudah standar oleh komponen controller pada DCS. Komponen inilah yang melakukan proses penerimaan signal masukan dari proses produksi yang dikirimkan oleh transmitter dalam bentuk signal yang sudah standar selanjutnya dilakukan proses lebih lanjut untuk mendapatkan hasil proses yang diinginkan atau sesuai dengan set point.

4. Bila terjadi error atau simpangan data maka dilakukan koreksi dari data yang didapat guna mencapai nilai standar yang dituju

Kontroler akan melakukan pengecekan terhadap masukan dari proses produksi yang dikirim oleh sensor melalui transmitter dan akan dibandingkan dengan set point. Set point merupakan parameter yang dibutuhkan dalam proses produksi berkaitan dengan parameter prosesnya seperti suhu 300^o C, tekanan 3000 Psi, level ketinggian cairan 60%, kecepatan flowrate 3 m³/detik, dan parameter-parameter proses produksi lainnya. Kontroler akan membandingkan kondisi nyata dalam proses produksi yang

diukur melalui sensor dan dikirim datanya oleh transmitter dengan set point yang telah ditentukan oleh engineer. Hasil perbandingan ini yang disebut dengan error atau kesalahan. Error inilah yang akan diperbaiki oleh kontroler agar proses dapat dikendalikan secara otomatis oleh sistem kontrol.

5. Setelah terjadi koreksi dari simpangan data dilakukan pengukuran atau pengumpulan data ulang dari lapangan.

Proses pengukuran besaran fisik proses produksi dilakukan secara terus-menerus selama proses berlangsung sehingga secara kontinu proses produksi dapat dimonitor dan dikontrol agar menghasilkan keluaran sesuai yang diharapkan. Proses sampling pengiriman data oleh sensor tergantung pada kebutuhan apakah 1 detik sekali, 5 detik, 10 detik, 20 detik, 1 menit atau bahkan lebih dari 1 menit. Inilah proses yang disebut dengan pengendalian proses secara real time. Pengertian real time tidak harus delay sama dengan nol atau setiap terjadi perubahan parameter proses langsung dikirim, karena hal ini dilakukan sesuai dengan kebutuhan. Semakin sering data dikirim, maka konsekuensinya data pada sistem DCS akan semakin besar.

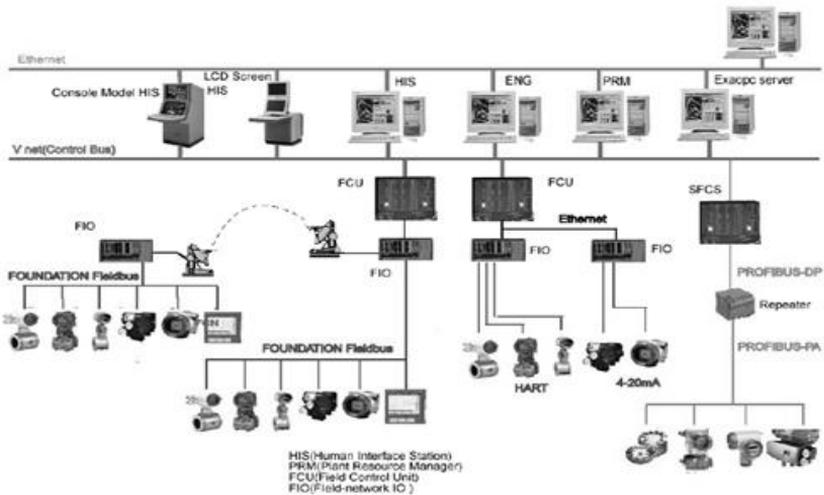
BAB V

KOMPONEN DASAR DCS

Sebagai sebuah sistem, DCS mempunyai komponen-komponen penyusun yang saling bekerja sama untuk mencapai tujuan dari DCS yaitu mendapatkan nilai keluaran dari proses produksi di industri sesuai dengan set point. Komponen-komponen dalam suatu sistem DCS diintegrasikan satu dengan lainnya melalui jaringan komunikasi sehingga antar komponen dapat saling berhubungan dan mendukung kinerja satu dengan lainnya.

Secara umum, komponen DCS terdiri atas *hardware*, *software*, dan *brainware* yang saling berkaitan antara satu dengan lainnya. *Hardware* pada DCS berfungsi sebagai mesin yang akan melakukan kerja secara nyata pada pengendalian proses produksi yang berlangsung. *Software* akan bekerja secara terintegrasi dengan hardware, dimana software inilah yang menjadi pedoman dalam sistem kerja sebuah DCS. *Brainware* atau manusia berfungsi sebagai engineer, operator, dan supervisor dari proses yang berlangsung pada sistem DCS. Ketiga komponen ini akan saling berkaitan dan bekerja sama untuk menghasilkan kinerja terbaik dalam sistem kontrol proses di industri.

Pada pokok bahasan ini, komponen yang akan dibahas adalah komponen *hardware* saja, dimana untuk komponen *software* dan *brainware* dapat dijelaskan pada saat perkuliahan berlangsung. Secara umum komponen *hardware* sistem DCS dapat dilihat pada gambar arsitekturnya sebagai berikut:



Gambar 5.1 Arsitektur Sistem DCS

Gambar di atas menunjukkan arsitektur yang membangun sebuah sistem DCS. Secara detail komponen dari sistem DCS dapat dijelaskan sebagai berikut:

A. Analog dan Digital Input

Analog dan digital input adalah komponen utama DCS yang berfungsi untuk melakukan pengukuran besaran yang akan dikontrol. Pada industri proses seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), industri petrokimia, industri minyak dan gas, industri tambang, industri makanan, minuman, obat-obatan dan industri

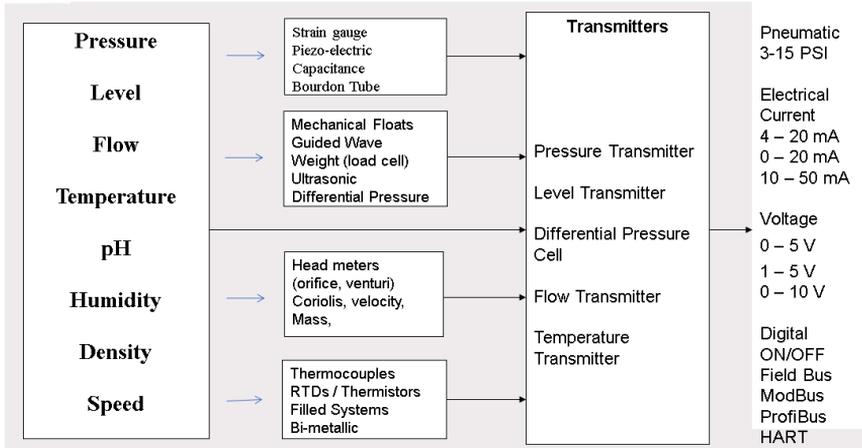
proses lainnya, input biasanya adalah besaran proses yang akan dikontrol. Besaran yang sering dikontrol, yaitu:

- Temperatur
- Tekanan (Pressure)
- Level
- Kecepatan Aliran (Flow rate)

Keempat besaran ini hampir selalu ada pada industri proses dan dibutuhkan pengaturan untuk menghasilkan proses yang baik sehingga didapatkan kualitas produk yang baik.

Input pada DCS dapat berupa besaran analog maupun digital. Besaran analog yaitu besaran yang selalu mempunyai nilai sepanjang waktu t . Sedangkan input digital yaitu besaran yang hanya mempunyai dua (2) nilai yaitu ON dan OFF. Contoh input digital yaitu temperatur (suhu) yang diukur dengan sensor Thermocouple atau Resistive Temperature Detector (RTD). Besaran temperatur digital selalu mempunyai nilai sepanjang waktu. Nilai temperatur digital selalu mempunyai nilai, misalkan untuk uap pada PLTU suhunya berkisar 580°C . Sepanjang waktu nilai temperatur akan berada pada nilai yang mendekati set point.

Besaran digital atau dikenal dengan istilah diskrit hanya mempunyai dua (2) kondisi yaitu ON dan OFF. Contoh besaran diskrit yaitu Limit Switch yang hanya mempunyai kondisi NC (Normally Close) dan NO (Normally Open). Contoh lainnya yaitu Pressure Switch, Level Switch, Flow Switch yang hanya mempunyai nilai ON dan OFF.



Gambar 5.2 Besaran pada Proses Industri

Analog dan digital input adalah komponen dari sistem DCS dimana bagian ini berfungsi untuk mengumpulkan data data dari lapangan baik yang bersifat analog maupun yang bersifat digital. Dalam aplikasinya analog dan digital input berupa sensor, transduser dan transmitter parameter proses yang akan diukur setiap saat. Pengukuran besaran proses ini dilakukan oleh peralatan yang disebut dengan *sensor*.

Sensor adalah alat ukur yang dipasang di lapangan, pada saat ini sebuah sensor bisa juga disebut transmitter sebab selain dapat mengukur suatu besaran proses, alat ini bisa juga memberikan signal (transmit) ke alat yang lain. Untuk pengukuran pada proses signal yang dihasilkan adalah signal analog atau digital sesuai dengan kebutuhan dari kontrol yang akan dilakukan. Hasil pengukuran analog akan masuk ke analog input untuk diolah berapa hasil pengukurannya dan untuk signal digital akan masuk ke digital input yang selanjutnya data akan diolah oleh kontroler.

Table I/O Modules for FIO (1/2)

Models	Name
Analog I/O Modules	
AAI141	Analog Input Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Non-Isolated)
AAB141	Analog Input Module (1 to 5 V/4 to 20 mA, Non-Isolated)
AAV141	Analog Input Module (1 to 5 V, 16-Channel, Non-Isolated)
AAI841	Analog I/O Module (4 to 20 mA Input, 4 to 20 mA Output, 8-Channel Input/8-Channel Output, Non-Isolated)
AAB841	Analog I/O Module (1 to 5 V Input, 4 to 20 mA Output, 8-Channel Input/8-Channel Output, Non-Isolated)
AAB842	Analog I/O Module (1 to 5 V/4 to 20 mA Input, 4 to 20 mA Output, 8-Channel Input/8-Channel Output, Non-Isolated)
AAI143	Analog Input Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Isolated)
AAI543	Analog Output Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Isolated)
AAV144	Analog Input Module (-10 V to +10 V, 16-Channel, Isolated)
AAV544	Analog Output Module (-10 V to +10 V, 16-Channel, Isolated)
AAI135	Analog Input Module (4 to 20 mA, 8-Channel, Isolated Channels)
Analog I/O Modules	
AAI835	Analog I/O Module (4 to 20 mA, 4-Channel Input/4-Channel Output, Isolated Channels)
AAT145	TC/mV Input Module (16-Channel, Isolated Channels)
AAR145	RTD/POT Input Module (16-Channel, Isolated Channels)
AAI135	Pulse Input Module (8-Channel, Pulse Count, 0 to 10 kHz, Isolated Channels)
AAI149	Pulse Input Module for Compatible PM1 (16-Channel, Pulse Count, 0 to 6 kHz, Non-Isolated)
AAI849	Pulse Input Module/Analog Output Module (8-Channel Input/8-Channel Output, Non-Isolated)
Analog I/O Modules with HART Communication Function	
AAI141-H	Analog Input Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Non-Isolated)
AAB141-H	Analog Input Module (1 to 5 V/4 to 20 mA, Non-Isolated)
AAI841-H	Analog I/O Module (4 to 20 mA Input, 4 to 20 mA Output, 8-Channel Input/8-Channel Output, Non-Isolated)
AAI842-H	Analog I/O Module (1 to 5 V/4 to 20 mA Input, 4 to 20 mA Output, 8-Channel Input/8-Channel Output, Non-Isolated)
AAI143-H	Analog Input Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Isolated)
AAI543-H	Analog Output Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Isolated)
AAI135-H	Analog Input Module (4 to 20 mA, 8-Channel, Isolated Channels)
AAI835-H	Analog I/O Module (4 to 20 mA, 4-Channel Input/4-Channel Output, Isolated Channels)

Daftar Analog Input pada DCS

Table I/O Modules for FIO (2/2)

Models	Name
Digital I/O Modules	
ADV151	Digital Input Module (32-Channel, 24 V DC, Isolated)
ADV551	Digital Output Module (32-Channel, 24 V DC, Isolated)
ADV161	Digital Input Module (64-Channel, 24 V DC, Isolated)
ADV561	Digital Output Module (64-Channel, 24 V DC, Isolated)
ADV859	Digital I/O Module for Compatible ST2 (16-Channel Input/16-Channel Output, Isolated Channels)
ADV159	Digital Input Module for Compatible ST3 (32-Channel Input, Isolated Channels)
ADV559	Digital Output Module for Compatible ST4 (32-Channel Output, Isolated Channels)
ADV869	Digital I/O Module for Compatible ST5 (32-Channel Input/32-Channel Output, Isolated, Common Minus Side Every 16-Channel)
ADV169	Digital Input Module for Compatible ST6 (64-Channel Input, Isolated, Common Minus Side Every 16-Channel)
ADV569	Digital Output Module for Compatible ST7 (64-Channel Output, Isolated, Common Minus Side Every 16-Channel)
Communication Modules	
ALR111	RS-232C Communication Module (RS-232C, 2-port for N-IO/FIO)
ALR121	RS-422/RS-485 Communication Module (RS-422/RS-485, 2-port for N-IO/FIO)
ALE111	Ethernet Communication Module (for N-IO/FIO)
ALF111	FOUNDATION fieldbus Communication Module (4-Port, for (N-IO/FIO)
ALP121	PROFIBUS-DPV1 Communication Module (for N-IO/FIO)
A2LP131	PROFINET Communication Module (for N-IO/FIO)
Turbomachinery I/O Modules	
AGS813	Servo Module(Isolated)
AGP813	High Speed Protection Module(Isolated)

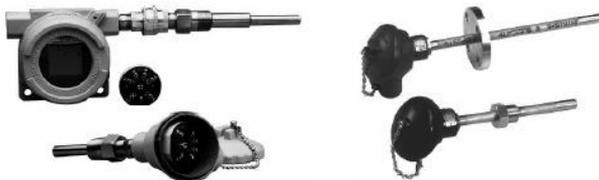
Digital input

Ada banyak sensor analog yang digunakan untuk pengukuran besaran input pada proses produksi di industri diantaranya adalah:

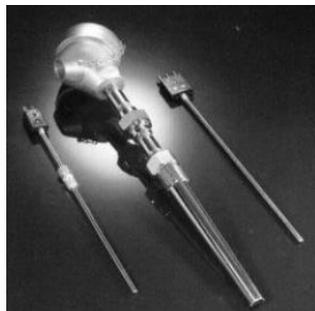
- Sensor temperatur
Temperatur dapat diukur dengan berbagai macam peralatan ukur seperti bimetal, termokopel, thermistor, RTD atau pyrometer.



Gambar 5.3. Alat ukur suhu dengan prinsip bimetal



Gambar 5.4. Alat Ukur Suhu dengan Prinsip Termokopel



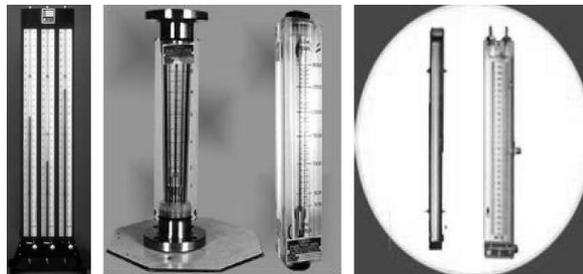
Gambar 5.5. Alat Ukur Suhu dengan Prinsip RTD



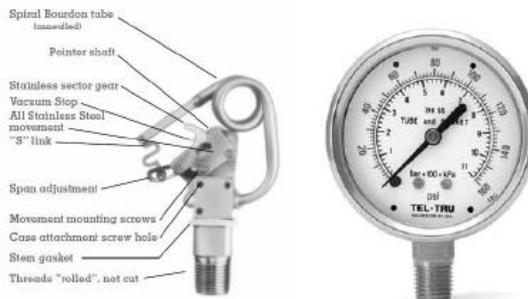
Gambar 5.6. Alat Pengukur Suhu dengan Prinsip Termistor

- Sensor tekanan

Tekanan merupakan suatu besaran yang sering digunakan dalam proses produksi di industri. Hampir semua industri proses membutuhkan pengaturan besaran tekanan (pressure) pada proses produksinya. Pengukuran besaran tekanan dapat dilakukan dengan berbagai sensor dengan prinsip tabung U, dan lainnya.



Gambar 5.7. Alat Ukur Tekanan dengan Prinsip Tabung U



Gambar 5.8. Alat Ukur Tekanan dengan Prinsip Tabung Bourdon



Gambar 5.9. Alat Ukur Tekanan dengan Prinsip Elemen Bellows

- Sensor level

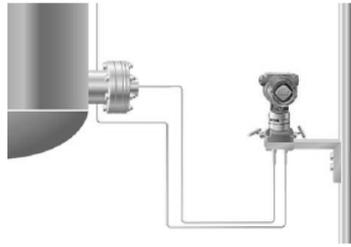
Dalam suatu proses produksi, seringkali level ketinggian suatu cairan perlu dikontrol dengan baik. Untuk itu dibutuhkan peralatan untuk dapat mengukur level ketinggian suatu cairan tersebut. Untuk mengukur level ketinggian cairan dapat digunakan beberapa peralatan sensor sebagai berikut:



Gambar 5.10. Alat Ukur Ketinggian dengan Prinsip *Displacement*



(a) D/P cell Transmitter



(b) D/P Cell untuk aplikasi pengukuran Level

Gambar 5.11. Alat Ukur Ketinggian dengan Prinsip Perbedaan Tekanan



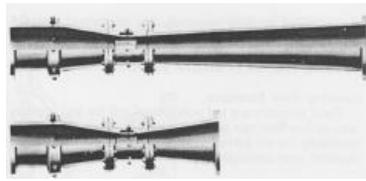
Gambar 5.12. Alat Ukur Ketinggian dengan Prinsip Kapasitansi



Gambar 5.13. Alat Ukur Ketinggian dengan Prinsip Ultrasonik

- **Sensor Aliran (Flow)**

Pada beberapa proses produksi seperti distribusi air, minyak, dan gas dan beberapa industri proses lainnya membutuhkan pengukuran kecepatan aliran dari suatu fluida. Oleh karena itu, dibutuhkan peralatan ukur flow dengan prinsip kerja yang baik. Beberapa peralatan yang banyak digunakan untuk pengukuran kecepatan fluida diantaranya adalah:



Gambar 5.14. Alat Ukur Aliran dengan Tabung Ventori



Gambar 5.15. Alat Ukur Aliran dengan Tabung Anubar



Gambar 5.16. Alat Ukur Aliran dengan Rotameter



Gambar 5.17. Alat Ukur Aliran dengan Magnetik

- Pengukuran besaran lainnya
 Signal standar yang digunakan dalam komponen analog input biasanya menggunakan besaran pressure atau listrik. Untuk besaran dalam bentuk pressure digunakan nilai antara 3-15 Psi, sedangkan untuk besaran elektrik digunakan arus atau tegangan. Untuk arus listrik digunakan nilai antara 4-20 mA sedangkan untuk tegangan digunakan nilai standar antara 1-5 V_{DC}. Signal standar ini didapat dari sensor/transmitter yang berada di-field yang dikirim melalu junction box. Untuk pengukuran signal standar dapat dijadikan acuan berapa pembacaan sensor yang terjadi di lapangan Seperti contoh sebagai berikut:

4 mA = 0 % Pembacaan Sensor

12 mA = 50 % Pembacaan Sensor

20 mA = 100 % Pembacaan Sensor

Untuk signal digital dimana data yang didapat adalah signal digital hanya berupa signal open atau close, maka standar signal menggunakan besaran listrik berupa tegangan dengan nilai; Open 0 VDC dan Closed 5 VDC.

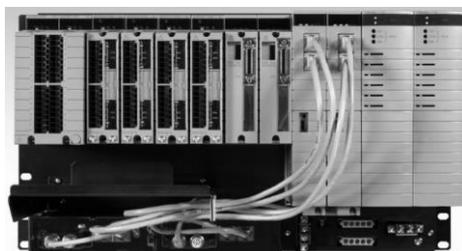
B. Kontroler

Kontroler adalah bagian sistem DCS yang mempunyai peran paling vital dan harganya paling mahal di antara komponen hardware lainnya. Komponen ini berfungsi sebagai alat kontrol untuk memberikan signal koreksi yang terjadi apabila hasil pengukuran dari input analog ataupun digital tidak sesuai dengan nilai set point yang telah ditetapkan oleh engineer proses. Perbedaan antara sinyal hasil pengukuran sensor dan set point ini disebut dengan *error* atau kesalahan yang harus diperbaiki oleh kontroler dengan memberikan perintah kepada analog/digital output untuk menggerakkan aktuator guna memanipulasi proses agar menghasilkan output sesuai dengan set point.

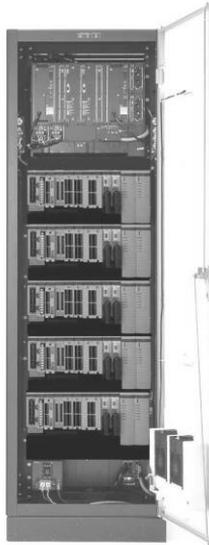
Kondisi Set Point \neq Measurement Variable adalah Error

Untuk memperbaiki error, kontroler melakukan perhitungan dengan cara pengontrolan memberikan Proposional Integral atau derivatif perhitungan ini bisanya digunakan bagi sistem yang continous dan sangat sensitif sehingga error bisa dihilangkan dengan cepat dan baik. Selain menggunakan PID ada juga sistem pengontrolan sederhana untuk yaitu dengan ON-OFF control yaitu hanya untuk pengontrolan yang tidak continous atau biasanya digunakan untuk pengontrolan sistem digital.

Berikut ini adalah contoh salah satu gambar komponen kontroler pada sistem DCS Yokogawa.



Gambar 5.18. Perangkat Kendali DCS Yokogawa

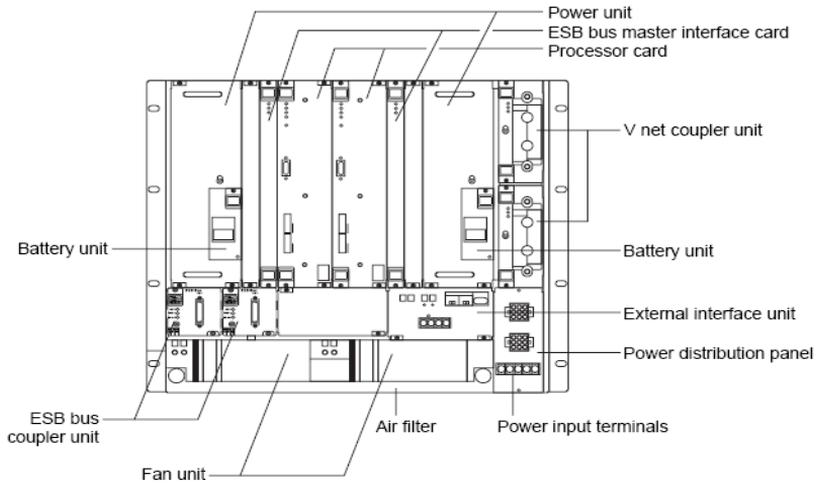


Gambar 5.19. Perangkat Kendali FCS (DCS Yokogawa)

Kontroller pada sistem kendali terdistribusi mempunyai bentuk dan fungsi yang mirip dengan komputer yang terdiri atas berbagai elemen diantaranya yaitu

- Power Suplay
- Baterai di FCU
- Control Bus
- RIO Bus
- Kipas
- Node Interface Unit
- I/O
- FCU
- DII

Berikut ini merupakan bagian-bagian yang terdapat pada kontroller sistem kendali terdistribusi.



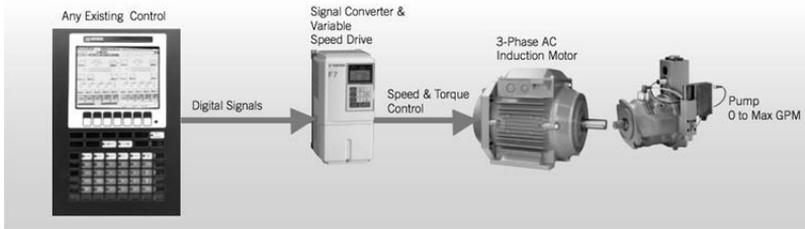
Gambar 5.20. Perangkat Kendali FCS (DCS Yokogawa)

C. Aktuator

Aktuator adalah alat yang berfungsi sebagai alat aktualisasi untuk melakukan koreksi yang terjadi dari error yang terjadi pada saat pengukuran yang dimana actuator ini menerima signal controler untuk memperbaiki error yang terjadi. Salah satu contoh actuator adalah control valve untuk analog kontrol dan motor kontrol untuk digital control.



Gambar 5.21. Control Valve



Gambar 5.22. Kendali Motor dengan VSD (*Variabel Speed Drive*)

D. Human Machine Interface

Human Machine Interface (HMI) adalah sebuah antar muka yang menghubungkan antara manusia dengan mesin. Manusia pada sistem DCS yaitu engineer yang merancang sistem DCS dan operator yang bertugas untuk mengoperasikan sistem kendali terdistribusi. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi proses yang dikontrol yang menampilkan graphic view, status dan informasi-informasi lainnya secara real time.

HMI merupakan pusat yang digunakan untuk operasi dan pengawasan/monitoring, yang ditampilkan dalam proses berkelanjutan/bervariasi, parameter-parameter kendali, pencatatan alarm yang digunakan untuk menangani secara cepat pengoperasian dari pada status di lapangan/plant. HMI juga dapat digunakan sebagai penghubung antara operator untuk dapat mengambil/mengamati data tren/grafik, pesan, dan data proses.

Operator station sebagai suatu alat komunikasi antara operator dan teknisi pada sistem DCS atau bisa juga disebut *console*. Operator station ada 2 macam, yaitu operator station untuk operasional kerja yang harus online pada jaringan DCS dan Engineering Station yang berfungsi untuk proses maintenance pada sistem DCS sehingga bisa membuat sebuah data base atau PC Program tidak secara ON line.

Pada Operator Station harus dilaksanakan *backup* hal ini untuk mencegah terjadi kehilangan data pada sistem DCS di console tersebut dan restore bila diperlukan. Untuk lebih jelas dapat dilihat fungsinya pada gambar 5.23.



Gambar 5.23. Operation System

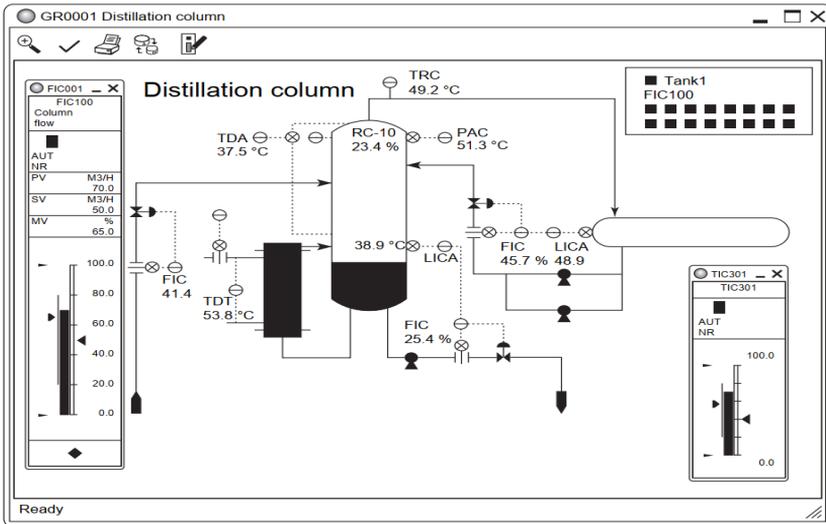
Operasi dan pengamatan proses melalui layar monitor (display) pada DCS dapat dibagi menjadi beberapa bagian yaitu

- Graphic window
- Tuning window
- Trend window
- Process alarm window
- Operator guide window
- Message monitoring window
- Trends
- Historian

Graphical View

Objek grafik menampilkan gambar yang sesuai dengan status yang ada di area produksi/plant. Tampilan graphic akan ditampilkan pada layar monitor yang intuitif dan pengamatan lingkungan sekitar. DCS mampu dapat menampilkan beberapa

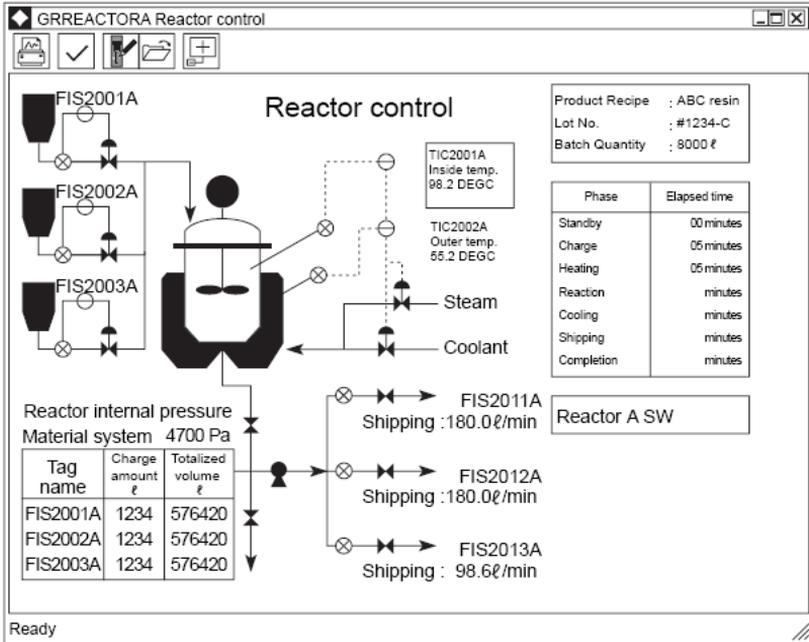
macam window dari graphic window. Berikut ini adalah beberapa contoh tampilan dari graphical view dari beberapa DCS.



Gambar 5.24. Contoh Graphical View pada DCS

a. Graphic Objects

Objek grafik akan menampilkan gambar yang sesuai dengan status yang ada di area produksi/plant. DCS memberikan tampilan objek grafik yang intuitif sehingga operator mampu melakukan pengamatan kondisi field dari control room. Dari menu ini, operator juga dapat memanggil beberapa window dari graphic window.

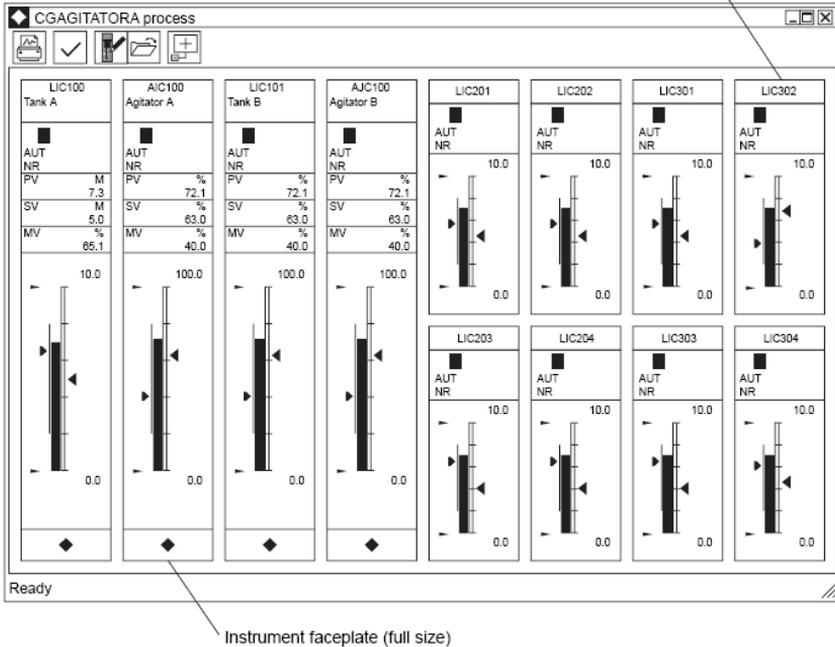


Gambar 5.25. Graphic Window (Graphic Object)

b. Control Objects

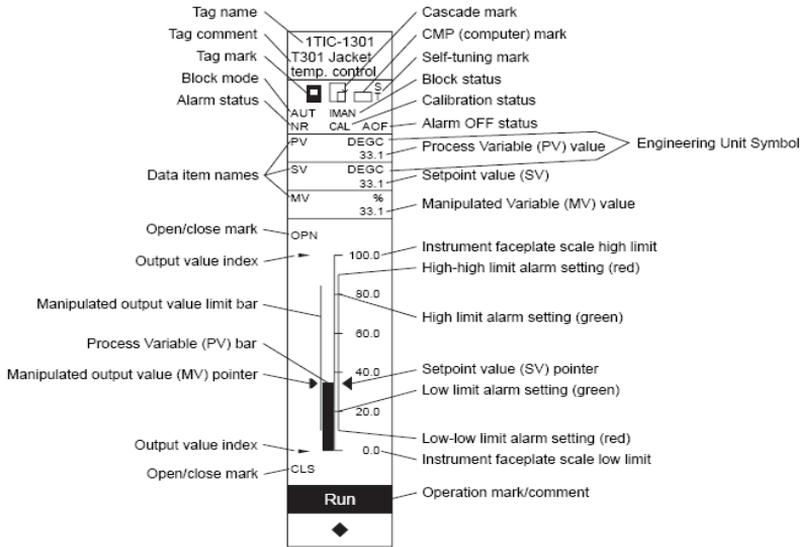
Kontrol objek merupakan salah satu fitur pada DCS yang berfungsi untuk memudahkan operator dalam melakukan monitoring dan pengendalian proses. Kontrol objek pada DCS umumnya berbentuk faceplate yang dapat menampilkan status function block, dan dapat digunakan untuk mengamati dan mengoperasikan function block. Faceplate dapat disajikan dalam berbagai ukuran sesuai dengan kebutuhan pengguna. Berikut ini adalah contoh kontrol objek dalam bentuk faceplate.

Instrument faceplate (half height)

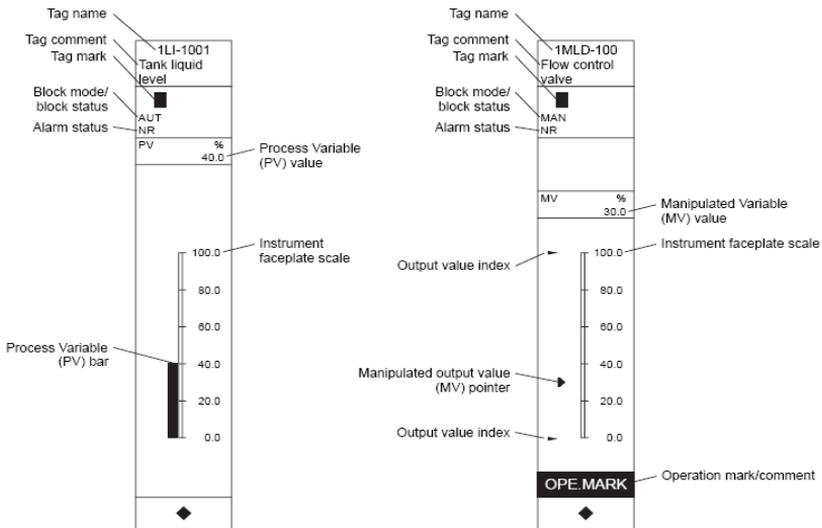


Gambar 5.26. Graphic Window (Control Object)

Secara detail, sebuah kontrol objek (faceplate) terdiri atas beberapa bagian yang dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 5.27. Control Object Faceplate

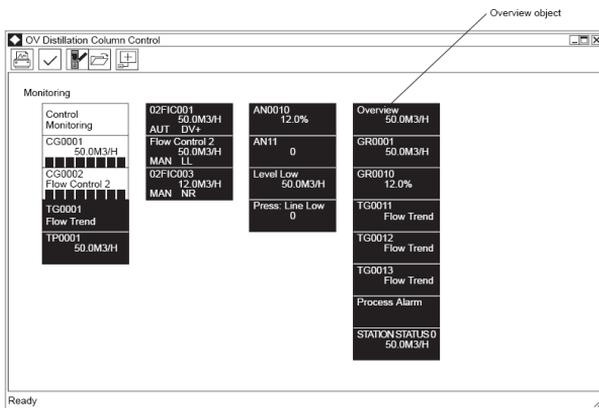


Gambar 5.28. Present Value Input Indicator

c. Overview Object

Overview object merupakan fitur dari HMI pada sistem DCS yang berfungsi untuk memberikan tampilan suatu group dari status alarm. Overview berada pada posisi terdepan dari area produksi secara keseluruhan, dan dapat digunakan untuk memanggil window yang terkait, sehingga dapat digunakan sebagai menu yang memberikan akses keseluruhan area produksi.

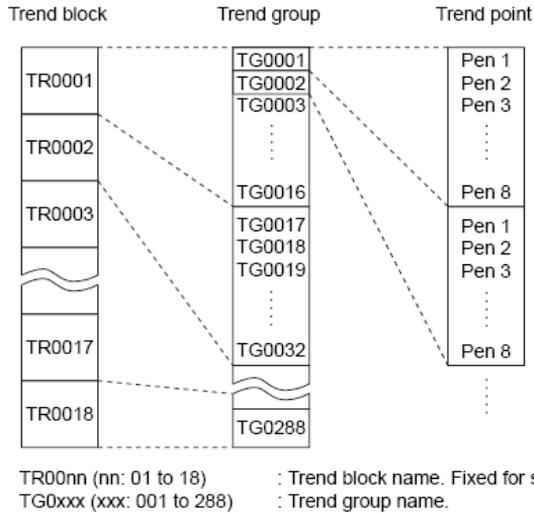
Berikut ini adalah salah satu contoh dari Overview Object.



Gambar 5.29. Overview Object

d. Trend Function

Salah satu kelebihan dari DCS yaitu adanya fungsi tren yang dapat mencatat data proses secara realtime, mengamati dan menampilkannya dalam bentuk tren berupa grafik. Untuk mengambil dan mengeluarkan trend, data harus diuraikan sesuai dengan keinginan yang ingin ditampilkan dan dipilih juga tipe-tipe dari trend tersebut, pengecekan/scanning interval dan jangka waktu secara keseluruhan dalam perekaman. Data yang dapat dimasukkan di dalam trend "block" sebanyak 128 item. Data tersebut dapat disimpan pada sebuah alat penyimpanan file seperti hardisk, sehingga dapat ditampilkan dan diperlihatkan.



Gambar 5.30. Hierarki Fungsi Tren

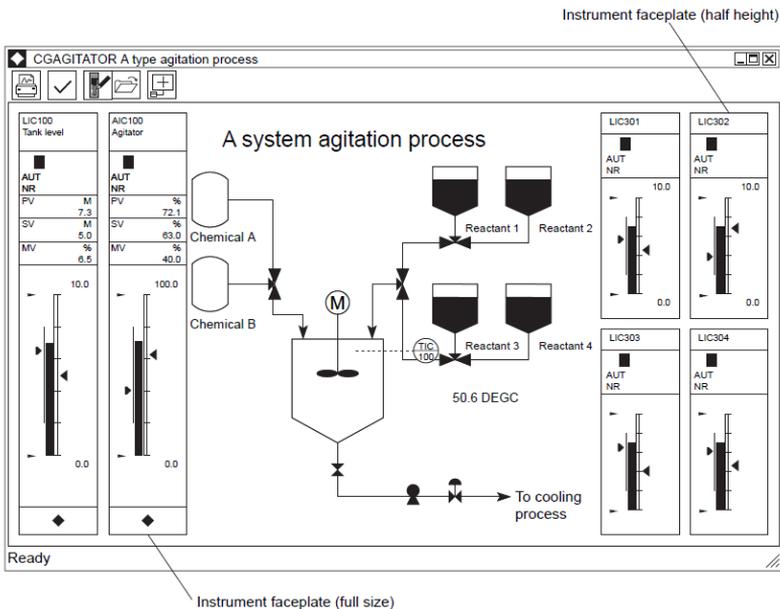
Data yang didapatkan dari fungsi trend akan digunakan untuk membuat data akhir. Pada proses terakhir disertakan dengan perhitungan dari keseluruhan dan nilai rata-rata, maksimum pada waktu terjadinya, dan minimum pada waktu terjadinya. Data ini cocok digunakan untuk proses statistik dengan menggunakan OPC sebagai penghubung, sehingga data ini dapat dibaca sampai pada data penyebaran atau perbedaan atau juga kesamaan ruang lingkup generasinya.

Tuning trend terdapat dalam tuning window. Tuning trend mulai melakukan proses kalkulasi ketika tuning window ditampilkan, dan berhenti jika keluaran dari window. Dalam hal ini bisa digunakan dalam membuat fungsi cadangan dengan proses perekaman secara berkelanjutan setelah dikeluarkan dari window. Data rekamam tersebut (yang berkelanjutan) akan ditampilkan pada waktu selanjutnya saat membuka window lagi. Selain itu dapat digunakan juga mengubah data trend graphic. Spesifikasi dari tuning trend seperti tabel di bawah ini.

Tabel 5.1. *Tuning Specification*

Item	Spesifikasi
data yang direkam	PV (CPV), SV, MV, FV, SW
waktu eksekusi	1 sec
jangka waktu perekaman	48 menit (2880 contoh)
nomor yang dibutuhkan / poin	berdasarkan pengaturan pada tampilan layar window
tipe perekaman	<i>continuous (continuous-rotary)</i>
fungsi perekaman	16 titik/item/poin

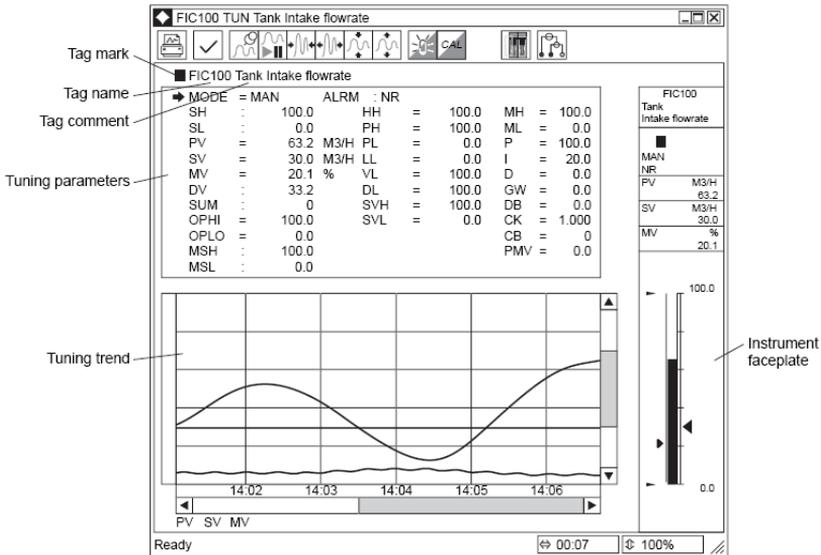
- e. Multi-function Graphic
 Multi-function Graphic dapat digunakan untuk membuat suatu garfik window dengan isi graphic object, instrument faceplate, dan overview object.



Gambar 5.31. Multifunction Graphic

f. Tuning Windows

Tuning windows menampilkan semua parameter-parameter yang dapat diatur dan diubah dari sebuah instrumen, ditambah sebuah tampilan trend. Dapat juga digunakan untuk mengubah waktu dan skala dari data dalam suatu proses. Contoh daripada tuning dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.32. Tuning Windows

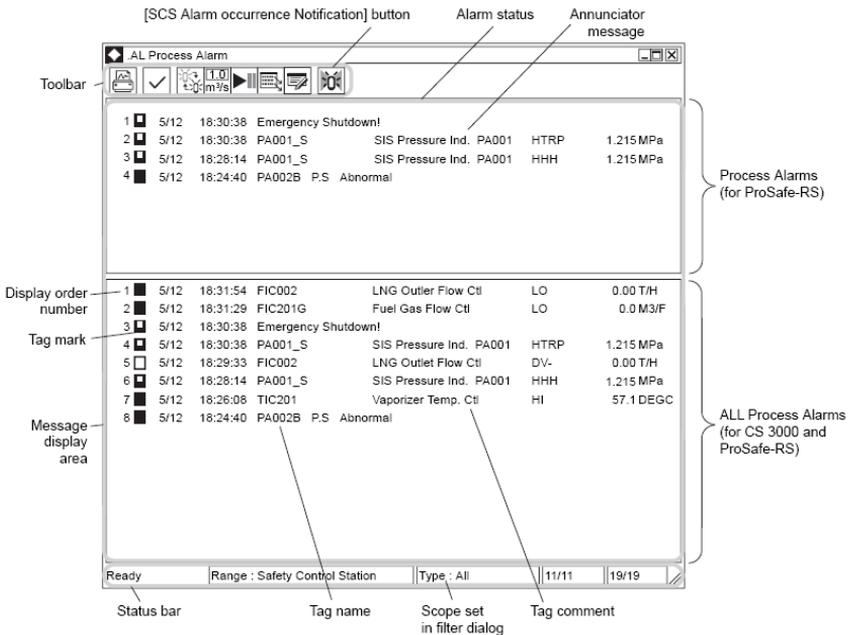
g. Process Alarm Window

Process alarm windows menampilkan pesan yang berkelanjutan dalam suatu proses atau ketidaknormalan dari suatu sistem serta alarm (HI/LO alarm) yang di-setting pada suatu proses. Dengan menggunakan tombol pada toolbar, dapat ditampilkan atau tidak pada status alarm apakah priority level (*high priority, medium priority, low priority*).

Selain itu dapat juga mencari suatu even/kejadian pada Field Control Station (FCS) atau mencari status dari sebuah tag name. Perlu diketahui dan tidak diketahui bahwa pesan serta

alarm dapat berbeda, serta window dapat menampilkannya. Sebuah sistem dapat dikonfigurasi pada salah satu pengetahuan alarm tersendiri atau pengetahuan semua dalam satu tampilan.

Berikut gambar proses alarm windows.

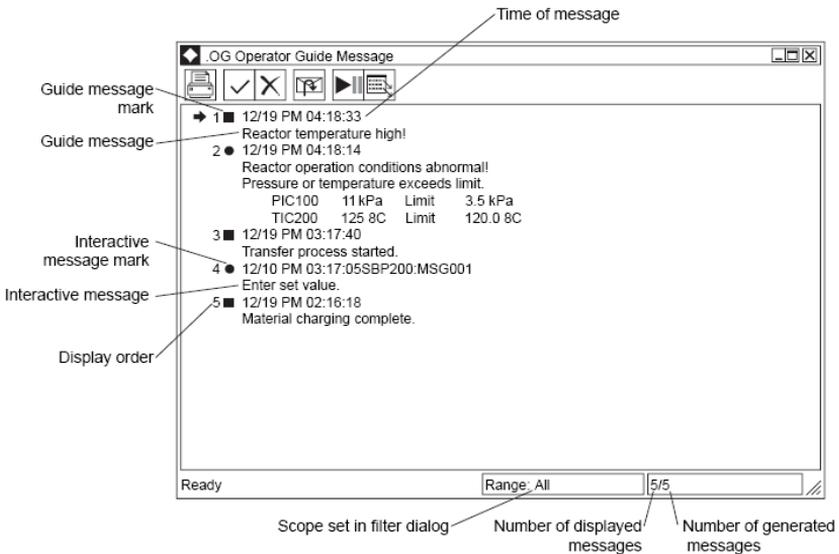


Gambar 5.33. Process Alarm Window

h. Operator Guide Window

Tampilan operator guide window berupa pesan panduan bagi operator dalam melakukan apa yang harus dikerjakan. Hal ini hampir sama dengan proses peringatan baru dan tidak diketahuinya panduan untuk operator berupa tanda berkedip yang dapat dilihat pada sistem pesan window. Dapat juga digunakan untuk mencari proses alarm pada operator guide message dengan nama FCS atau tag name yang ada.

Operator guide window dapat menampilkan status produksi atau perintah kepada operator untuk memasukkan data atau mengonfirmasi dalam melakukan tindakan. Contoh operator guide window dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 5.34. Operator Guide Window

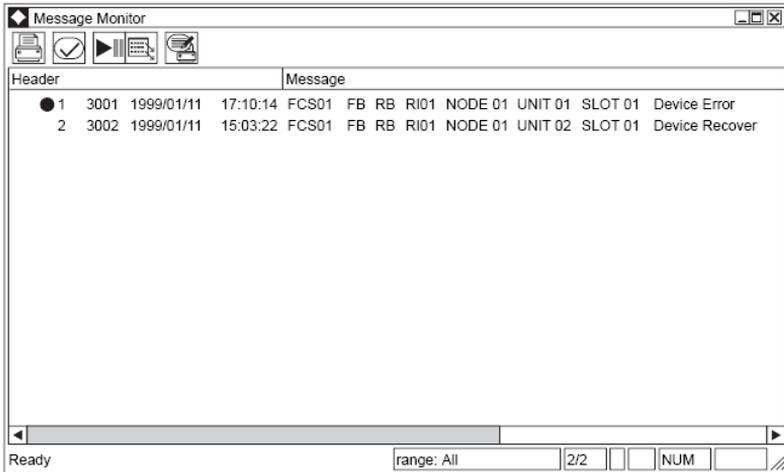
i. Message Monitoring Window

Tampilan message monitoring window menampilkan kejadian yang berulang. Dapat juga dilakukan pengelompokkan dari tipe pesan (seperti sequence message, operational record message, dan fieldbus message), untuk dapat diperoleh dan ditampilkan dengan pengaturan sesuai keinginan, pengecekan pesan pada waktu yang tepat/cepat.

Message monitoring window akan menampilkan pesan yang terbaru untuk pertama kalinya pada urutan pertama. Dapat juga diatur menurut spesifikasi dari nomor pesan yang akan tersimpan pada kotak message registration.

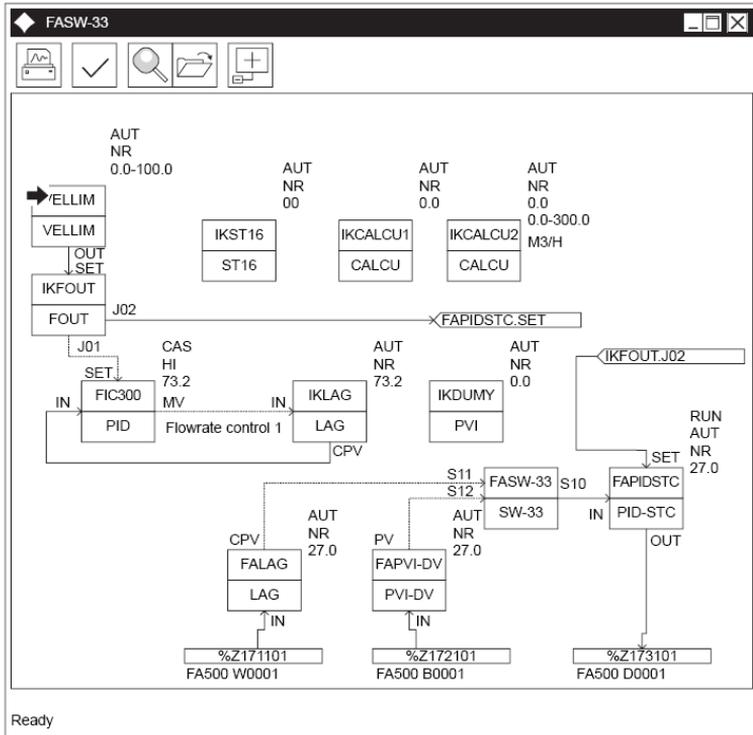
Ketika nomor tersebut diakses pesan lama yang sudah ada, pesan yang diketahui akan dihapus. Jika pesan belum diketahui, yang lama juga tidak diketahui juga akan dihapus.

Untuk gambar message monitoring window dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.35. Monitoring Window

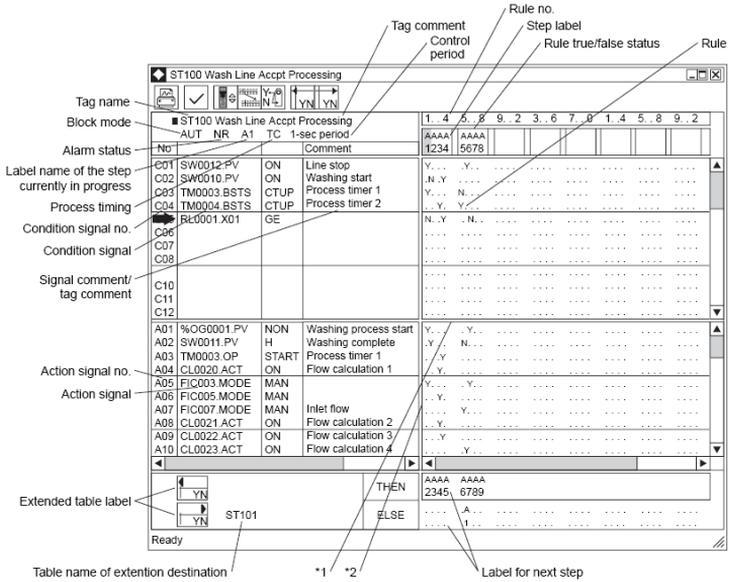
- j. Control Status Display Window
- Tampilan pada HMI sebuah DCS juga dilengkapi dengan control status display window yang dilengkapi dengan kode warna dari status pada fungsi kontrol. Dalam kontrol status window terdapat control drawing window yang memberikan tampilan interaktif dari status kontrol pada sebuah control drawing. Control drawing window menyediakan gambar dari nilai data dan status alarm yang terkait untuk memilih control loop. Data pada kontrol status selalu diperbaharui secara berkelanjutan. Contoh dari control drawing window dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.36. Control Drawing Window

k. Sequence table window

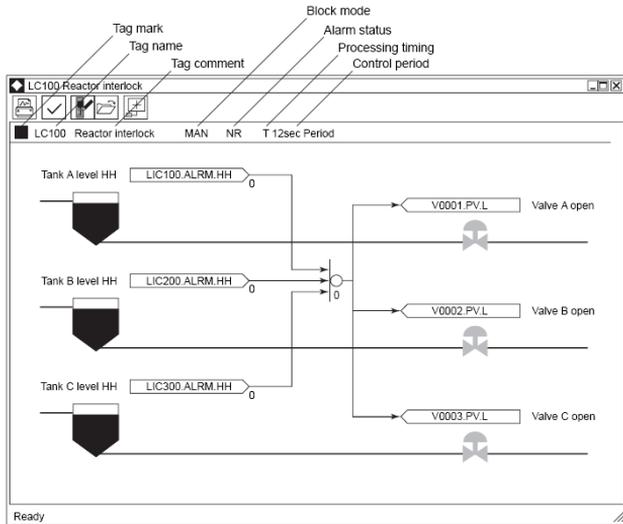
Fitur sequence control pada DCS dapat ditampilkan pada sequence table window. Fitur ini menampilkan tampilan spesifik dari suatu status yang berkelanjutan didalam blok sequence table. Sequence table mendeteksi setiap perintah perbaris status benar/salah, (ya/tidak) dan perubahan yang berkelanjutan untuk diproses dan ditampilkan. Berikut ini adalah contoh gambar dari sequence table.



Gambar 5.37. Sequence Table

1. Logic chart window

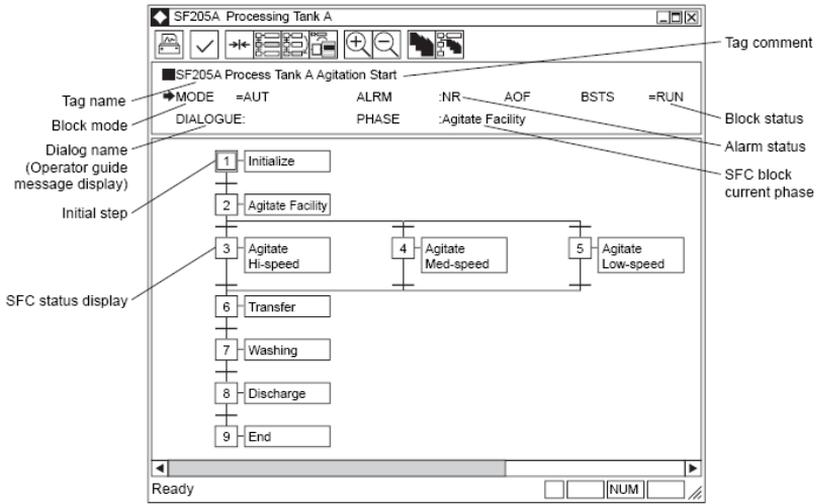
Logic chart window berguna untuk menampilkan logika blok chart yang lebih detail yang dilengkapi dengan status, logika benar/salah, dan control lain yang berkelanjutan sehingga dapat diamati atau dimonitor. Berikut ini contoh tampilan logic chart window pada sistem DCS;



Gambar 5.38. Logic Chart Window

SFC Window

Window SFC akan menampilkan status blok SFC. Melalui window ini, dapat dipanggil fungsi kontrol dengan langkah-langkah tiap tahap, dan dari status yang tertunda akan meloncat ke step yang lain. Gambar tampilan SFC window dapat dilihat pad gambar berikut.



Gambar 5.39. SFC Window

Pada HMI biasanya terdapat software yang memproses data dari kontroler sehingga bisa ditampilkan pada layar monitor. Dalam perancangan sebuah sistem pengolahan data dari kontroler dibutuhkan beberapa fungsi untuk mempermudah membangun sistem yang diinginkan. Berikut beberapa fasilitas yang dimiliki oleh software DCS yang digunakan dalam proses perancangan sebuah sistem.

a. Function Block

Function block merupakan unit dasar dalam melakukan kontrol dan proses. Fungsi yang dapat dilakukan meliputi perhitungan, kendali kontinyu (berkelanjutan), kontrol berurutan (*sequentable dan logic chart*) dan perhitungan aritmatika yang dilakukan oleh *function block*.

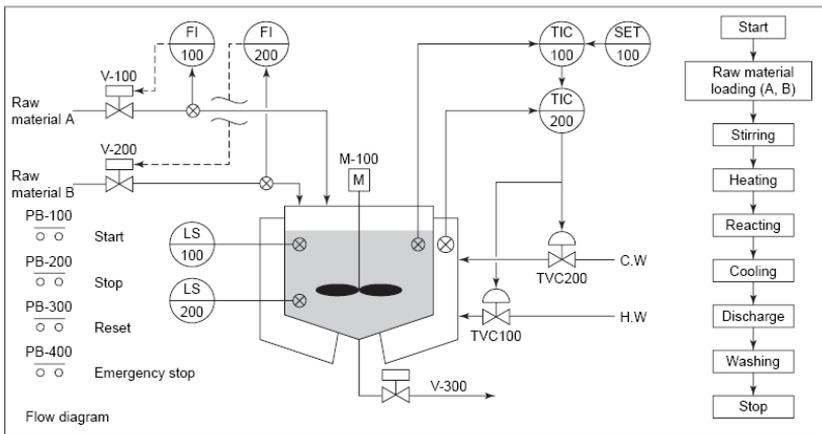
Blok *control* yang berkelanjutan, blok perhitungan dan blok *control* yang berurutan bisa dihubungkan dengan cara yang sama untuk instrument diagram alir konvensional.

b. Control Drawing

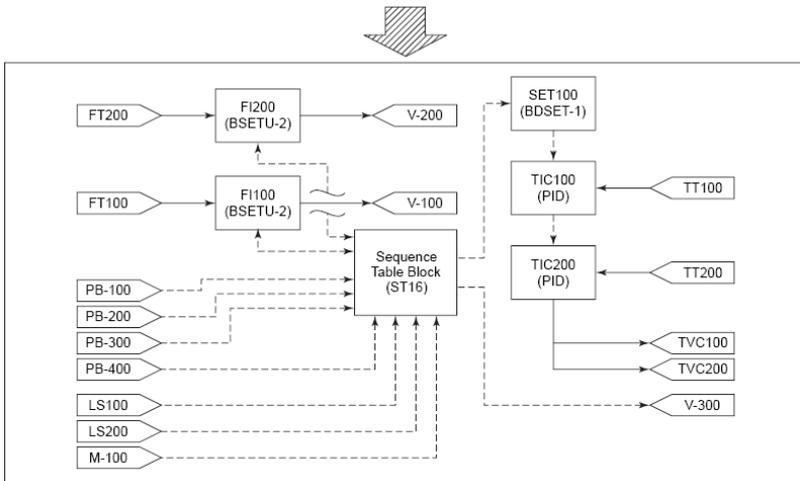
Control drawing terdiri atas dua buah atau lebih *control* yang menggambarkan sebuah fungsi pengendalian yang memudahkan dalam melakukan proses *engineering* dan *maintenance*. *Control drawing* mempermudah proses penampilan *status group* yang terkait dengan sebuah *device* untuk pengamatan terhadap *device* tersebut.

- Control drawing dapat dipadukan dengan control kontinyu (berkelanjutan) dan berurutan.
- Bebas aliran signal diantara *control drawing*.

Fungsi blok signal I/O yang memperpanjang ukuran keluaran *control drawing* ke *control drawing* yang lain. Fungsinya sama dengan signal di antara fungsi blok pada sebuah *control drawing*.



Gambar 5.40. Reactor Proses Flow Diagram



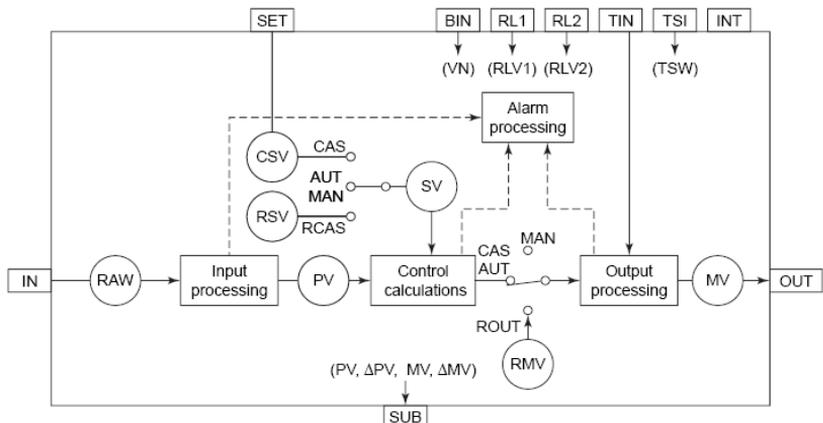
Gambar 5.41. Contoh Control Drawing

c. Regulatory Control Function

Regulatory Control ini berfungsi untuk mendukung proses yang berkelanjutan dengan kontrol umpan balik. Fungsi blok ini salah satunya mendukung proses berkelanjutan yang disediakan. Banyak proses industri yang berlangsung secara kontinyu (terus-menerus) yang dapat dikendalikan dengan Regulatory Control Function.

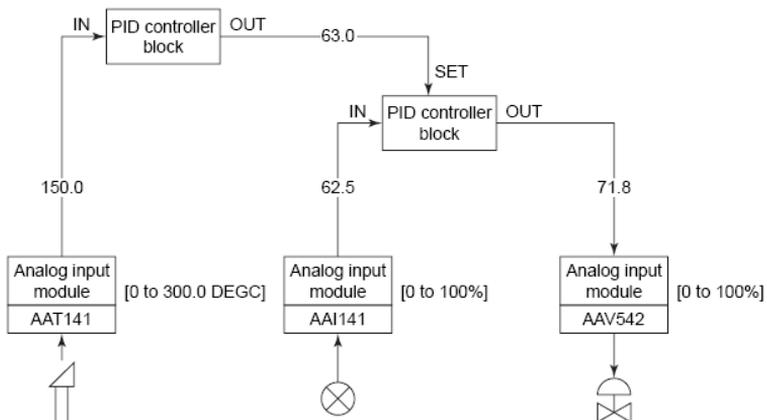
d. Regulatory Control Block

Kontrol blok ini digunakan untuk pengendalian analog yang berkelanjutan dalam suatu unsur-unsur proses. Beberapa fungsi *control regulator* dapat dilihat pada blog diagram di bawah ini. Pada penanaman blok yang berada di luar *function block* difungsikan sebagai terminal I/O.



Gambar 5.42. Aliran Sinyal pada Regulatory Control Block

Untuk *block control regulatory*, variabel proses input, *cascade set point*, manipulasi *variable* keluaran seperti *input* dan *output* ke/dari *block* secara tepat antara 0 sampai dengan 100% yang diilustrasikan pada gambar berikut. Sebagai contoh adalah pembacaan peralatan pengukur temperatur seperti *thermocouple* dan *RTD temperature data* pada *unit temperature*.



Gambar 5.43. Block PID Controller

e. Sequence Control Function

Sequence control function merupakan salah satu fitur DCS yang dapat melakukan pengendalian secara berurutan. Banyak proses produksi di industri dilakukan dengan urutan-urutan tertentu. Dengan adanya fungsi *sequence control*, beberapa tingkatan *control* dalam suatu *control* berurutan yang mempunyai keadaan tetap dapat dikendalikan dengan mudah dan cepat.

Tipe-tipe dari *sequence control*

- Kontrol program (tipe multi phase)
Melakukan pengendalian proses dengan mencocokkan kepada program yang diketahui.
- Kontrol sementara (supervisory type)
Mengamati suatu proses dan melakukan kendali kondisional (bersyarat).

Metode pembacaan dari Sequence control

Pembacaan kontrol secara berurutan dapat dilakukan dengan membuat program kendali berkelanjutan untuk berjalan dalam kontroler menggunakan *sequence table*, *sequence flow chart (SFC)*, dan *logic chart*. Hubungan antara blok *sequence control* dengan blok fungsi yang lain, proses I/O dan *software I/O* yang digambarkan memperlihatkan bagaimana *blok sequence control* berhubungan dengan *function block* yang lain, proses I/O, dan *software I/O*.

Sequence table block

Blok *sequence table* merupakan tabel format keputusan dengan sinyal *logic input* dan sinyal *logic output* yang ditulis dengan simbol Y/N. Hal ini dapat terhubung langsung dengan *function block* yang lain, dan bisa digunakan untuk membuat pengamatan yang

berurutan atau perubahan dalam setiap tahap yang berurutan.

Seperti pada Gambar 5.44 yang merupakan contoh tampilan dari sequence table block. Di bawah ini merupakan *sequence table bloc*.

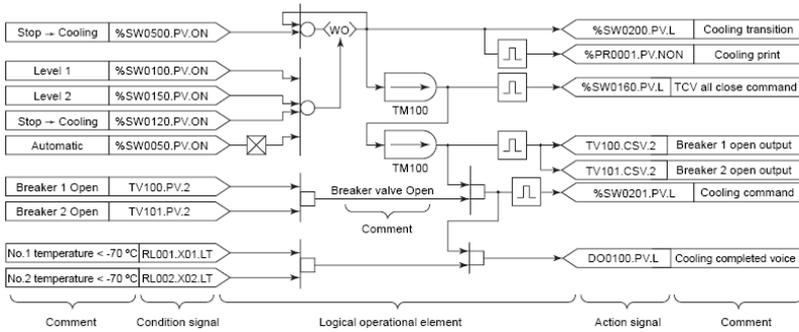
Symbol	Rule number	01	02	03	04	05	06	Step name
	Step label	A1		A2			A3	
Comment								
PB001.PV.ON	Start button	Y		Y				Condition
SWA.PV.ON	Switch A (Level HI)	N	Y	Y				
SWB.PV.ON	Switch B (Level LO)	Y			Y			
								Action
VLVA.PV.H	Valve A	Y	N					
VLVB.PV.H	Valve B			Y	N			
Step label to move to	THEN		A2		A1			Next step name
	ELSE							

Step A1
Step A2

Gambar 5.44. Sequence Table Block

f. Logic Chart

Logic chart terdiri atas blok fungsi dari tipe-tipe *block diagram* yang saling terkait, salah satunya diuraikan atau dibedakan antara sinyal *input* (sinyal kondisi) dan sinyal *output* (sinyal aksi) dengan element operasi logika. Fungsi utama logic chart adalah untuk mengendalikan suatu hubungan yang terkait secara berurutan. Gambar *logic chart* dapat dilihat pada pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.45. Monitoring Window

g. Switch instrument Block

Fungsi blok *switch instrument* yaitu untuk mengawasi atau melihat, kondisi motor dan control valve pada saat *starting* dan atau *stopping*. Selain itu, blok ini berfungsi untuk mengawasi proses pembukaan dan penutupan atau pensaklaran *on/off valve*. Proses pensaklaran aktuator pada sistem DCS dapat dengan mudah ditangani dengan *block sequence table* atau *blok logic chart*.

h. Sequence element Block

Blok *sequence element* merupakan fungsi untuk mendukung kendali proses-proses yang berlangsung secara berurutan. Blok ini dilengkapi dengan *timer*, *counter* dan blok *code conversion*, yang terpenting adalah digunakannya dalam proses Open sinyal I/O yang berurutan.

i. Valve Monitoring Block

Blok *valve monitoring* digunakan untuk mengamati status *on/off* pada *valve* dan untuk membandingkan sinyal output yang termanipulasi dengan sinyal respon dari *valve*.

j. Fungsi Blok SFC

Fungsi dari blok SFC adalah digunakan untuk melaksanakan aplikasi program cepat pada *Sequential Function Chart (SFCs)*. Selain itu SFC blok digunakan untuk kendali berurutan yang mempunyai ukuran besar dan *Control Instrument*. Kemajuan tahap manajemen (status tampilan) sangat mudah. Ketika program SFC dibuat, tingkatan salah satu program terlihat pada sebuah group dari aksi. Salah satu tingkatan tersebut dari SFC yang terdapat dalam sebuah *sequence table* atau program *SEBOL*.

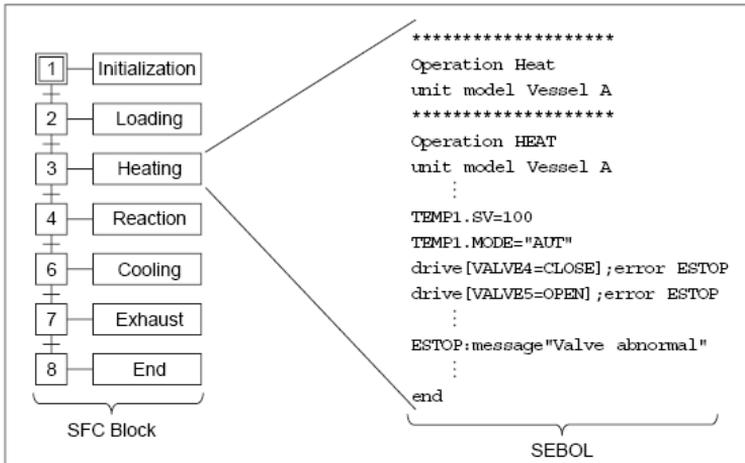
k. Fungsi SEBOL

SEBOL (*Sequence and Batch oriented language*) digunakan untuk menulis aplikasi program, *Input/Output* dari *function block* lain (*control block* yang berkelanjutan, *sequence control block*, dan *calculation block*, dan lainnya), data proses I/O yang benar, dan data I/O dapat digunakan ke blok SEBOL, serta menghitung output yang dikembalikan ke *function block*. Program SEBOL dapat ditangani oleh orang yang ahli dalam proses yang berkelanjutan tanpa ada suatu kesulitan.

Aplikasi dari program SEBOL

- Dalam proses lebih dari satu tahap yang dengan jalan secara bersamaan.
- Dalam membangun instrumen yang salah satunya terkombinasi dan dapat ditangani oleh *sequence control* serta perhitungan logika.
- Dalam komunikasi dengan subsistem seperti halnya secara berurutan.
- Untuk menggabungkan proses berurutan pada data proses.
- Untuk membuat aplikasi gabungan dengan fungsi kerja tersebut yang tidak dapat ditangani oleh *function block*

standart.



Gambar 5.46. SFC Block and SEBOL

l. Calculation Function

Fungsi *Calculation* merupakan salah satu fitur pada DCS yang berfungsi untuk mengolah proses-proses yang bekerja berdasar perhitungan aritmatika. Fungsi ini dapat mengolah sinyal analog dan contoh sinyal yang digunakan dalam fungsi *sequence control* dan *sequence control function*. Berikut 5 buah tipe *calculation block* yang mendukung.

- *Arithmetic calculation block*
 Blok *arithmetic calculation* menangani nomor yang tetap pada *input* dan *output* dan menggunakan sebuah algoritma yang tetap untuk mengerjakan kalkulasi aritmatika.
- *Analog Calculation Block*
 Blok *analog calculation* pada dasarnya digunakan untuk memodifikasi karakteristik dari

area produksi dan dapat ditangani proses sinyal I/O analog yang bagus dari function block yang lain.

- *Logic operation Block*
Blok *logic operation* menangani sebuah nomor yang tetap pada poin *input* dan *output* (*contact* dan *signal relay*, dan *internal switch*) dan menggunakan sebuah algoritma tetap untuk melakukan sebuah operasi logika.
- *General-purpose Calculation Block*
Blok *general-purpose calculation* menangani sebuah nomor yang tetap pada poin *input* dan *output*, serta digunakannya sebuah algoritma yang terdefinisi untuk melakukan kalkulasi *general purpose*.
- *Auxiliary block*
Block *auxiliary* digunakan untuk melakukan kalkulasi kendali Bantu.

m. Face Block Function

Fungsi yang lebih dari satu block ini mewakili satu tag, serta *faceplate block function* diuraikan seperti di bawah ini;

- *Analog faceplate Block*
Blok *control loop* yang lebih dari satu yang terwakili oleh *single tag* (*faceplate*). Pada *analog faceplate* digunakan untuk mengamati dan mengendalikan aplikasi kendali yang berkelanjutan.
- *Sequence faceplate block*
Blok *sequence faceplate* digunakan untuk menampilkan urutan tahapan yang sedang berlangsung dan mengoperasikan proses yang berurutan dengan menggunakan *push button*.

- *Hybrid faceplate Block*
Blok ini merupakan kombinasi dari fungsi blok *analog faceplate* dan blok *sequence faceplate*.

n. Daftar dari function Block

Block Regulatory Control

Block Regulatory Control melakukan perhitungan menggunakan nilai proses analog untuk *control process* dan pengamatan. Tabel dari daftar *regulatory control block*.

Tabel 5.2. *Regulatory Control Block List*

Block Type	Model	Name
Input indikator	PVI	input indikator block
	PVI-DV	input indikator block with deviation alarm
Controller	PID	PID controler block
	PI-HLD	sampling PI controller block
	PID-BSW	PID controler block with batch switch
	ONOFF	two position ON/OFF controller block
	ONOFF-G	three-postion ON/OFF controller block
	PID-TP	time-proportioning ON/OFF controller block
	PD-MR	PD controller block with manual reset
	PI-BLEND	Blending PI Controller block
	PID-STC	Self Tuning PID Controller block
	Manual loader	MLD
MLD-PVI		manual Loader block with input indikator
MLD-SW		manual Loader block with auto/man SW
MC-2		Two position motor control block
MC-3		Three-postion motor control block
Signal setter	RATIO	Ratio set block
	PG-L13	13-zone program set block
	BSETU-2	Flow tatalizing batch set block
	BSETU-3	Wight-totalizing batch set block
Signal limiter	VELLM	velocity limiter block

Block Type	Model	Name
Signal selector	SS-H/M/L	signal selector block
	AS-H/M/L	auto selector block
	SS-DUAL	Dual redundant signal selector block
Signal distributor	FOUT	Cascade Signal distribution block
	FFSUM	Feedforward Signal Summing Block
	XCPL	Non-Interface control output block
	SPLIT	Control Signal Seplitter block
Pulse Count Input	PTC	Pulse Count input block
YS Instrument	SLCD	YS controller Block
	SLPC	YS programming controller block
	SLMC	YS programable controlle block pulse-width output
	SMST-111	YS manual station Block with SV output
	SMST-121	YS manual station block with MV output lever
	SMRT	YS ratio set station block
	SBSD	YS batch set station block
	SLCC	YS belding controller block
	SLBC	YS batch controller block
	STLD	YS totalizer block
Fondation Fieldbus Faceplate Bolck	FF-AI	Fondation Fieldbus analog input block
	FF-DI	Fondation fieldbus discrete input block
	FF-CS	Fondation fieldbus control selector block
	FF-PID	Fondation Fieldbus PID control block
	FF-RA	Fondation Fieldbus ratio block
	FF-AO	Fondation Fieldbus analog output block
	FF-DO	Fondation Fieldbus discrete output block
	FF-OS	Fondation Fieldbus output sepliter block
	FF-SC	Fondation Fieldbus signal characterizer block
	FF-IT	Fondation Fieldbus integrator (totalizer) block
	FF-IS	Fondation Fieldbus input selector block
	FF-MDI	Fondation Fieldbus multiple discrete input block
	FF-MDO	Fondation Fieldbus multiple discrete output block
	FF-MAI	Fondation Fieldbus multiple analog input block
	FF-MAO	Fondation Fieldbus multiple analog output block

Sequence Block

Sequence block melakukan perhitungan menggunakan nilai dari logika untuk pengontrolan perlengkapan *level sequence control*, seperti halnya *control interlock* dan *process monitoring sequence*. Tabel berikut merupakan daftar *sequence calculation block*.

Tabel 5.3. *Sequence Calculation Block List*

Block Type	Model	Name
Sequence table	ST16	Sequence table block. Total of 64 input and output signals and 32 rules
	M_ST16	Sequence table block (M-size) (cant be use in RFCS2). Total of 32-64 input and output signals and 32 rules
	L_ST16	Sequence table block (L-size) (cant be use in RFCS2). 64 input and 64 output signals and 32 rules
	ST16E	rule extension block
	M_ST16E	Rule extension block (for M_ST16) (cant be use in RFCS2)
	L_ST16E	Rule extension block (for L_ST16) (cant be use in RFCS2)
Logic chart	LC64	Logic Chart Block
SFC	_SFCSW	Three-position switch SFC block
	_SFCPB	Pushbutton SFC block
	_SFCAS	Analog SFC block
Switch Instrument	SI-1	switch instrument block with 1 input
	SI-2	switch instrument block with 2 input
	SO-1	switch instrument block with 1 input
	SO-2	switch instrument block with 2 input
	SIO-11	switch instrument block with 1 input and 1 output
	SIO-12	switch instrument block with 1 input and 2 output
	SIO-21	switch instrument block with 2 input and 1 output
	SIO-22	switch instrument block with 2 input and 2 output
	SIO-12P	switch instrument block with 1 input and 2 one-shot output

Block Type	Model	Name
	SIO-22P	switch instrument block with 2 input and 2 one-shot output
Sequence Element 1	TM	Timer
	CTS	Software counter block
	CTP	Pulse train input counter block
	CI	Code input block
	CO	code output block
Sequence element 2	ALM-R	Representative alarm block
	RL	Relational expression block
	RS	Resource scheduler block
	VLVM	Valve monitoring block

Calculation Block

Calculation block melakukan perhitungan sinyal *analog* dan sinyal *contact*. Berikut merupakan tabel daftar *calculation block*;

Tabel 5.4. *Calculation Block List*

Block Type	Model	Name
Arithmetic Calculation	ADD	Addition block
	MUL	Multiplication block
	DIV	devision block
	AVE	Averaging block
Analog Calculation	SQRT	Square root block
	EXP	Exponential block
	LAG	First-Order lag block
	INTEG	Integration block
	LD	Derivative block
	RAMP	ramp block
	LDLAG	lead/lag block
	DLAY	dead-time block
	DLAY-C	dead-time compreas
	AVE-M	Moving-average block
	AVE-C	Comulative-everage block
FUNC-VAR	Variable line-segment function block	

Block Type	Model	Name
	TPCFL	Temperature dan pressure correction block
	ASTM1	ASTM correction block; Old JIS
	ASTM2	ASTM correction block; New JIS
Logic Operation	AND	Logical AND block
	OR	Logical OR block
	NOT	Logical NOT block
	SRSI-S	Set-dominant flip-flop block with 1 output
	SRSI-R	Reset-dominant flip-flop block with 1 output
	SRS2-S	Set-dominant flip-flop block with 2 output
	SRS2-R	Reset-dominant flip-flop block with 2 output
	WOUT	Wipeout block
	OND	ON-delay timer block
	OFFD	OFF-delay timer block
	TON	One-shot block (rising-edge trigger)
	TOFF	One-shot block (falling-edge trigger)
	GT	Comparator block (greater than)
	GE	Comparator block (greater than or equal)
	EQ	Comparator block (equal)
General-purpose calculation	BAND	Bitwise AND block
	BOR	Bitwise OR block
Trend	BNOT	Bitwise NOT block
	CALCU	General purpose calculation block
Auxiliary	CALCU-C	General purpose calculation block with string I/O
	TR-SS	Snap-shot trend block
	SW-33	Three-pole three-position selector switch block
	SW-91	one-pole nine-position selector switch block
	DSW-16	selector switch block for 16 data
	DSW-16C	selector switch block for 16 string data
	DSET	Data set block
Batch Data	DSET-PVI	Data set block witch input indicator
	BDSET-1I	One-batch data set block
	BDSET-1C	One-Shot string data set block
	BDSET-2I	Two-batch data set block
	BDSET-2C	Two-batch string data set block
	BDA-L	Batch data acquisition block
	BDA-C	Batch string data acquisition block

Faceplate Block

Faceplate Block yang digunakan sebagai penghubung antara manusia dengan mesin sebagai perantara operator dalam mengoperasikan sebuah kelompok dari *function block* pada sebuah tag.

Tabel daftar *faceplate block*.

Tabel 5.5. *Faceplate Block List*

Block Type	Model	Name
Analog Faceplate	INDST2	Dual-pointer indikating station block
	INDST2S	Dual-pointer manual station block
	INDST3	Triple-pointer manual station block
Sequence faceplate	BSI	Batch status indikator block
	PBS5C	Extended 5-push-button switch block
	PBS10C	Extended 10-push-button switch block
Hybrid faceplate	HAS3C	Extended Hybrid manual station block

Selain HMI dalam suatu sistem DCS biasanya terdapat 1 atau lebih perangkat seperti HIS, akan tetapi mempunyai fasilitas yang lebih tinggi dalam pengolahan *system* pada DCS. Seperangkat PC ini disebut dengan *Engineering Work Station (EWS)* yang mempunyai *security level* lebih tinggi.

Engineering PC/Engineering Work Station (EWS) ini digunakan untuk melakukan modifikasi dari sistem yang sudah ada, juga untuk melakukan kegiatan *maintenance* dari sistem DCS Centum CS3000. Bentuk fisiknya sama seperti HIS, yang membedakan dengan HIS adalah *software* didalamnya. EWS dilengkapi dengan *Builder* sebagai *Window* tempat melakukan modifikasi. Selama pekerjaan *engineering* tidak dilakukan, EWS dapat berfungsi sebagai HIS dan EWS juga dapat melakukan simulasi/tes fungsi secara *virtual*.

BAB VI

FUNGSI KONTROL DCS

A. Pendahuluan

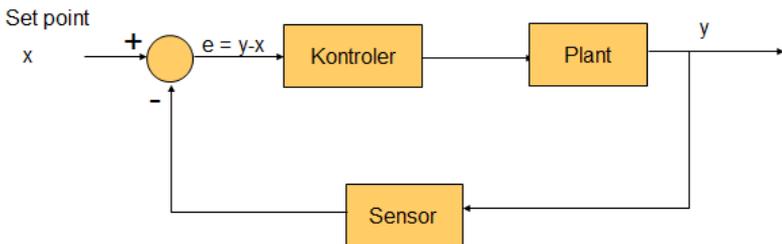
Sistem kontrol terdistribusi (DCS) pada dasarnya digunakan untuk mengendalikan proses di industri yang secara geografis letaknya terpisah dan pada umumnya proses berlangsung secara kontinyu. Proses produksi kontinyu artinya bahwa proses produksi ini berlangsung secara terus-menerus dalam waktu yang lama 24 jam sehari, 7 sehari seminggu. Proses produksi kontinyu dapat juga berlangsung, secara batch dimana proses akan berhenti jika proses produksi dalam batch berakhir. Industri makanan, minuman, obat seringkali menggunakan proses produksi secara batch.

Dalam proses kontrol ada beberapa strategi pengendalian yang pada umumnya mengacu pada kebutuhan di lapangan. DCS sebagai suatu sistem kontrol dapat berfungsi untuk berbagai macam fungsi kontrol yaitu; *control single loop*, *Control Cascade*, *Control Batch*, *Control Selektif*, dan *Control Ratio*.

B. Control Single Loop

Salah satu keunggulan DCS adalah kemampuan untuk mengendalikan sistem dengan lup tertutup. Dengan lup tertutup, output dapat dijamin akan dapat dikendalikan secara penuh sesuai dengan setpoint. Walaupun terdapat risiko masalah kestabilan, sistem kendali lup tertutup banyak digunakan di Industri karena dapat menjamin kualitas produk.

Pengontrolan yang dapat dilakukan oleh DCS bisa melakukan pengaturan untuk alat dalam satu rangkaian lup satu atau lebih. Single Loop adalah sistem kontrol yang melakukan pengaturan dimana dari hasil pengukuran langsung dikontrol dan hasil perhitungan dari koreksi error akan ditransfer ke aktuator sebagai umpan balik. Single loop ini bisa juga disebut juga sistem pengendalian feedback. Secara umum, sistem kontrol single loop dapat dilihat pada gambar blok diagram di bawah ini.

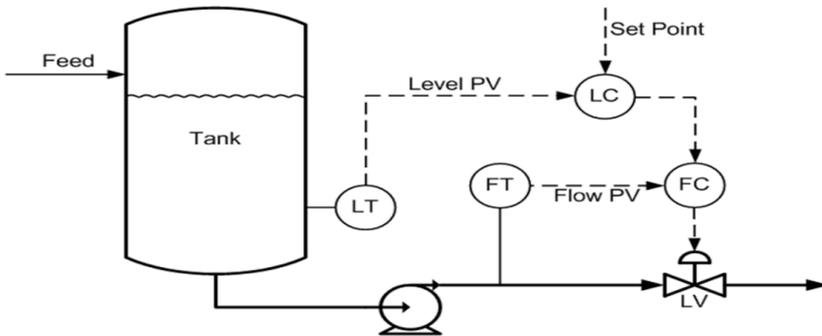


Gambar 6.1. Sistem Kendali *Single Loop*

C. Kontrol Cascade

Kontrol cascade atau control bertingkat adalah sistem pengendalian yang dapat dilakukan oleh sistem DCS dimana hal ini diperlukan pada suatu lup kontrol yang membutuhkan satu sistem pengontrolan yang bertingkat. Kebutuhan pengendalian proses di industri terkadang membutuhkan kontrol cascade karena tidak cukup dengan kontrol single loop. Dengan sistem kendali secara bertingkat, maka kompleksitas pengendalian akan semakin rumit dan memerlukan perencanaan yang matang.

Contoh proses kontrol cascade dapat dilihat pada gambar di bawah ini yaitu pengendalian level air yang dikontrol dari dua variabel, yaitu level dan flow. Variabel utama yaitu level yang diukur dari keluaran vessel dan dibandingkan dengan setpoint. Kontrol yang kedua yaitu flow yang digunakan untuk aksi kontrol berikutnya. Dengan dua variabel ini, sistem menjadi lebih kompleks karena terdapat dua lup.



Gambar 6.2. Sistem Kendali Cascade

Level controller (LC) menjadi kontroler utama (primary) sedangkan Flow Controller (FC) menjadi kontroler kedua (secondary). Kedua kontroler berpadu untuk menghasilkan aksi kontrol berupa pembukaan atau penutupan Control Valve agar level air pada tanki sesuai dengan setpoint.

Pengendalian cascade atau bertingkat ini sering juga disebut dengan pengendalian master dan slave dimana master bertindak sebagai pengontrol pertama sedangkan slave bertindak sebagai pengendali kedua yang mendapat signal input remote dari master loop. Berikut ini adalah contoh blok diagram suatu sistem control bertingkat dimana terdapat primary control sebagai pengontrol utama dan secondary control sebagai pengendali kedua.

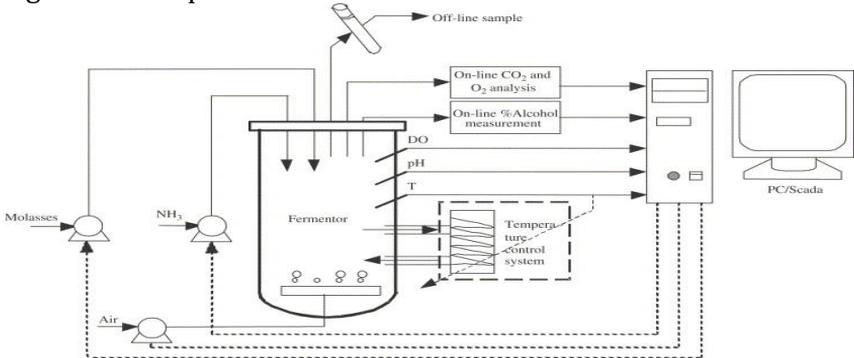
Kontrol kaskade digunakan jika dinamika proses relatif lambat (seperti level, suhu, komposisi, kelembapan) dan aliran cairan atau gas, atau proses lain yang relatif cepat. Kasus semacam ini dapat dimanipulasi untuk mengontrol proses yang lambat. Sebagai contoh mengubah laju aliran air pendingin untuk mengontrol tekanan kondensor (vakum). Mengubah laju aliran uap untuk mengontrol suhu outlet penukar panas. Dalam kedua kasus, loop kontrol aliran harus digunakan sebagai loop dalam pengaturan kaskade.

D. Kontrol Batch

Pengendalian sistem batch adalah sistem pengendalian yang terjadi karena proses operasinya mengalami shutdown dan start up secara berulang-ulang dengan hasil yang terbatas sesuai dengan pesanan dari konsumen. Contoh sistem produksi yang menerapkan sistem control batch adalah industri minuman. Dalam satu batch (satu produksi) biasanya dilakukan adonan terhadap minuman tertentu. Misalkan pabrik minuman Estella memproduksi 5 macam minuman dengan kemasan botol dengan rasa A, B, C, D, dan E. Untuk setiap rasa, proses produksinya akan berbeda. Untuk itu strategi proses kontrolnya menggunakan sistem kontrol tipe batch agar dihasilkan yang terbaik.

Sistem pengendalian batch pada DCS berfungsi menjaga agar kontrol tidak menjadi saturasi atau jenuh sehingga pada saat kontrol akan dijalankan kembali alat aktuatur bisa berada pada posisi stand by sesuai dengan kebutuhan produk yang akan dibuat.

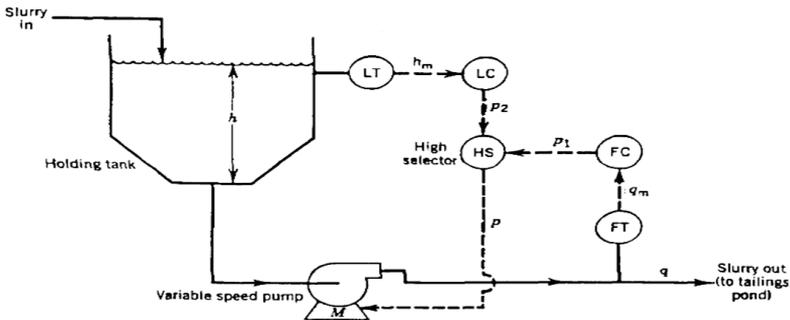
Penggunaan sistem batch pada DCS di *paper machine* adalah untuk menjaga alat kontrol bisa bekerja dengan baik apabila mesin stop untuk mengganti produk karena dengan sistem ini operator tinggal memasukkan set point yang ingin dicapai sesuai target produksi sistem langsung mereset SP dan memberikan signal koreksi pada aktuatur



Gambar 6.3. Sistem Kendali Batch

E. Kontrol Selektif

Pengendalian selektif adalah suatu sistem pengendalian dimana ada satu buah proses yang memiliki dua manipulated variabel (alat ukur) dengan hanya ada satu control variabel (actuator). Sistem kontrol selektif mempunyai dua peralatan pengukuran (sensor), dua Kontroler dan satu Aktuator seperti pada gambar di bawah ini.



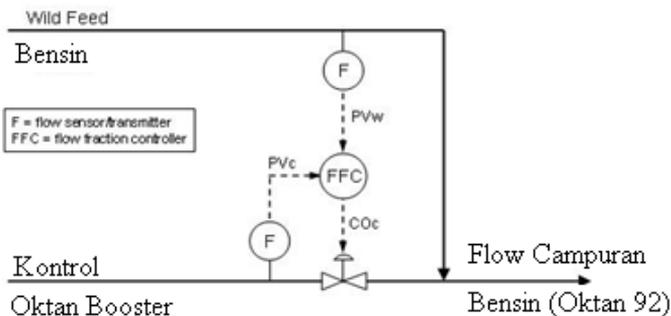
Gambar 6.4. Sistem kendali Batch

Pengendalian selektif ini menggunakan High dan Low signal Selector yang dilambangkan dengan “<” untuk low dan “>” untuk high. Pengendalian selektif ini bekerja agar suatu proses bisa berjalan dengan baik misal untuk suatu tangki yang akan akan dialirkan dengan suatu pompa, menggunakan level transmitter dan untuk mengisi tangki digunakan flow control hal ini diperlukan agar tangki tidak meluap, dengan sistem pengendalian selektif dapat ditentukan kapan control valve harus buka atau menutup dengan signal dominan yang berasal level dan flow meter.

F. Control Ratio

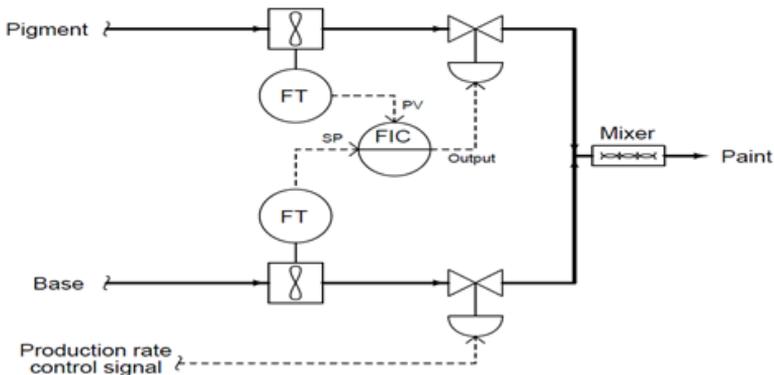
Pengendalian ratio adalah sistem pengendalian yang lazim dipakai di suatu proses yang menghendaki komposisi campuran dua komponen atau lebih dengan suatu perbandingan tertentu. Contoh control ratio adalah pencampuran chemical A dan B dengan perbandingan tertentu, dimana hasil perbandingan yang dikehendaki harus selalu sama, maka didapat nilai $K = A/B$. Industri makanan, minuman, obat, cat, pupuk dan sejenisnya sering membutuhkan kontrol batch untuk melakukan pencampuran berbagai macam bahan. Dengan fitur kontrol batch

DCS mampu digunakan untuk melakukan pengendalian model batch ini. Berikut ini adalah contoh sistem kontrol batch.



Gambar 6.5. Sistem Kendali Rasio

Sistem di atas menggambarkan proses pencampuran bensin dengan Oktan Booster untuk mendapatkan bensin dengan nilai oktan sebesar 92. Perbandingan antara bensin dan Oktan Booster dikontrol dengan menggunakan Kontrol ratio agar didapatkan nilai keluaran yaitu Bensin oktan 92 secara tepat. Contoh lainnya yaitu pada proses pencampuran warna pada produk cat. Dengan percampuran antara warna dasar dengan pigmen warna tertentu diharapkan didapatkan warna cat sesuai yang diharapkan.



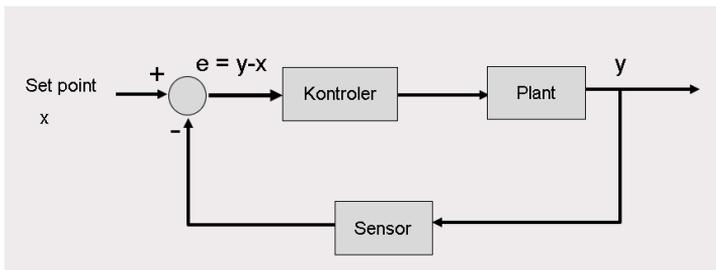
Gambar 6.6. Sistem Kendali Rasio

BAB VII

MODEL KENDALI PID

A. Pendahuluan

Salah satu metode kontrol lup tertutup yang sering digunakan pada sistem kontrol adalah PID. Hal ini disebabkan karena sistem ini merupakan sistem kontrol lup tertutup yang cukup sederhana dan kompatibel dengan sistem kontrol lainnya sehingga dapat dikombinasikan dengan sistem kontrol lain seperti *Fuzzy control*, *Adaptif control*, dan *Robust control*.



Gambar 7.1. Diagram Blok Sistem Berumpan Balik

Fungsi alih $H(s)$ pada sistem kontrol PID merupakan besaran yang nilainya tergantung pada nilai konstanta dari sistem P, I, dan D.

$$H(s) = \frac{K_D s^2 + K_P s + K_I}{s^3 + K_D s^2 + K_P s + K_I}$$

Sistem kontrol PID terdiri atas tiga buah cara pengaturan, yaitu kontrol P (Proportional), D (Derivative), dan I (Integral), dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I, atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan.

Tabel 7.1. Tanggapan Sistem Control PID terhadap Perubahan Parameter

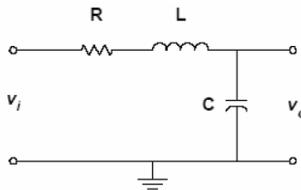
Tanggapan Loop Tertutup	Waktu Naik	Overshoot	Waktu Turun	Kesalahan Keadaan Tunak
Proporsional (Kp)	Menurun	Meningkat	Perubahan Kecil	Menurun
Integral (Ki)	Menurun	Meningkat	Meningkat	Hilang
Derivative (Kd)	Perubahan Kecil	Menurun	Menurun	Perubahan Kecil

Untuk merancang sistem kontrol PID, kebanyakan dilakukan dengan metoda coba-coba atau (*trial & error*). Hal ini disebabkan karena parameter Kp, Ki dan Kd tidak independen. Untuk mendapatkan aksi kontrol yang baik diperlukan langkah coba-coba dengan kombinasi antara P, I, dan D sampai ditemukan nilai Kp, Ki, dan Kd seperti yang diinginkan.

B. Simulasi Kendali dengan Software Matlab

Hadirnya software komputer sangat membantu perhitungan dan proses analisis tanggapan sistem terhadap sinyal masukan dan aksi pengontrolan. Berbeda dengan perhitungan manual yang rumit dan lama, perhitungan dengan bantuan software komputer jauh lebih mudah dan cepat dan hasilnya tepat.

Matlab merupakan salah satu software yang dikembangkan dalam bidang pengaturan yang dilengkapi Control Toolbox. Toolbox ini dilengkapi dengan berbagai macam fungsi pendukung yang dipergunakan dalam analisis sistem kontrol. Beberapa fungsi pendukung yang sering dipergunakan untuk menganalisis suatu sistem adalah: *feedback*, *step*, *rlocus*, *series*, dan lainnya. Untuk menganalisis suatu sistem, software hanya memerlukan masukan berupa fungsi alih yang ditulis dalam Transformasi Laplace (kawasan frekuensi) atau matriks ruang keadaan. Sebagai contoh, suatu sistem kontrol memiliki fungsi alih sebagai berikut:



Gambar 7.1. Sistem Rangkaian Listrik RLC

Model matematik sistem dinamik dapat dituliskan dengan menggunakan Hukum Kirchoff Arus dan Tegangan sehingga menjadi:

$$V(i) = L \frac{di}{dt} + R(i) + \frac{1}{c} \int i dt$$

$$V(o) = \frac{1}{c} \int i dt$$

Fungsi alih dari model dinamik sistem di atas dapat dilakukan dengan melakukan transformasi Laplace sehingga di dapat persamaan sebagai berikut:

$$Vi(s) = L s i(s) + R i(s) + \frac{1}{C s} i(s)$$

$$Vi(s) = L s^2 i(s) + R s i(s) + \frac{1}{C} i(s)$$

$$Vo(s) = \frac{1}{C s} i(s)$$

$$\frac{Vo(s)}{Vi(s)} = \frac{1}{LCs^2 + RCs + 1}$$

Fungsi alih dapat ditulis

$$\frac{p(s)}{q(s)} = \frac{1}{LCs^2 + RCs + 1}$$

Dari fungsi alih inilah akan dicari tanggapan sistem terhadap sinyal masukan yang beragam. Tanggapan sistem yang baik dari suatu sistem kontrol mempunyai kriteria: Waktu naik cepat, Minimasi overshoot dan minimasi kesalahan keadaan tunak. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan untuk analisis dengan Matlab adalah menentukan nilai R, L, dan C (misal R=100ohm, L=1,25mH, C=6250uF), memasukkan koefisien pembilang (Ps) dan penyebut (Qs) dari fungsi alih, dan memilih jenis masukan yang akan dimasukkan ke sistem (fungsi langkah, undak, impuls, atau lainnya).

Contoh penulisan Command Editor di Matlab

$$\frac{p(s)}{q(s)} = \frac{1}{LCs^2 + RCs + 1} = \frac{1}{0,125s^2 + 0,625s + 1} = \frac{8}{s^2 + 5s + 8}$$

$$Kp = 8;$$

$$Ps = [Kp];$$

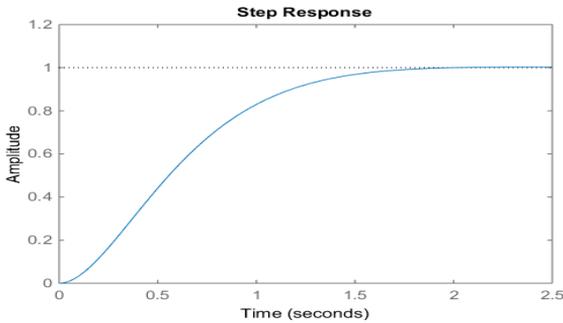
$$Qs = [1 \ 5 \ Kp];$$

$$G = \text{tf}(Ps, Qs)$$

figure

step(G)

Tanggapan sistem terbuka diperlihatkan pada Gambar 7.2.



Gambar 7.3. Tanggapan Sistem terhadap Masukan Fungsi Langkah

Grafik di atas menunjukkan bahwa sistem memiliki kesalahan keadaan tunak yang tinggi sebesar 0,88 hal ini dapat dilihat pada tanggapan sistem menuju ke nilai amplitudo 0,12. Dari Gambar 7.3 dapat juga diketahui bahwa sistem memiliki waktu naik yang lama (1,5 detik). Untuk menghasilkan sistem kontrol yang baik, diperlukan sistem loop tertutup.

C. Aksi Kontrol Proporsional

Karakteristik aksi pengontrolan proporsional adalah mengurangi waktu naik, menambah overshoot, dan mengurangi kesalahan keadaan tunak. Fungsi alih sistem dengan menambahkan aksi pengontrolan P menjadi:

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

Misal, diambil konstanta $K_p = 80$, maka:

Kendali KP,

$K_p = 80$;

$P_s = [K_p]$;

```
Qs = [0.125 0.625 1+Kp];
```

```
G=tf(Ps,Qs)
```

```
figure
```

```
step(G)
```

```
figure
```

```
Kp = 80;
```

```
Ps = [8*Kp];
```

```
Qs = [1 5 8+(8*Kp)];
```

```
H=tf(Ps,Qs)
```

```
step(H)
```

```
figure
```

```
Kp = 80;
```

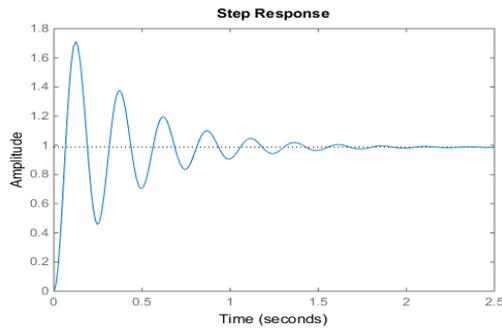
```
Ps = [Kp];
```

```
Qs = [1 5 8+Kp];
```

```
K=tf(Ps,Qs)
```

```
step(K)
```

```
title('Tanggapan Sistem Loop Tertutup Proporsional')
```



Gambar 7.4. Tanggapan Sistem terhadap Aksi Kontrol Proporsional

Penambahan aksi kontrol P mempunyai pengaruh mengurangi waktu naik dan kesalahan keadaan tunak, tetapi konsekuensinya terjadi kenaikan overshoot yang cukup besar. Kenaikan overshoot ini sebanding dengan kenaikan nilai parameter K_p . Waktu turun juga menunjukkan kecenderungan yang membesar.

D. Aksi Kontrol Proportional Derivative

Fungsi alih sistem dengan aksi pengontrolan PD menjadi:

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

Misal, $K_p = 80$ dan $K_d = 6$, maka:

$$K_p = 80;$$

$$K_d = 6;$$

$$P_s = [K_d \ K_p];$$

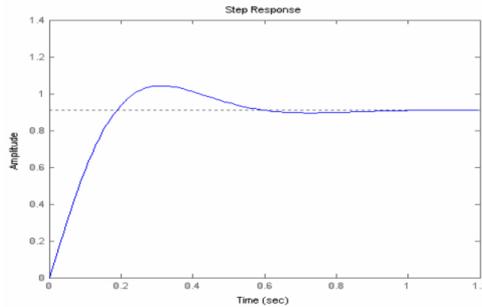
$$Q_s = [1 \ 5 + K_d \ 8 + K_p];$$

```

t = 0 : 0.01 : 2;
step(Ps, Qs)
title('Tanggapan Sistem Loop Tertutup PD')

```

Tanggapan sistem ini diperlihatkan seperti Gambar 7.5.



Gambar 7.6. Tanggapan sistem terhadap aksi kontrol proporsional derivatif

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

E. Aksi Kontrol Proportional-Integral

Dengan penambahan aksi kontrol proporsional dan integral, fungsi alih sistem menjadi:

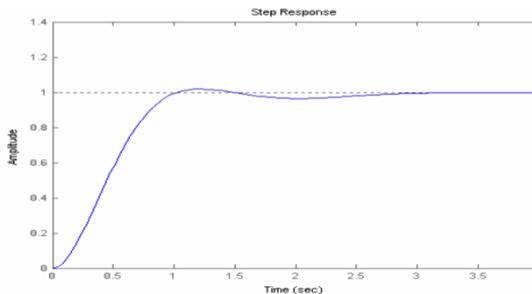
$$\frac{p(s)}{q(s)} = \frac{K_i + K_p s}{s^3 + 5s^2 + (8 + K_p)s + K_i}$$

Kontroller integral memiliki karakteristik mengurangi waktu naik, menambah overshoot dan waktu turun, serta menghilangkan kesalahan keadaan tunak. Misal, $K_p = 9$ dan $K_i =$

16, maka tanggapan sistem dapat diperoleh dengan cara menuliskan sintaks berikut dalam editor Matlab:

```
Kp = 9;
Ki = 16;
Ps = [Kp Ki];
Qs = [1 5 8+Kp Ki];
t = 0 : 0.01 : 2;
step(Ps,Qs)
```

Aksi kontrol P dan I memiliki karakteristik yang sama dalam waktu naik dan overshoot. Oleh karena itu, nilai Kp harus dikurangi untuk menghindari overshoot yang berlebihan.



Gambar 7.7. Tanggapan Sistem terhadap Aksi Kontrol Proporsional Integral

Dari grafik gambar 6 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.

F. Aksi Kontrol Proportional-Integral-Derivative

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

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

$$K_p = 85;$$

$$K_i = 90;$$

$$K_d = 20;$$

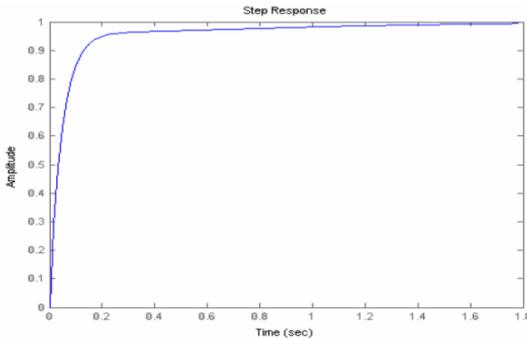
$$P_s = [K_d \ K_p \ K_i];$$

$$Q_s = [1 \ 5 + K_d \ 8 + K_p \ K_i];$$

$$t = 0 : 0.01 : 2;$$

$$\text{step}(P_s, Q_s)$$

$$\text{title('Tanggapan Sistem Loop Tertutup PID')}$$



Gambar 7.8. 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. Grafik tanggapan sistem terhadap sinyal masukan fungsi langkah, tergantung pada nilai parameter K_p , K_d , dan K_i .

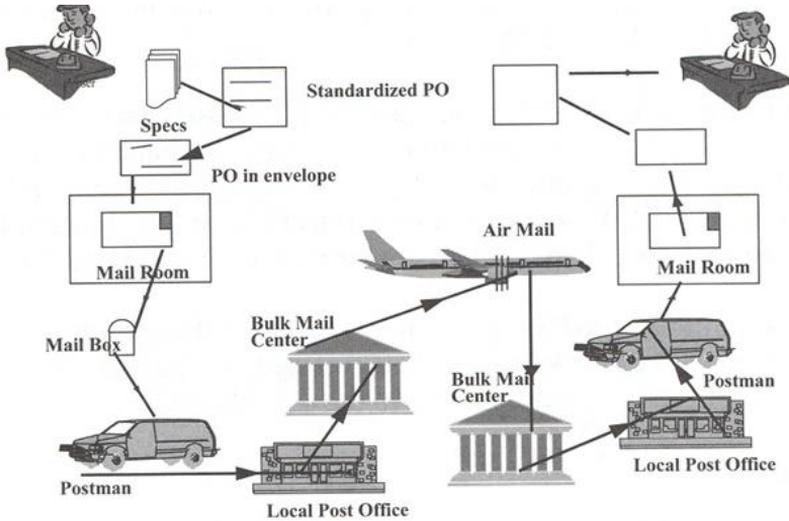
BAB VIII

KOMUNIKASI DATA PADA DCS

A. Pengantar

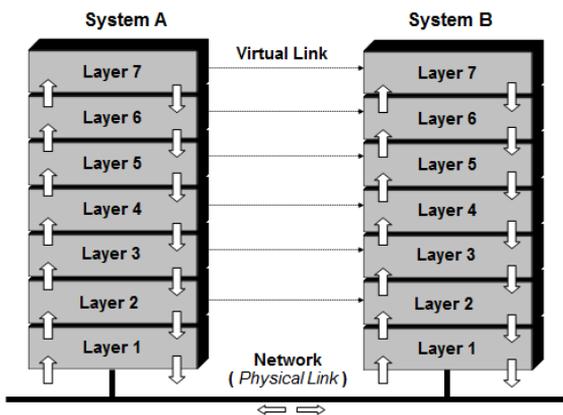
Integrasi pada sistem kendali terdistribusi memerlukan mekanisme komunikasi antar sub sistem. Komunikasi data pada DCS dapat terjadi antara sensor yang berfungsi untuk mendeteksi kondisi di lapangan untuk mengirimkan data ke controller. Selanjutnya controller akan mengolah besaran yang diukur oleh sensor dan dikirim oleh transmitter untuk dibandingkan dengan set point yang diinginkan. Dari hasil pengolahan, controller akan mengirimkan sinyal ke aktuator guna melakukan manipulasi agar output menyesuaikan dengan set point. Komunikasi data juga dilakukan dari kontroler ke HMI (Human Machine Interface) untuk menampilkan data pada layar komputer agar dapat dilihat oleh operator.

Komunikasi yang dibangun digunakan untuk komunikasi data antar sub sistem yang diintegrasikan. Komunikasi data pada DCS memerlukan media komunikasi yang sesuai baik melalui kabel maupun nirkabel. Berikut ini ilustrasi dari komunikasi data antara 2 orang dengan menggunakan surat.



Gambar 8.1. Analogi Komunikasi Data dengan Surat

Gambar di atas menunjukkan urutan atau langkah-langkah yang harus ditempuh oleh seseorang untuk mengirim surat kepada rekannya dan demikian juga sebaliknya rekannya menjawab surat yang dikirim oleh temannya. Komunikasi data pada sistem DCS menganut prinsip yang hampir sama dengan proses komunikasi data melalui surat di atas. Secara umum komunikasi data pada sistem kontrol menggunakan model komunikasi 7 layer seperti yang digambarkan di bawah ini.



Gambar 8.2. Hierarki Komunikasi Data

Gambar di atas menunjukkan bahwa Sistem A dan sistem B dapat berkomunikasi melalui tahapan-tahapan yang mirip dengan tahapan pada proses komunikasi data dengan surat. Pada gambar di atas komunikasi data disusun oleh 7 layer atau tingkat yang harus dilalui oleh sistem mulai dari layer 7 sampai dengan layer 1. Layer 7 merupakan layer yang dapat dipahami oleh manusia sehingga sering disebut sebagai layer aplikasi. Adapun layer 1 merupakan layer fisik yang berupa kabel atau nirkabel.

B. Model Komunikasi Data OSI

Komunikasi data merupakan proses pengiriman dan penerimaan data dari satu sistem ke sistem lainnya. Untuk dapat mengirimkan data, pada suatu sistem perlu ditambahkan suatu peralatan khusus yang dikenal sebagai *network interface*. Ada berbagai jenis interface jaringan yang digunakan dalam komunikasi data antar sistem yang bergantung pada media fisik yang digunakan untuk mentransfer data tersebut. Hal lain yang perlu diperhatikan dalam komunikasi data yaitu pada suatu sistem tujuan transfer data mungkin terdapat lebih dari satu aplikasi yang menunggu datangnya data. Data yang dikirim harus sampai ke aplikasi yang tepat, pada sistem yang tepat tanpa adanya kesalahan.

Untuk setiap problem komunikasi data, diciptakan solusi khusus berupa aturan-aturan untuk menangani problem tersebut. Untuk menangani semua masalah komunikasi data, keseluruhan aturan ini harus bekerja sama satu dengan lainnya. Sekumpulan aturan untuk mengatur proses pengiriman data ini disebut sebagai protokol komunikasi data. Protokol ini diimplementasikan dalam bentuk program komputer (software) yang terdapat pada komputer dan peralatan komunikasi data lainnya.

Pada tahun 1977 ISO (International Organization for Standardization) menetapkan OSI (Open Standard Interconnection) sebagai standar bagi komunikasi data, OSI adalah sebuah standar baku dan ia hanyalah sebuah model rujukan, jika kita misalkan suatu model adalah sebuah pertanyaan, maka protokol adalah jawabannya. Suatu protokol hanya dapat menjawab satu atau beberapa pertanyaan tertentu yang spesifik atau dengan kata lain suatu protokol hanya melayani suatu lingkup wilayah yang sangat

terbatas. Sebuah protokol tentu saja tidak dapat menjawab semua pertanyaan yang diajukan oleh sebuah model, akan tetapi dengan menggabungkan berbagai macam protokol dalam sebuah protokol suite (misalnya TCP/IP) kita dapat menjawab seluruh pertanyaan yang diajukan oleh model yang ada.

OSI model dibuat dengan tujuan agar komunikasi data dapat berjalan melalui langkah-langkah yang jelas, langkah-langkah ini biasa disebut dengan nama "layer" dan Model OSI terdiri atas tujuh layer dengan pembagian tugas yang jelas, ke tujuh layer itu.

1. ***Application Layer***

Layer aplikasi adalah Layer paling tinggi dari model komunikasi data OSI. Seluruh layer yang berada dibawahnya bekerja untuk layer ini. Tugas dari application layer adalah sebagai antarmuka dengan aplikasi dengan fungsionalitas jaringan, mengatur bagaimana aplikasi dapat mengakses jaringan, dan kemudian membuat pesan-pesan kesalahan. Protokol yang berada dalam lapisan ini adalah HTTP, FTP, SMTP, NFS.

2. ***Presentation Layer***

Layer presentasi berfungsi untuk mentranslasikan data yang hendak ditransmisikan oleh aplikasi ke dalam format yang dapat ditransmisikan melalui jaringan. Protokol yang berada dalam level ini adalah perangkat lunak redirektor (*redirector software*), seperti layanan *Workstation* (dalam windows NT) dan juga Network shell (semacam Virtual network komputing (VNC) atau Remote Dekstop Protokol (RDP).

3. ***Session Layer***

Layer session berfungsi untuk mendefinisikan bagaimana koneksi dapat dibuat, dipelihara, atau dihancurkan. Selain itu, di level ini juga dilakukan resolusi nama.

4. **Transport Layer**

Layer transpor berfungsi untuk memecah data ke dalam paket-paket data serta memberikan nomor urut ke paket-paket tersebut sehingga dapat disusun kembali pada sisi tujuan setelah diterima. Selain itu, pada level ini juga membuat sebuah tanda bahwa paket diterima dengan sukses (*acknowledgement*), dan mentransmisikan ulang terhadap paket-paket yang hilang di tengah jalan.

5. **Network Layer**

Berfungsi untuk mendefinisikan alamat-alamat IP, membuat *header* untuk paket-paket, dan kemudian melakukan routing melalui *internetworking* dengan menggunakan router dan switch layer3.

6. **Data Link Layer**

Befungsi untuk menentukan bagaimana bit-bit data dikelompokkan menjadi format yang disebut sebagai *frame*. Selain itu, pada level ini terjadi koreksi kesalahan, *flow control*, pengalaman perangkat keras seperti halnya *Media Access Control Address (MAC Address)*, dan menentukan bagaimana perangkat-perangkat jaringan seperti hub, bridge, repeater, dan switch layer2 beroperasi. Spesifikasi IEEE 802, membagi *level* ini menjadi dua level anak, yaitu lapisan *Logical Link Control (LLC)* dan lapisan *Media Access Control (MAC)*.

7. **Physical**

Physical adalah Layer paling bawah dalam model OSI. Berfungsi untuk mendefinisikan media transmisi jaringan, metode pensinyalan, sinkronisasi bit, arsitektur jaringan (seperti halnya Ethernet atau Token Ring), topologi jaringan dan pengabelan. Selain itu, level ini juga mendefinisikan bagaimana Network Interface Card (NIC) dapat berinteraksi dengan media kabel atau radio.

Tanggung jawab setiap layer adalah menyediakan servis bagi layer di atasnya, layer yang berada di atas tidak perlu tahu tentang bagaimana data bisa sampai kesana atau apapun yang terjadi di layer di bawahnya. Ketujuh layer tersebut disusun berdasarkan lima prinsip yang harus diikuti untuk menentukan layer dalam komunikasi, yaitu:

- Layer dibuat jika ketika diperlukan pemisahan level yang secara teori diperlukan.
- Masing-masing layer memiliki fungsi yang jelas.
- Setiap fungsi dari masing-masing layer telah ditentukan agar sesuai dengan standart protokol secara internasional.
- Batas kedua layer telah ditentukan untuk mengurangi informasi menerobos antarmuka layer.
- Setiap layer ditentukan dengan jelas fungsinya, tetapi jumlah layer sebaiknya sekecil mungkin untuk menghindari arsitektur yang luas.

Tujuan pengembangan model komunikasi data OSI yaitu untuk

1. Koordinasi berbagai kegiatan.
2. Penyimpanan data.
3. Manajemen sumber dan proses.
4. Keandalan dan keamanan sistem pendukung perangkat lunak.
5. Membuat kerangka agar sistem/jaringan yang mengikutinya dapat saling berkomunikasi/ saling bertukar informasi, sehingga tidak tergantung merk dan model peralatan.
6. Tiga (3) layer pertama adalah interface antara terminal dan jaringan yang dipakai bersama, empat (4) layer selanjutnya adalah hubungan antara software.
7. Antar layer berlainan terdapat interface, layer yang sama terdapat protocol.

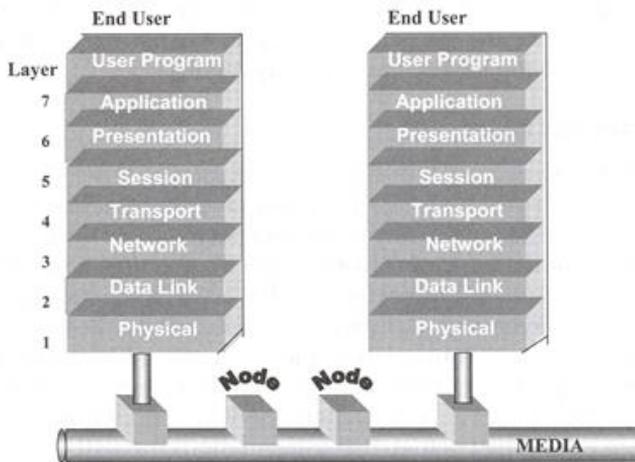
Upper layers fokus pada aplikasi pengguna dan bagaimana file direpresentasikan di komputer. *Upper layers* berurusan dengan persoalan aplikasi dan pada umumnya diimplementasi hanya pada software.

Lower layers merupakan intisari komunikasi data melalui jaringan aktual. *Lower layers* mengendalikan persoalan transportasi data. Lapisan fisik dan lapisan data link diimplementasikan ke dalam hardware dan software. *Lower layers* yang lain pada umumnya hanya diimplementasikan dalam software.

Prinsip Kerja Model OSI

Pembentukan paket dimulai dari layer teratas model OSI. Application layer mengirimkan data ke presentation layer, di presentation layer data ditambahkan header dan atau tailer kemudian dikirim ke layer di bawahnya, pada layer di bawahnya pun demikian, data ditambahkan header dan atau tailer kemudian dikirimkan ke layer dibawahnya lagi, terus demikian sampai ke physical layer. Di physical layer data dikirimkan melalui media transmisi ke host tujuan.

Di host tujuan paket data mengalir dengan arah sebaliknya, dari layer paling bawah ke layer paling atas. Protokol pada physical layer di host tujuan mengambil paket data dari media transmisi kemudian mengirimkannya ke data-link layer, data-link layer memeriksa data-link layer header yang ditambahkan host pengirim pada paket, jika host bukan yang dituju oleh paket tersebut maka paket itu akan dibuang, tetapi jika host adalah yang dituju oleh paket tersebut maka paket akan dikirimkan ke network layer, proses ini terus berlanjut sampai ke application layer di host tujuan. Proses pengiriman paket dari layer ke layer ini disebut dengan "*peer-layer communication*".



Gambar 8.3. *Peer-layer Communication*

C. Protokol Komunikasi

Komunikasi antara 2 sistem membutuhkan aturan-aturan yang dipahami oleh kedua sistem tersebut. 2 orang yang melakukan komunikasi tentu mempunyai aturan yang dipahami oleh keduanya. Salah satu aturan yang digunakan adalah bahasa. Seseorang tidak akan dapat berkomunikasi jika tidak mengetahui bahasa atau aturan apa yang akan dikomunikasikan. Pada sistem kontrol DCS, diperlukan komunikasi antara sensor yang mendeteksi kondisi di plant untuk mengirimkan data kepada kontroler sehingga kontroler dapat menampilkan data field yang dikontrol secara real time dan dapat memerintahkan aksi kontrol untuk memanipulasi output agar mencapai nilai sesuai dengan set point. Oleh karena itu, sistem DCS membutuhkan aturan-aturan yang dipahami oleh masing-masing komponen sistem.

Aturan-aturan dalam berkomunikasi pada sebuah sistem disusun dalam sebuah protokol. Protokol merupakan suatu aturan atau standar atau tata cara berkomunikasi antar komponen (modul DCS, PLC, PC, field devices, dll) yang terkoneksi dalam sebuah jaringan. Pada DCS, masing-masing komponen saling berkomunikasi sehingga perlu diatur bagaimana cara komponen-komponen ini berkomunikasi dengan komponen lainnya. Masing-

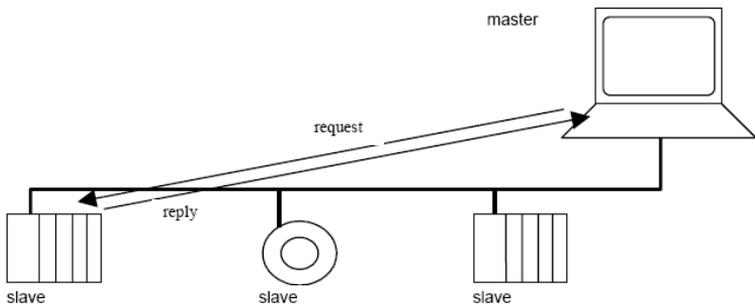
masing vendor atau pengembang DCS biasanya mengembangkan sendiri aturan-aturan atau protokol dalam komunikasinya sehingga memunculkan banyak protokol yang sudah distandarkan. Berikut ini adalah contoh dari beberapa protokol yang dikembangkan dan dipakai oleh produk-produk sistem kontrol DCS.

Tabel 8.1. Protokol Komunikasi pada DCS

No.	Vendor	Protokol
1.	ABB	Profibus DP, PA, Infinet, MicroDCI, Microlink, dll
2.	Honeywell	Series C, Foundation Fieldbus, IPC, dll
3.	Modicon	Modbus
4.	Emerson	DeviceNet, Modbus, Profibus
5.	Foxboro/Invensys	Industrial ethernet, Foundation Fieldbus
6.	Yokogawa	Profibus, Modbus, industrial ethernet
7.	GE Fanuc	Modbus, Profibus, Interbus
8.	Omron	ComboBus, ControllerLink, SYsmac Bus, Sysmac Link
9.	Mitsubishi	Modbus, Profibus, DeviceNet

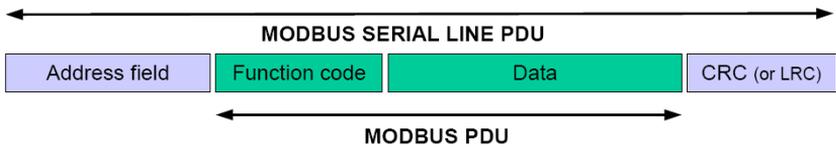
1. Protokol Modbus

Protokol Modbus merupakan protokol komunikasi data antara device dalam sistem kontrol yang dikembangkan oleh Perusahaan Modicon Square D yang merupakan grup dari PT Schneider. Protokol Modbus pada jaringan kontrol terdiri atas sebuah Master dan slave. 1 mater dapat dihubungkan dengan beberapa slave.

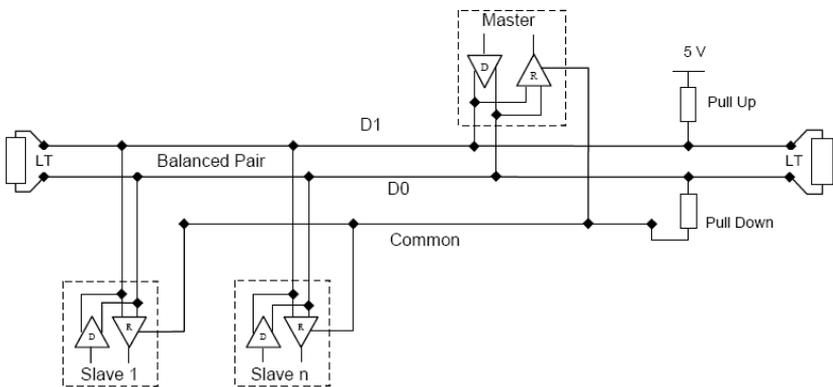


Gambar 8.4. Komunikasi Master Slave Modbus

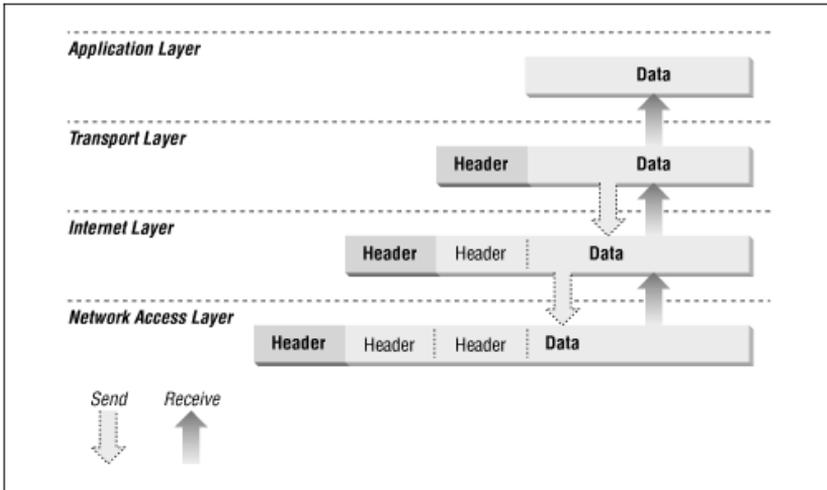
Modbus dikembangkan oleh departemen pertahanan Amerika pada tahun 1970. Modbus menggunakan TCP/IP dalam pengalamatan dan pengiriman pesan. Berikut cara pembagian pengiriman pesan Modbus.



Gambar 8.5. Pembagian Pengiriman Data Modbus



Gambar 8.6. Koneksi Jaringan Komunikasi Modbus



Gambar 8.7. Pembagian Lapisan Komunikasi Modbus

Modbus memiliki kelebihan sebagai berikut; (1) Standar terbuka, (2) Bebas dalam penggunaan, (3) Merupakan bahasa dalam jaringan internet, dan (4) Memiliki reliabilitas tinggi dalam pengiriman dan penerimaan data. Walaupun memiliki kelebihan, Modbus juga memiliki kekurangan sebagai berikut; (1) Membutuhkan biaya yang tinggi, (2) Tidak memiliki sistem pengaman, (3) Sistem tidak real time.

2. Protokol Komunikasi Fielbus

Fieldbus merupakan salah satu protokol komunikasi yang sangat populer di dunia industri karena merupakan salah satu protokol yang banyak dipakai pada komunikasi sistem kendali terdistribusi saat ini. Protokol ini pertama kali dikembangkan oleh Komite ISA SP50 yang merupakan suatu organisasi yang mempunyai perhatian terhadap peningkatan kualitas otomasi sistem kendali.

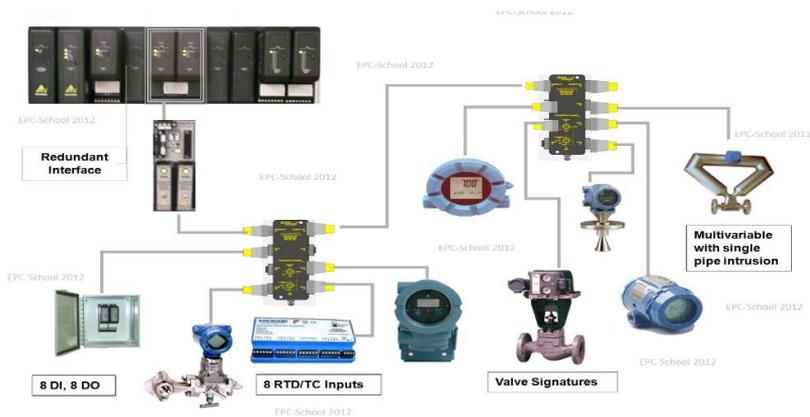
FieldBus terdiri atas dua (2) kata yaitu 'Field' dan 'Bus' Field di dunia industri berarti area yang terbatas. Bus yaitu seperangkat elemen yang secara elektrik menghubungkan berbagai unit (sirkuit) untuk mentransfer data. FieldBus adalah jaringan komputer industri yang digunakan untuk pendistribusian

data secara real-time. FieldBus bertujuan untuk menggantikan sambungan “point-to-point” antara perangkat I/O (Sensor, Aktuator, dll) ke Kontroler (PLC/DCS) dengan satu penyambung digital dimana semua informasi ditransmisikan secara serial dan “multiplex”.



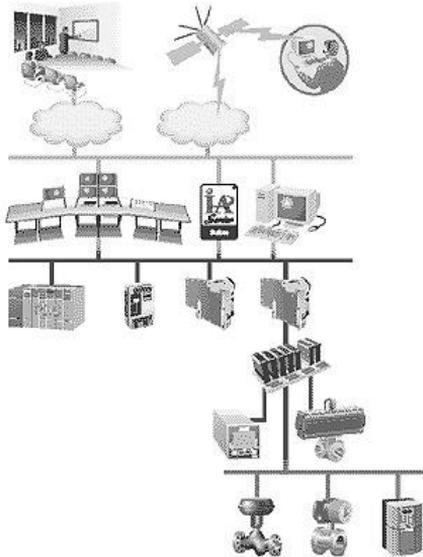
Gambar 8.8. Komunikasi Data Point to Point

Komunikasi data point to point mempunyai banyak kelemahan. Selain jumlah modul input dan modul output yang dapat terhubung dengan perangkat kontroler, model ini membutuhkan banyak kabel. Dengan banyaknya peralatan input dan output menjadikan pengkabelannya menjadi sangat ruwet dan potensi muncul masalah. Dengan jarak yang jauh akan muncul drop tegangan sehingga menurunkan kualitas sinyal yang diterima oleh penerima.



Gambar 8.9. Komunikasi Data dengan Fieldbus

Fieldbus memiliki beberapa keunggulan, diantaranya (1) biaya tiap titik (node) rendah; (2) mampu bekerja pada kondisi yang ekstrim; (3) mudah untuk mengoperasikannya; dan (4) mampu bekerja pada kondisi real time.



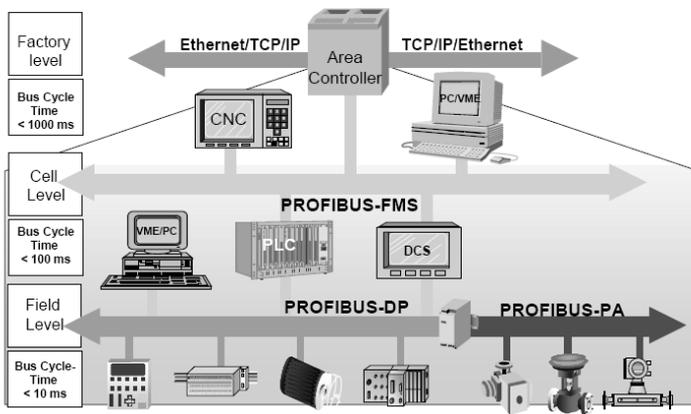
Gambar 8.10. Metode Komunikasi FieldBus

3. Protokol Komunikasi Profibus

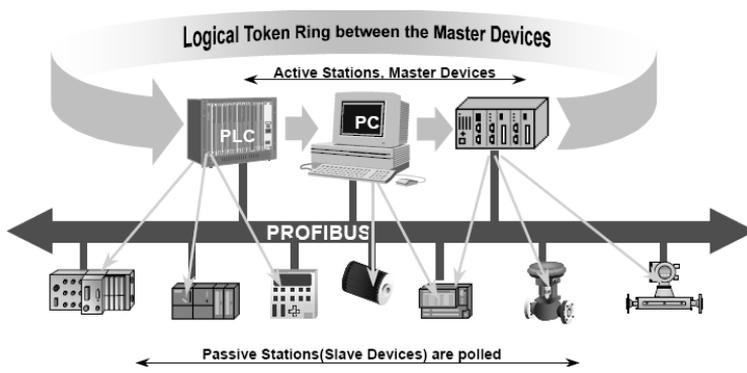
Profibus merupakan protocol komunikasi data pada field DCS yang dapat digunakan untuk ukuran yang sama dalam otomatisasi produksi dan otomatisasi proses. Profibus merupakan singkatan dari Proses Fieldbus yang dikembangkan pada tahun 2007. Protokol profibus digunakan oleh lebih lebih dari 20 juta perangkat. Profibus menjadi sebuah standar untuk komunikasi bus bidang teknologi otomatisasi dan pertama kali dipromosikan pada tahun 1989 oleh BMBF (Departemen Pendidikan dan Penelitian Jerman).

Profibus DP (*Decentralized Peripherals*) digunakan untuk mengoperasikan sensor dan aktuator melalui pengontrol terpusat pada suatu teknologi produksi. Kecepatan data protocol profibus

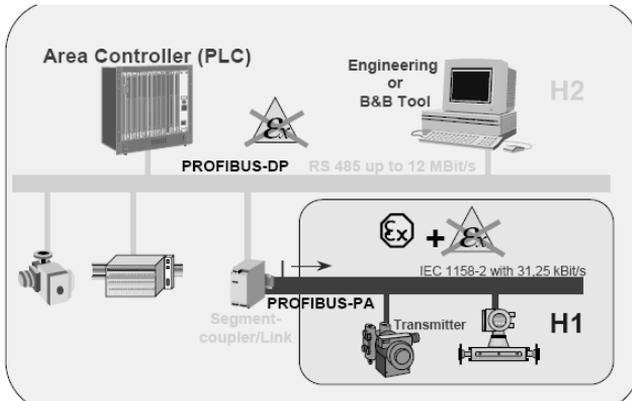
mencapai 12 Mbit/s dengan menggunakan kabel twisted pair atau serat optik. Profibus PA (*Process Automation*) digunakan untuk memonitor peralatan pengukuran melalui proses sistem kontrol dalam proses rekayasa. Varian Profibus ini sangat ideal untuk daerah yang berbahaya (Zona 0 dan 1). Maksudnya adalah, arus yang mengalir harus lemah melalui jalur bus sehingga aman dari percikan ledakan, ataupun jika terjadi kerusakan. Kerugian dari jenis ini adalah tingkat transmisi data lebih lambat dari 31,25 kbit/s.



Gambar 8.11. Model Komunikasi Profibus



Gambar 8.12. Logical Token Ring Profibus



Gambar 8.13. Komunikasi PLC dengan Profibus

4. Protokol Komunikasi Device Net

DeviceNet merupakan protokol komunikasi yang digunakan pada industri. Bekerja secara otomatis menghubungkan antara peralatan sensor, transmitter dan peralatan kontrol terhubung dalam jaringan komunikasi. Protokol ini menggunakan CAN (*Controller Area Network*) sebagai dasar pokok teknologi (*backbone technology*) dengan mendefinisikan layer aplikasi dalam mengcover sejumlah peralatan yang dikendalikan. Aplikasi yang menggunakan protocol ini mencakup pertukaran informasi (*information exchange*), *safety devices*, dan jaringan kendali peralatan input/output yang besar.

DeviceNet awalnya dikembangkan oleh Perusahaan Amerika yaitu Allen-Bradley (sekarang berganti nama menjadi Rockwell Automation). Bagian teratas dari lapisan komunikasi CAN (*Controller Area Network*) yang dikembangkan oleh Bosch meliputi:

- Mendefinisikan Media, Physical, Data-Link, dan lapisan Penerapan / OSI 7-lapisan model ISO.
- Menggabungkan topologi *trunkline* dengan bus terpisah untuk sinyal dan tenaga (konfigurasi Khas: *two twisted pairs* dan *single shield*).
- Pengaturan kecepatan pengiriman data: 125 kbit/s, 250 kbit/s, dan 500 kbit/s.

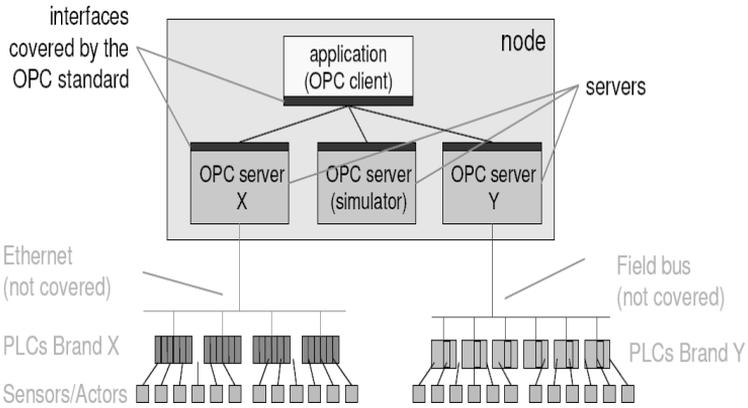
- d. *Trunkline* berbanding terbalik dengan kecepatan, yaitu 500, 250 dan 100 meter masing-masing.
- e. Sampai dengan 64 node pada jaringan logik tunggal. (Alamat Node berkisar 0-63).
- f. Mendukung master/slave serta komunikasi peer-to-peer, meskipun sebagian besar perangkat yang bekerja dikonfigurasi master/slave.
- g. Memungkinkan beberapa master pada jaringan logik tunggal.
- h. Jaringan kabel dapat menyediakan daya perangkat sepanjang kabel, yang sama seperti kabel komunikasi (perangkat umumnya lebih kecil seperti foto-mata, limit switch, dan switch kedekatan).
- i. Perangkat Jaringan dapat secara bersamaan dikontrol dan dikonfigurasi.
- j. Mampu untuk menahan lingkungan yang bising atau *noise* tinggi.

5. OPC (Open Control Protocol)

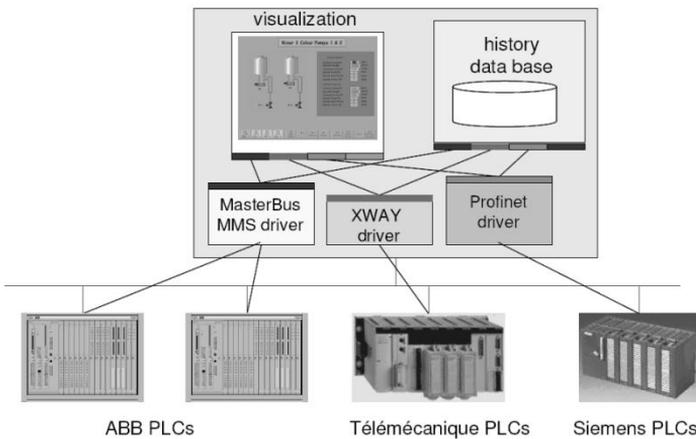
OPC yang awalnya merupakan kependekan dari *OLE for Process Control* dan sekarang ini lebih dikenal dengan istilah Open Process Control is merupakan sebuah standar industri yang dikembangkan oleh *OPC Foundation* yang menjelaskan tentang software antarmuka (*interface*) antara objek dan metode dalam mengumpulkan data yang diperoleh dari peralatan ukur di suatu field dan selanjutnya dikirim ke server. Selanjutnya data-data proses produksi yang dikirim diolah oleh kontroler seperti PLC (*programmable logic controllers*), DCS dan sistem kendali lainnya.

OPC sebagai suatu sistem terdiri atas beberapa komponen yang minimal terdiri atas tiga bagian yaitu:

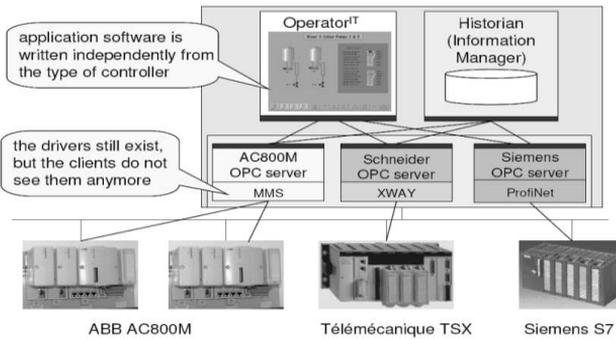
- OPC-DA (*Data-access*)
- OPC-AE (*Alarm and Events*)
- OPC-HAD (*Historical Data Access*)



Gambar 8.14. OPC-DA



Gambar 8.15. OPC-AE



Gambar 8.16. OPC-HAD

6. Highway Addressable Remote Transducer (HART)

HART merupakan kependekan dari “*Highway addressable remote transducer*” yaitu suatu standar komunikasi data yang banyak digunakan pada sistem kontrol terdistribusi. Sistem HART merupakan jembatan peralihan dari penggunaan komunikasi data secara analog menuju sistem komunikasi digital, sehingga kadang HART digolongkan dalam sistem analog dan terkadang juga dimasukkan dalam sistem komunikasi digital. Secara umum, sistem HART menggunakan pengawatan (*wiring*) dengan menggunakan standar arus dengan nilai 4-20mA.

HART memiliki beberapa spesifikasi yaitu,

- Memiliki 35-40 standar data setiap sebuah perangkat HART.
- Kondisi perangkat dan identifikasi peringatan/bahaya.
- Variabel proses dan unit.
- *Loop Current* dan rentang dalam “%”
- Konfigurasi Parameter dasar.
- Perakitan dan penamaan perangkat.
- Memiliki perintah yang standart untuk memudahkan akses.
- DDL tidak perlu untuk mendapatkan data.
- Meningkatkan integritas sistem kendali.
- Memberitahukan peringatan dini apabila perangkat terjadi masalah.
- Mudah untuk digabungkan dengan banyak perangkat.

- Secara otomatis untuk mengetahui perubahan (ketidakcocokan) dalam perangkat.
- Validasi PV dan nilai arus pada sistem control dari perangkat.

HART sebagai sebuah sistem komunikasi data peralihan dari analog menuju digital mempunyai berbagai keunggulan yang diantaranya adalah aman (*safe*), terjamin keandalannya (*secure*), dan mempunyai tingkat ketersediaan yang tinggi (*available*). Standar HART sudah diterima secara global oleh pabrik yang bergelut dalam bidang instrumentasi dan kendali. Pengujian sistem komunikasi HART sudah teruji dalam berbagai aplikasi di industri baik industri manufaktur, industri proses maupun industri minyak dan gas. Sistem HART juga didukung oleh banyak industri instrumentasi dan kendali.

Keunggulan sistem HART meliputi; (1) Menghemat waktu dan investasi, (2) Pemasangan dan perawatan perangkat membutuhkan waktu yang sedikit, (3) Biaya rendah dari banyak suplier, (4) Meningkatkan kualitas pengoperasian dan kualitas produk, (5) Menampilkan proses yang berlangsung dan dengan indikator tampilan, (6) Perangkat yang memiliki peringatan dini terhadap masalah dan error, (7) Mudah dalam menggabungkan perangkat digital dengan jaringan di area produksi, (8) Melindungi investasi aset, (9) Cocok dengan berbagai sistem instrumentasi, peralatan dan operator, (10) Meningkatkan keuntungan, dan (11) Tidak membutuhkan penggantian sistem.

	OSI Layer	Function	HART
7	Application	Provides the User with Network Capable Applications	Provides the User with Network Capable Applications
6	Presentation	Converts Application Data Between Network and Local Machine Formats	
5	Session	Connection Management Services for Applications	
4	Transport	Provides Network Independent, Transparent Message Transfer	
3	Network	End to End Routing of Packets. Resolving Network Addresses	
2	Data Link	Establishes Data Packet Structure, Framing, Error Detection, Bus Arbitration	A Binary, Byte Oriented, Token Passing, Master / Slave Protocol.
1	Physical	Mechanical / Electrical Connection. Transmits Raw Bit Stream	Simultaneous Analog & Digital Signaling. Normal 4-20mA Copper Wiring

Gambar 8.17. Komunikasi HART

BAB IX

MAINTENANCE SISTEM KENDALI TERDISTRIBUSI

Sebagai sebuah sistem, DCS memerlukan perencanaan, pemasangan, pengoperasian, pengecekan, pemeliharaan dan penggantian komponen yang direncanakan dengan baik. Untuk menjamin kinerja suatu DCS, diperlukan *maintenance* (pemeliharaan) yang harus dilakukan baik itu oleh teknisi ataupun operator. Untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang baik tidak hanya dibutuhkan sumber daya manusia yang andal, bahan baku yang baik tetapi juga sangat tergantung pada kondisi dan performansi peralatan produksi dan proses pengendaliannya.

Mesin dan peralatan merupakan sumber daya yang digunakan untuk melakukan proses produksi. Manajemen sarana dan prasarana dapat didefinisikan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas pelayanan peralatan yang ada kepada perusahaan melalui perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pengarahan (*actuating*), penggunaan dan pengawasan (*controlling*) seluruh komponen dan sumber daya yang ada untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan secara efektif dan efisien (*optimal*). Sumber daya yang ada pada

perusahaan terdiri atas 7 M, yaitu *Man* (manusia atau tenaga ahli, dan teknisi), *Money* (modal dan investasi), *Material* (Bahan baku), *Machine* (Mesin dan Peralatan), *Minute* (Waktu yang digunakan untuk proses produksi).

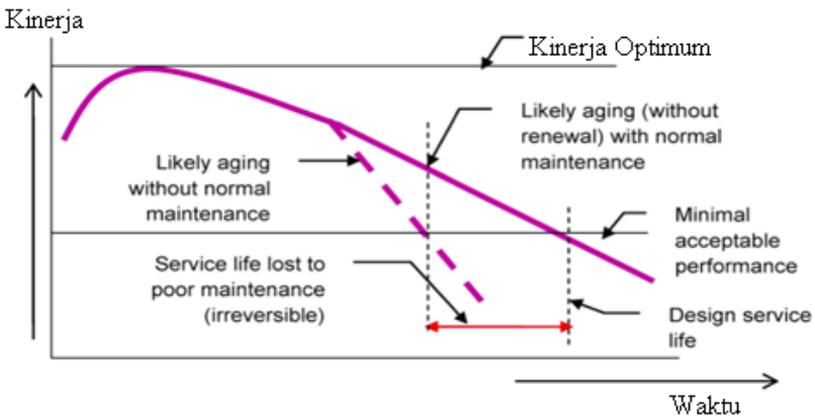
Kondisi peralatan dan mesin yang baik dan siap untuk digunakan, akan sangat membantu pengguna (*user*) dalam menjalankan aktivitas bisnisnya yang akan berdampak pada peningkatan kinerja perusahaan. Para ahli berkeyakinan bahwa tersedianya mesin dan peralatan dalam kondisi siap pakai merupakan faktor pendukung dalam peningkatan mutu perusahaan. Banyak perusahaan menginvestasikan mesin dan peralatan dengan dana yang sangat besar karena berkeyakinan akan dapat meningkatkan efektivitas dan produktivitas. Dalam pandangan masyarakat umum juga diyakini bahwa kualitas perusahaan kadang diukur dari kelengkapan sarana dan prasarana khususnya berkaitan dengan mesin-mesin produksi. Hal ini menjadi pemicu perusahaan dan industri untuk melengkapi jenis dan jumlah peralatan pada setiap bagian perusahaannya.

A. Definisi Maintenance

Maintenance adalah kegiatan yang dilakukan atau upaya untuk meningkatkan, mempertahankan, dan mengembalikan peralatan selalu dalam kondisi yang siap pakai dan berfungsi dengan baik. Berkaitan dengan DCS, kegiatan maintenance dimaksudkan sebagai usaha agar sarana dan prasarana tidak rusak atau tetap terjaga dalam kondisi siap pakai dan berfungsi dengan baik. Selain itu perawatan juga dimaksudkan sebagai upaya untuk melakukan kalibrasi, pengaturan, penyetelan atau perbaikan peralatan sarana dan prasarana yang sudah telanjur rusak sehingga siap digunakan untuk kegiatan produksi.

Pemeliharaan peralatan adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga

dapat dicegah terjadinya gangguan yang menyebabkan kerusakan. Kegiatan yang meliputi program pemeriksaan, perawatan, perbaikan dan uji ulang (unjuk kerja) dengan tujuan utama untuk mempertahankan peralatan tersebut beroperasi secara optimum. British Standard Glossary of terms (3811:1993) mendefinisikan pemeliharaan sbb: "Pemeliharaan adalah pekerjaan yang dilakukan untuk menjaga atau mengembalikan fasilitas untuk tingkat standar yang dapat diterima. Pemeliharaan dalam RCM: Pemastian bahwa aset fisik mampu melanjutkan untuk memenuhi fungsi yang diinginkan.



Gambar 9.1. Hubungan antara Kinerja dengan Waktu

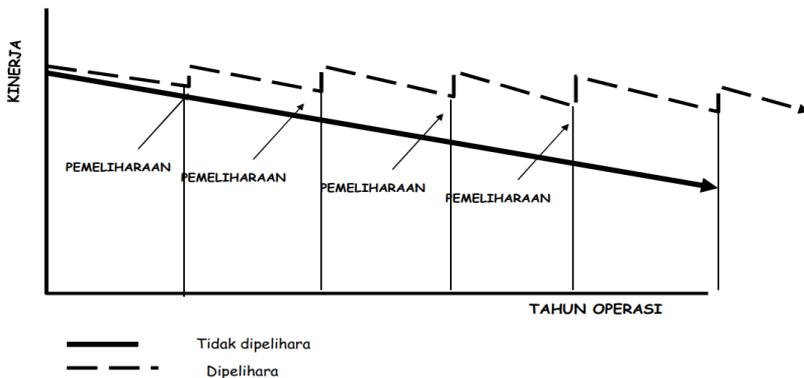
Kinerja suatu peralatan atau sistem akan mengalami penurunan seiring berjalannya waktu. Sistem yang tidak *maintain* dengan baik mengalami kerusakan yang lebih cepat, untuk itu DCS perlu dipelihara dengan baik agar unjuk kerjanya dapat dipertahankan pada nilai yang tinggi sehingga mampu bekerja dengan baik.

1. Tujuan Pemeliharaan DCS

Kegiatan pemeliharaan peralatan secara umum mempunyai tujuan yang ingin dicapai. Adapun pemeliharaan DCS diantaranya yaitu:

- Untuk memaksimalkan produksi (*reliability*, *availability*, dan *efficiency*).
- Untuk memperpanjang umur peralatan.
- Mengurangi risiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan.
- Meningkatkan *safety* peralatan.
- Mengurangi lama waktu padam akibat sering gangguan.
- Mengurangi terjadinya *breakdown* dan *emergency shutdown*.
- Mengoptimalkan sumberdaya (orang, tools, material).
- Mengurangi *downtime*.
- Meningkatkan kontrol terhadap persediaan suku cadang.
- Meminimalisir penggunaan energi.
- Mengoptimalkan masa pakai dari peralatan.
- Kontrol biaya dan budget.
- Identifikasi dan implementasi pengurangan biaya.

Salah satu tujuan penting dari kegiatan pemeliharaan yaitu mengembalikan peralatan pada kinerja yang diharapkan. Gambar berikut menjelaskan pentingnya melakukan pemeliharaan sebelum peralatan atau sistem mengalami penurunan yang drastis. Pada titik-titik tertentu sistem harus dirawat dengan baik agar kinerjanya kembali pada nilai yang diharapkan.



Gambar 9.2. Hubungan antara Kinerja dengan Waktu

2. Penyebab Kerusakan

Semua sistem didunia secara alami akan mengalami kerusakan. Hal ini sudah menjadi hukum alam yang tidak dapat dibantah. Kerusakan pada DCS juga mejadi keniscayaan. Permasalahannya kadang kerusakan yang terjadi disebabkan oleh hal-hal yang bukan semestinya. Beberapa penyebab kerusakan biasanya terjadi akibat adanya

a. Stres elektrik

Stres selektrikal yaitu kondisi listrik dan elektronik yang menyebabkan peralatan DCS bekerja dengan kondisi yang tidak baik. Stres elektrik dapat diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya.

- Tegangan lebih (*Over voltage*)
Tegangan lebih sering terjadi pada peralatan kontrol. Penyebab terjadinya tegangan lebih yaitu adanya petir yang merambat ke dalam jaringan listrik maupun instrument. Selain petir, tegangan lebih juga dapat terjadi pada saat terjadinya switching beban-beban besar. Switching dan petir dapat mengakibatkan tegangan lebih yang dapat merusakkan peralatan DCS. Tegangan lebih juga dihasilkan dari beban listrik yang tidak linear sehingga menimbulkan harmisa tegangan. Untuk menjaga gangguan terhadap tegangan lebih, sistem instalasi perlu dilengkapi dengan Arrester.
- Arus lebih (*Over current*)
Arus lebih merupakan salah satu penyebab terjadinya kerusakan pada sistem DCS. Arus lebih dapat terjadi karena adanya beban yang berlebih atau karena gangguan hubung singkat. Kabel yang rusak dapat menyebabkan gangguan hubung singkat sehingga merusak DCS baik dalam hardware maupun software. Untuk itu perlu ada pengaman dari gangguan arus lebih agar DCS dapat bekerja dengan baik.

b. Stress mekanikal

Kerusakan DCS dapat juga diakibatkan oleh stres yang diakibatkan oleh mekanikal. Instalasi kabel DCS yang kurang rapi dapat menimbulkan stres mekanik sehingga mengakibatkan kerusakan. Stres mekanik diantaranya adalah adanya tarikan, puntiran dan gesekan pada kabel instalasi, sambungan (*jointing*) lepasnya shielding dan efek-efek mekanis lainnya.

c. Stress Thermal

Semua peralatan baik mekanik, listrik maupun instrumen mempunyai Batasan kemampuan terhadap panas. Sistem DCS yang kebanyakan berisi rangkaian elektronika digital sangat rentan terhadap munculnya panas. Panas yang berlebihan dapat menyebabkan performansi DCS menurun dan bahkan dapat menyebabkan Error. Untuk mengatasi permasalahan ini perlu ada kegiatan pemeliharaan yang baik. Biasanya panas dapat diakibatkan secara alami (suhu lingkungan) maupun karena kondisi operasi. Beban yang terlalu besar, sambungan yang tidak sempurna, kabel yang sudah rusak dapat menyebabkan terjadinya gangguan arus lebih yang menyebabkan panas. Pemeliharaan rutin dengan menjaga kebersihan instalasi DCS, pengecekan hotspot pada titik-titik tertentu, penggunaan pendingin pada kontroler DCS dapat digunakan untuk mengurangi panas yang ditimbulkan.

d. Bahan-bahan Kimia

Pada umumnya DCS digunakan oleh industri proses yang menggunakan bahan-bahan kimia. Kondisi ini dapat mempengaruhi kerusakan peralatan. Asam yang pekat dapat menyebabkan kerusakan pada kabel, kadar garam yang tinggi dapat menyebabkan korosi pada peralatan yang terbuat dari logam. Gas-gas yang berbahaya dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada sistem. Untuk mengatasi kerusakan akibat bahan-bahan kimia, DCS perlu diberi

pelindung dalam instalasi pemasangannya dan diusahakan tidak terpapar secara langsung oleh bahan-bahan kimia tersebut.

Selain faktor-faktor penyebab kerusakan secara teknis yang telah dijelaskan di atas, terdapat juga berbagai faktor lainnya. Banyak kerusakan peralatan dan sistem yang diakibatkan oleh hal-hal berikut ini.

- **Kesalahan Desain (Perencanaan)**
Kesalahan ini bisa dihindari dengan melakukan perencanaan yang baik sesuai dengan kebutuhan. Perencanaan DCS harus dilakukan oleh orang yang kompeten dan memahami kebutuhan sistem baik sekarang maupun di masa mendatang. Kesalahan dalam merencanakan kebutuhan akan berakibat tidak optimalnya implementasi sistem DCS.
- **Kesalahan Pemilihan Material**
Kesalahan pemilihan komponen dan material sering terjadi dalam pekerjaan elektrikal maupun instrumentasi. Pemilihan sensor temperatur yang tidak tepat akan menyebabkan proses tidak dapat dikontrol dengan baik. Demikian juga dengan sensor pressure, level maupun flow rate. Pemilihan perangkat komunikasi, jumlah modul input dan output pada kontroler, pemilihan aktuator dan juga pemilihan komunikasi dalam jaringan.
- **Kesalahan Proses Pembuatan**
Kesalahan yang terjadi karena proses pabrikasi sangat mungkin terjadi karena kurangnya *quality control*. Untuk itu pastikan untuk mendapatkan perangkat dan peralatan DCS dari sumber-sumber (vendor, supplier) yang mempunyai reputasi dan memberikan garansi. Produk-produk yang mengalami kegagalan karena kesalahan pembuatan akan diberikan garansi yang memadai.

- **Kesalahan Pemasangan**
Kesalahan juga dapat diakibatkan oleh instalasi atau pemasangan yang kurang baik. Instalasi kabel, serat optik maupun wireless yang tidak sempurna dapat menjadikan terjadinya interferensi atau noise yang akan mengganggu kinerja sistem DCS. Penempatan atau routing jalur DCS, pemasangan jalur fiber optik, pemilihan frekuensi radio, penyambungan kabel dan setting peralatan yang tidak standar akan berpotensi menimbulkan masalah.
- **Kesalahan Operasi**
Penurunan performasi peralatan DCS dapat juga terjadi karena operasi yang tidak baik. Kenaikan beban atau penurunan beban yang terlalu besar akan menyebabkan sistem mengalami transien sehingga mempercepat kerusakan alat. Perubahan parameter harus dilakukan secara halus agar sistem tidak mengalami kenaikan arus atau tegangan secara mendadak.
- **Kesalahan Pemeliharaan**
Faktor yang sering muncul dalam pemeliharaan peralatan yaitu faktor kurangnya pemeliharaan. Pemeliharaan yang tidak baik justru dapat mengakibatkan sistem DCS dapat mengalami kerusakan. Untuk itu perlu ada perencanaan yang baik dan implementasi rencana dengan baik pula.
- **Kesalahan Karena Lingkungan (Alam)**
Lingkungan kerja sering kali menjadi faktor utama terjadinya kerusakan peralatan. Secara alami lingkungan dapat merusak berbagai peralatan DCS seperti panas, hujan, angin kencang, banjir, gempa bumi, dan lingkungan ekstrim lainnya. Oleh karena itu, DCS harus dilindungi dari kemungkinan kerusakan secara dini akibat lingkungan yang kurang kondusif.

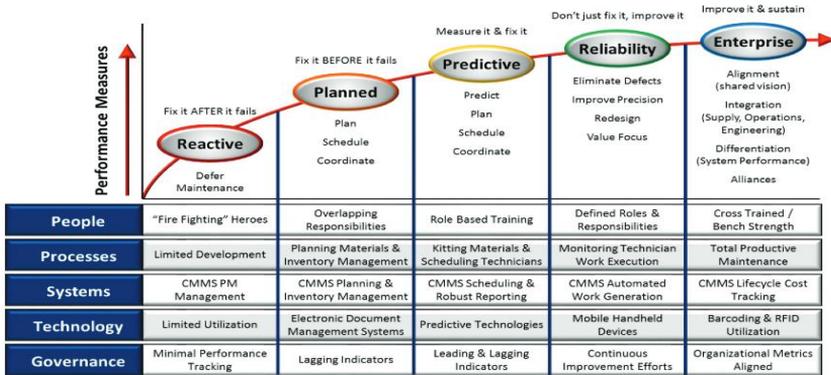
- **Kesalahan Manusia**
Kerusakan juga dapat diakibatkan oleh manusia atau dikenal dengan istilah human error. Untuk menghindari kerusakan ini, perlu ada standar operating procedure (SOP) dan instruksi kerja yang jelas agar kesalahan ini dapat dihindari. Peningkatan kompetensi tenaga kerja baik operator, teknisi maupun engineer juga perlu dilakukan.

Dengan memperhatikan berbagai penyebab terjadinya kerusakan peralatan DCS dan peralatan lainnya, diharapkan dapat dilakukan upaya-upaya yang sistematis dan terstruktur sehingga dapat dihindari terjadinya kerusakan yang tidak perlu.

B. Perkembangan Strategi Maintenance

Secara umum, kegiatan maintenance meliputi sub kegiatan perawatan dan perbaikan yang dilakukan oleh manusia untuk menjaga, mempertahankan performansi sistem agar dapat digunakan setiap saat dalam kondisi prima. Strategi, pendekatan, metode pemeliharaan terus mengalami perkembangan seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi. Pada awal perkembangannya, strategi pemeliharaan lebih condong menggunakan pemeliharaan reaktif. Strategi ini akan melakukan pemeliharaan jika terdapat masalah pada sistem. Perkembangan selanjutnya mengarah pada pencegahan. Selanjutnya berkembang menjadi prediktif dan proaktif.

Gambar di bawah ini menunjukkan arah perkembangan strategi, pendekatan dan metode pemeliharaan di industri.



Gambar 9.3. Perkembangan Pemeliharaan

Berdasarkan sifatnya sistem maintenance dapat dikelompokkan menjadi:

1. Breakdown Maintenance (Corrective Maintenance/CM)

Breakdown Maintenance merupakan metode maintenance yang paling sederhana, dimana kegiatan maintenance dilakukan bila ada gangguan atau kondisi tidak normal yang berpotensi mengganggu sistem. Kegiatan maintenance ini dapat diterapkan untuk merawat dan memperbaiki peralatan-peralatan DCS yang mempunyai karakteristik tidak membutuhkan perawatan rutin.

Strategi breakdown maintenance berpedoman peralatan dan mesin dioperasikan tanpa perawatan sampai kerusakan terjadi. Peralatan dibiarkan beroperasi sampai terjadi kerusakan baru dilakukan perbaikan. Dengan kata lain, tidak ada tindakan perawatan sebelum terjadi kegagalan. Strategi ini dikenal dengan istilah "Run To Failure Maintenance". Filosofi pemeliharaan ini yaitu "just let it break". Strategi ini digunakan peralatan yang perawatannya sulit atau biaya perawatan sangat mahal sehingga lebih baik dibiarkan sampai rusak.

Contoh peralatan DCS yang tidak membutuhkan perawatan rutin diantaranya:

No.	Peralatan DCS	Jenis Kerusakan	Hasil Perbaikan	Keterangan
1.	Komunikasi data kabel serat optik instalasi bawah tanah maupun udara	Putus	Penggantian bagian yang putus	
2.	Power Suplly	Drop tegangan	Penggantian unit yang mengalami masalah	
3.	Repeater	Penurunan Noise of ratio	Setting ulang atau penggantian	

Kelebihan Breakdown Maintenance

- Murah
- Personil sedikit
- Mesin tidak dirawat secara berlebihan

Kekurangan Breakdown Maintenance

- Meningkatnya biaya akibat downtime yang tidak terencana dari peralatan.
- Meningkatnya biaya pekerja, terutama jika dibutuhkan lembur.
- Biaya tambahan terkait perbaikan dan penggantian peralatan.
- Biaya tambahan akibat kerusakan yang menyebar ke komponen lain. dan terjadinya kerusakan fatal (catastrophic).
- Kerugian produksi besar.
- Tidak efisiennya penggunaan dari pekerja.

2. Preventive Maintenance (PM)

Berbeda dengan breakdown atau corrective maintenance, preventif maintenance menggunakan pendekatan tindakan pencegahan untuk menghindari peralatan mengalami kerusakan atau masalah selama digunakan. Untuk melakukan tindakan pencegahan perlu dilakukan tindakan-tindakan yang dilakukan secara rutin agar dapat mencegah munculnya gangguan. Secara logika jika preventif maintenance dilakukan, maka corrective maintenance akan berkurang. Kegiatan preventif maintenance dapat dilakukan secara jangka pendek, harian, mingguan, bulanan atau jangka menengah tiga bulan, enam bulan atau juga jangka panjang tahunan atau lebih.

Industri banyak menerapkan preventif maintenance untuk mencegah peralatan mengalami kerusakan atau gangguan pada saat beroperasi karena hal ini dapat menyebabkan kerugian yang besar. Demikian juga dengan laboratorium, perlu diterapkan pencegahan agar tidak mengalami gangguan atau permasalahan pada saat digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

Contoh peralatan DCS yang perlu dilakukan preventif maintenance diantaranya:

No.	Peralatan DCS	Kegiatan Perawatan	Periode	Keterangan
1.	Instalasi DCS	Pengecekan kebersihan	1 minggu	
2.	Power Supply	Pengecekan tegangan	1 bulan	
3.	Kontroler	Pengecekan panas	1 bulan	
4.	Wiring	Pengecekan kualitas sinyal	3 bulan	
5.	Transmitter	Pengecekan sinyal	3 bulan	
6.	Sensor	Kalibrasi	3 bulan	

3. Predictive Maintenance (PDM)

Predictive maintenance merupakan kegiatan perawatan dan perbaikan sistem yang dilakukan dengan bantuan alat ukur untuk mengukur parameter-parameter produksi dan melakukan analisis terhadap *life time* sistem berdasar hasil pengukuran. Hasil analisis digunakan untuk memprediksi kapan harus dilakukan overhaul. Predictive Maintenance biasanya dilakukan pada peralatan-peralatan laboratorium rujukan atau industri yang mempunyai dampak besar jika mengalami kegagalan atau kerusakan pada saat beroperasi. Predictive maintenance membutuhkan peralatan-peralatan khusus yang harganya mahal sehingga perlu dipikirkan kecocokannya dengan penggunaan untuk kegiatan maintenance pada laboratorium sekolah. Metode ini biasanya dilakukan untuk mengetahui performansi atau umur pakai peralatan-peralatan listrik.

Contoh peralatan DCS yang perlu dilakukan predictive maintenance diantaranya:

No.	Peralatan DCS	Kegiatan Perawatan	Fungsi	Keterangan
1.	Komputer /Perangkat HMI	Pengecekan suhu operasi	Pengecekan keandalan	
2.	Hub/Switch	Pengecekan kecepatan koneksi internet	Memastikan kecepatan upload/download	
3.	Catu daya	Pengecekan tegangan	Power supply sistem DCS	
4.	Wiring	Pengecekan koneksi dan kualitas sinyal	Pengecekan koneksi dan kualitas sinyal	
5.	Printer	Pengecekan tinta printer	Untuk mengetahui apakah tinta printer perlu diisi ulang atau diganti dalam waktu mendatang	

4. Proactive Maintenance

Strategi pemeliharaan ini dapat didefinisikan sebagai kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) yang menitikberatkan pada indentifikasi akar permasalahan dan memperbaikinya untuk mengurangi kemungkinan mesin mengalami kerusakan. Filosofi yang digunakan adalah “fix it once and fix it right”. Strategi ini dapat memaksimalkan umur operasi mesin dan meningkatkan keandalan serta efisiensinya melalui berbagai kegiatan yang dilakukan antara lain:

- Analisis penyebab kegagalan (*Root Cause Failure Analysis*)
- Instalasi mesin dilakukan dengan kepresisian yang tinggi.
- Pelatihan personal baik operator, teknisi maupun engineer sehingga mampu melaksanakan tugas sesuai dengan standar.
- Mengerti mekanisme peralatan/mesin.
- Memahami hubungan antara peralatan/mesin dengan kualitas.
- Memaksimalkan usia pakai dari peralatan/mesin.
- Fokus dalam mengidentifikasi akar masalah dan solusinya.
- Mempunyai kepedulian dalam menjaga dan merawat mesin DCS dengan baik.

Kelebihan Strategi Proactive Maintenance

- Umur operasi mesin bisa lebih diperpanjang.
- Keandalan mesin meningkat.
- Kegagalan mesin dapat dikurangi.
- Biaya perawatan keseluruhan bisa dikurangi.

Kelemahan Strategi Proactive Maintenance

- Investasi dengan biaya tinggi untuk peralatan instrumen dan keahlian personal.
- Diperlukan keahlian khusus dari para personilnya.
- Dibutuhkan investasi waktu untuk menerapkan metode ini.

- Butuh perubahan cara berpikir (filosofi) dari mulai level manajemen sampai ke level paling bawah.

5. Reliable Center Maintenance (RCM)

RCM merupakan pengembangan pendekatan maintenance proactive yang banyak digunakan pada industri besar. Kegiatan RCM melibatkan semua bagian yang terkait (*stakeholders*) dengan peralatan DCS. Di industri, RCM melibatkan engineer sebagai pemilik sistem, bagian maintenance yang bertugas untuk merawat dan memperbaiki dan juga operator sebagai pemakai sistem. Pendekatan RCM didasarkan pada data-data atau kejadian-kejadian yang pernah terjadi untuk dilakukan pengukuran akar penyebab permasalahan (*root cause*) sehingga dapat diantisipasi. Dasar RCM adalah pengukuran keandalan sistem secara keseluruhan yang diukur berdasar keandalan sub-sub komponen penyusunnya.

Kelebihan Strategi RCM

- Umur operasi mesin bisa lebih diperpanjang.
- Keandalan mesin meningkat.
- Kegagalan mesin dapat dikurangi.
- Biaya perawatan keseluruhan bisa dikurangi.

Kelemahan Strategi RCM

- Investasi dengan biaya tinggi untuk peralatan instrumen dan keahlian personal.
- Diperlukan keahlian khusus dari para personalnya.
- Dibutuhkan investasi waktu untuk menerapkan metode ini.
- Butuh perubahan cara berpikir (filosofi) dari mulai level manajemen sampai ke level paling bawah.

6. Productive Maintenance (PM)

Productive maintenance merupakan pendekatan maintenance yang menitikberatkan pada upaya peningkatan produktivitas. Untuk itu diperlukan adanya kerjasama antara bagian maintenance dengan bagian lain seperti pengguna, engineer dan bagian lainnya. Dengan pendekatan ini, maintenance menjadi tanggung jawab bersama antara sumber daya manusia yang berkaitan dengan sistem. Operator atau pengguna juga ikut dalam upaya perawatan dan perbaikan.

Pendekatan productive maintenance dapat diterapkan untuk pemeliharaan sistem DCS dengan konsep bagaimana sistem ini mampu meningkatkan produktivitas, efektivitas, dan efisiensi. DCS tidak hanya dijadikan sebagai dipandang sebagai sebuah sistem kontrol proses, melainkan sebagai sebuah kesatuan sistem yang mempunyai tujuan untuk meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan.

Strategi ini membutuhkan sosialisasi dan pemahaman kepada semua pekerja agar mempunyai kesadaran dan kepedulian untuk Bersama-sama menjaga, merawat dan memelihara sistem. Konsep TPM ibarat tubuh manusia, apabila ada salah satu anggota badan yang sakit, maka anggota badan lainnya ikut merasakan dampaknya dan berusaha untuk membantu menyembuhkan luka bagian yang sakit tersebut. Dengan pendekatan ini, pemeliharaan DCS dapat dilakukan dengan melibatkan semua pekerja apabila mengetahui gejala awal akan terjadinya gangguan maka secara pro aktif ikut peduli dan membantu dalam mengatasinya.

Kelebihan Strategi TPM

- Umur operasi mesin bisa lebih diperpanjang.
- Keandalan mesin meningkat.
- Kegagalan mesin dapat dikurangi.
- Biaya perawatan keseluruhan bisa dikurangi.

Kelemahan Strategi RCM

- Butuh training khusus berkaitan dengan peningkatan kesadaran dan kepedulian.
- Butuh kerjasama seluruh karyawan dengan baik.
- Perlu waktu lama dalam membangun budaya ini.

7. Integratif Maintenance (IM)

Perkembangan strategi maintenance sekarang ini mengarah pada sistem maintenance secara integrasi yaitu yang menggabungkan berbagai pendekatan, strategi dan metode yang terkait. Maintenance tidak hanya menjadi urusan divisi maintenance saja, melainkan melibatkan divisi-divisi lain yang terkait seperti divisi engineering sebagai pemilik peralatan atau sistem, divisi produksi sebagai tenaga pihak pengguna sistem, divisi keuangan sebagai pihak yang membiayai seluruh kegiatan produksi, divisi warehousing sebagai tempat atau pemilik sparepart dan komponen peralatan, dan divisi-divisi lainnya. Oleh karena itu, sistem maintenance perlu diintegrasikan antar unit agar dapat dilakukan sharing informasi guna membuat keputusan terbaik.

Integratif maintenance merupakan pandangan baru dalam maintenance yang mencoba untuk mengintegrasikan berbagai divisi yang ada guna meningkatkan efektivitas dan efisiensi sistem maintenance. Perawatan dan pemeliharaan laboratorium perlu melibatkan berbagai aspek di sekolah. Semua pihak yang terkait diminta berpartisipasi dalam pengembangan sistem yang ada di industri.

C. Kegiatan Maintenance DCS

Kegiatan pemeliharaan DCS dapat dilakukan dengan berbagai strategi, pendekatan maupun metode pemeliharaan yang ada. Beberapa contoh kegiatan pemeliharaan yang sering dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pemeliharaan Power Supply

Power supply merupakan komponen penting pada DCS, oleh karena itu harus dilakukan pemeliharaan dengan baik. Power supply sangat menentukan kinerja DCS. Beberapa pemeliharaan pada komponen power supply dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Menjaga tegangan power supply tegangan DC pada nilai yang konstan.
- Pastikan tegangan DC Stabil.
- Menghindari terjadinya drop tegangan pada power supply dan dihindari seminimal mungkin.
- Jika suplai tegangan drop di bawah 85% selama 10 nS untuk power supply AC atau 2 mS untuk power supply DC, DCS dan peralatan PLC akan berhenti beroperasi dan semua output akan OFF.
- Gunakan power supply cadangan untuk backup DCS pada sistem kontrol yang kritis.

2. Pemeliharaan Wiring

Wiring merupakan komponen penting yang menghubungkan antara peralatan yang berada di field (sensor, actuator) dengan peralatan kontroler dan komponen-komponen lainnya. Oleh karena itu perlu dilakukan pemeliharaan yang baik. Pemeliharaan wiring pada sistem kontrol DCS dapat dilakukan dengan cara:

- Gunakanlah kabel sesuai dengan pedoman yang tercantum pada buku manual.
- Pastikan pemasangan kabel sudah benar dan kencang.

- Periksa proteksi eksternal untuk memproteksi terhadap arus hubung singkat.
- Periksa layout dan penempatan kabel komunikasi, tidak berada dalam satu saluran dengan kabel listrik tegangan tinggi yang dapat menyebabkan gangguan dan kerusakan.
- Pastikan terminal blok dan konektor yang terhubung polaritasnya sudah benar.
- Periksa label yang melekat pada FCU maupun FIO atau CPU ketika adanya pengawatan yang dilepas dari Unit.
- Periksa label yang terpasang di DCS telah disediakan pelindung yang mencakup ketika pelindung kabel untuk mencegah debu atau kabel lepas dari Unit.
- Setelah melepaskan kabel yang tidak dipakai pastikan label telah dibuang. Jangan meninggalkan label yang melekat dapat menyebabkan kerusakan.
- Periksa menggunakan konektor dan bahan kabel sesuai dengan yang ditentukan dalam manual yang relevan.
- Ketika memeriksa tegangan pastikan terminal pembumian.
- Periksa menggunakan tegangan suplai daya yang tertera di manual operasi, kesalahan tegangan dapat menyebabkan kerusakan.
- Periksa rated tegangan dan frekuensi sesuai standar, hati-hati di tempat-tempat di mana catu daya tidak stabil.
- Periksa tegangan terminal input tidak melebihi tegangan standarnya, tegangan lebih dapat menyebabkan kebakaran.
- Periksa tegangan terminal output atau menghubungkan beban ke terminal output lebih besar dari kapasitas maksimum, tegangan atau beban lebih dapat mengakibatkan kebakaran.
- Periksa semua kabel dan pengaturan unit sebelum menyalakan catu daya, kabel yang salah dapat mengakibatkan kebakaran.
- Periksa program operasi untuk menjalankan mesin telah benar-benar tepat sebelum menjalankannya pada unit. Tidak memeriksa program dapat menyebabkan operasi yang tak terduga.

3. Pemeliharaan Program

DCS merupakan peralatan yang terdiri atas hardware dan software. Pemeliharaan tidak hanya sebatas pada hardwarenya saja, melainkan juga pada softwarenya. Tindakan preventif harus diambil oleh operator untuk memastikan keamanan dalam hal kejadian sinyal yang salah, hilang, atau abnormal yang disebabkan oleh line sinyal rusak, gangguan listrik sesaat, atau penyebab lainnya. Periksa apakah rangkaian kontrol yang dibuat untuk rangkaian I/O tidak akan menyala sebelum power supply untuk CPU Unit menyala. Apabila power supply untuk rangkaian I/O telah menyala sebelum power supply untuk Unit, maka operasi normal mungkin terganggu sementara. Jika modus operasi berubah dari mode RUN atau mode MONITOR ke mode PROGRAM, dengan menahan IOM Bit ON, output akan terus status terbaru.

4. Back Up Data

Back up data merupakan upaya untuk menyimpan data-data yang terkait dengan perancangan dan operasional DCS pada media penyimpanan data elektronik. Sebuah produksi yang dikendalikan oleh DCS mempunyai data yang sangat besar berkaitan dengan data-data parameter kontrol. Data-data operasional pada DCS harus disimpan dengan baik guna mendapatkan data-data histori dan tren kondisi sistem. Dengan manajemen data yang baik akan didapat hasil yang baik pula.

Pemeliharaan untuk DCS dengan back up data adalah untuk mendapatkan data-data original atau data yang telah dimodifikasi. Data back up ini diperlukan apabila mesin mati atau data di DCS hilang maka data tersebut bisa digunakan untuk mengembalikan control DCS yang ada ke kondisi awal sesuai dengan data back up yang dimiliki. Dengan adanya data back up teknisi atau operator tidak harus melakukan setting ulang control (tunning) sehingga proses bisa tetap jalan.

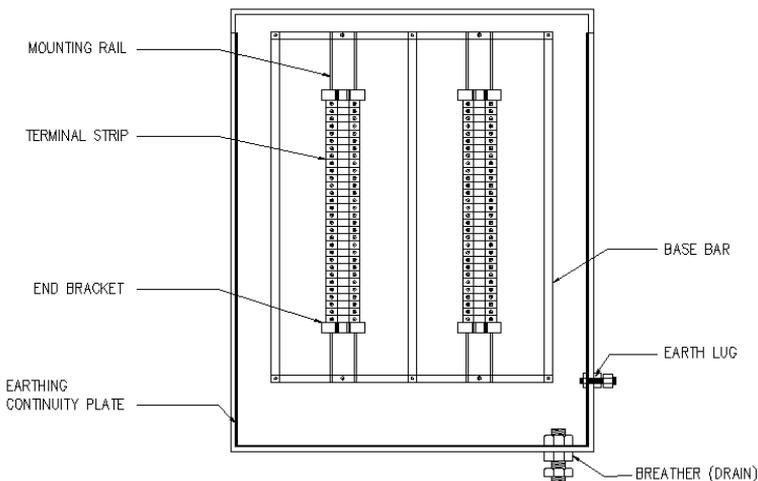
Backup data DCS sekarang ini dapat dilakukan melalui mekanisme cloud computing, di mana data-data disimpan di server berkapasitas besar yang dapat diakses dengan kecepatan tinggi. Dengan konsep cloud computing ini, data-data proses dapat dengan mudah dan cepat dilakukan analisis guna kepentingan

setting parameter dan pengaturan ulang parameter-parameter kontrol sesuai dengan situasi dan kondisi lapangan.

D. Maintenance Junction Box

Junction Box merupakan penutup yang digunakan untuk interkoneksi kabel antara perangkat lapangan dan ruang kontrol. Perangkat ini berfungsi untuk membungkus strip terminal untuk penyambungan kabel. Salah satu masalah yang sering terjadi pada DCS adalah karena permasalahan di Junction Box. Oleh karena itu, komponen ini menjadi salah satu komponen dalam DCS yang memegang peran vital dalam proses instalasi. Konsekuensi pemilihan topologi jaringan sistem DCS mengakibatkan komponen-komponen utama DCS harus dihubungkan satu dengan lainnya. Hubungan fisik antara satu komponen dengan komponen lain dapat dilakukan dengan konektor.

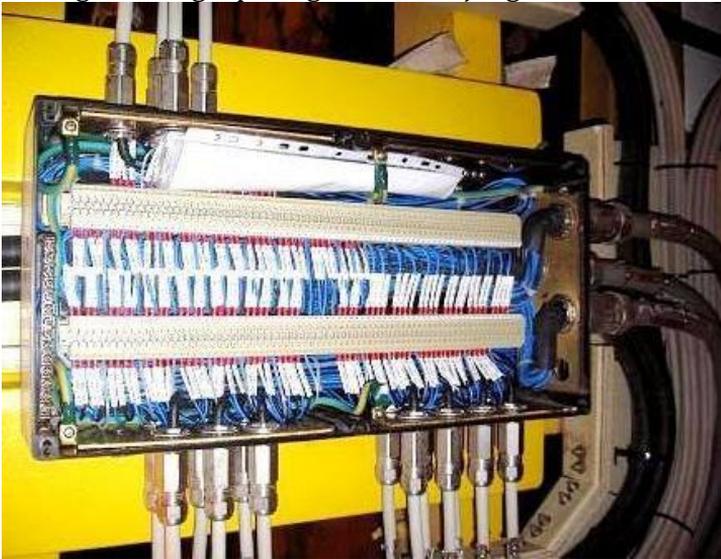
Pemeliharaan junction Box pada DCS perlu dilakukan agar sinyal yang diterima atau dikirim dari DCS ke lapangan untuk proses pengendalian bisa tetap baik dan normal. Apabila junction box kotor maka akan mengakibatkan koneksi yang ada di panel tersebut akan terganggu hal ini bisa mengakibatkan perubahan signal yang dikirim atau diterima oleh DCS, serta dengan pemeliharaan pada junction box yang baik akan segera diketahui sambungan-sambungan yang rusak yang akan menghambat proses pengendalian dari DCS.



Gambar 9.5. Junction Box pada DCS

Junction Box harus dirancang agar sesuai dengan kondisi lingkungan di mana kotak akan dipasang dan harus memiliki sertifikasi kode proteksi (Ingress Protection Code) dan perlindungan area berbahaya yang sesuai dengan area rahasia. Junction Box terdiri atas bagian-bagian berikut, tetapi tidak terbatas pada:

- Blok terminal yang terdiri atas strip terminal untuk koneksi kabel.
- Gland plate (untuk kotak sambungan non logam) untuk pbumian kelenjar kabel.
- Bus Bar untuk pbumian (Earthing).
- Breather/Drain Plug.
- Mounting Rail lengkap dengan braket ujung.



Gambar 9.6. Junction Box pada DCS

E. Maintenance Operator Station

Pemeliharaan yang dilakukan untuk operator station yang dilakukan teknisi untuk menjaga performa dari Operator Station adalah sebagai berikut.

1. Membersihkan operator station.
2. Melakukan back up data operator station.
3. Melakukan restore data untuk operator station.

4. Melakukan pengecekan jalur komunikasi.
5. Memperbaiki display OS yang sudah tidak sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan.



Gambar 9.7. Junction Box pada DCS

F. Restore Data

Restore data adalah suatu cara untuk memasukan kembali data-data hasil back up yang telah dilakukan oleh teknisi atau operator dengan prosesur yang telah dijelaskan sebelumnya.

Fungsi restore data ini agar data bisa kembali ke setingan sebelumnya atau ada masalah pada data di DCS sehingga terjadi “Hang” sehingga data bisa diselamatkan dan digunakan kembali setelah reset DCS dilakukan.

G. Maintenance Sistem Komunikasi Antar DCS dan Operator Station

Untuk pemeliharaan sistem komunikasi diperlukan agar antara operator station dan kontroler atau DCS bisa bekerja dengan baik yaitu dengan cara:

1. Check Signal standar yang dipancarkan.
2. Test Loop feed back TCP/IP.
3. Check connection unit dengan melihat bit data yang ditransfer di connection unit.

H. Reset

Reset dilakukan apabila terjadi hang pada DCS pada saat pengendalian atau hang yang terjadi pada operator station. Hang adalah proses yang terhenti sehingga kontroler tidak dapat memberikan respon terhadap perubahan input dan parameter kontrol. Hang dapat terjadi karena komputer mengalami gangguan seperti memori yang terlalu penuh, atau gangguan pada masalah sistem operasi (Windows) yang digunakan. Gangguan lain yang dapat menyebabkan hang yaitu kualitas energi listrik yang kurang baik. Flicker atau kedip tegangan sering kali menyebabkan sistem DCS atau PLC mengalami gangguan dan kadang dapat menyebabkan Hang.

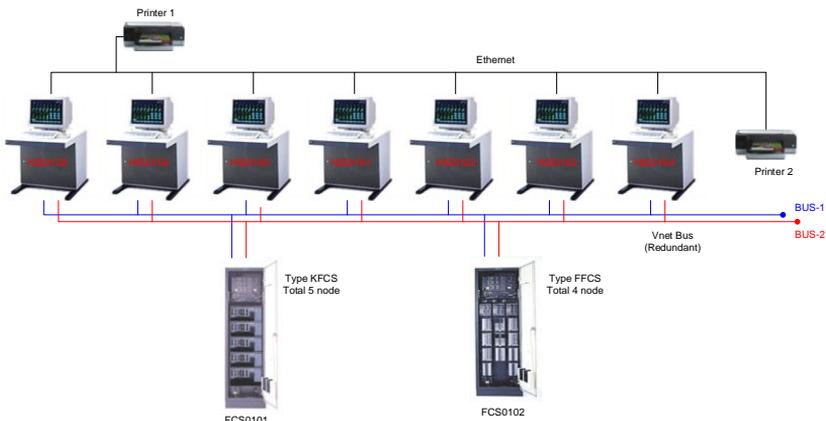
Untuk mengatasi masalah gangguan sistem DCS hang pada sistem komputer, dapat dilakukan dengan melakukan reset atau restarting komputer.

BAB X

STUDI KASUS

A. Permasalahan

Pada field suatu perusahaan pengolahan minyak dibutuhkan suatu sistem kontrol yang dapat mengontrol dan memonitoring proses yang terjadi. Dibutuhkan suatu perangkat DCS. Project yang akan dibuat diberikan nama TTPJT-09 yang dibuat dengan konfigurasi seperti dibawah ini:



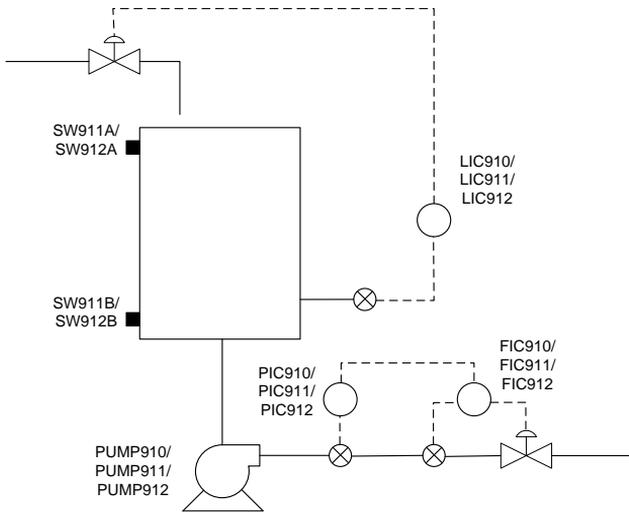
Gambar 10.1. Konfigurasi Sistem DCS

Keterangan:

Ada 7 HIS Tipe desktop dan 2 FCS tipe FFCS dan KFCS dengan 2 buah printer.

Permintaan:

Dibutuhkan TREND, CONTROL GROUP dan GRAPHIC-nya dalam pengontrolan dan monitoring proses yang sedang berlangsung. Salah satu proses yang terjadi dalam pengontrolan di field.



Gambar 10.2. Blok Diagram Sistem Kontrol

Jika level $LIC912 \geq 80\%$, kemudian SW912A akan hidup (ON) dan 5 detik kemudian PUMP912 akan jalan, PIC911 akan berubah ke mode AUT (auto) dan FIC912 akan berubah ke mode CAS (cascade).

Jika level $LIC912 \leq 10\%$, kemudian switch SW912B akan hidup (ON), sedangkan PUMP 912 akan berhenti (STOP), serta

PIC912 dan FIC912 akan berubah juga ke mode MAN (Manual).

Dengan adanya data dan proses jalannya sistem, dapat dibuat suatu sistem yang dapat mengendalikan dan mengambil data sesuai dengan proses yang berlangsung. Berikut akan diuraikan cara pembuatan dari sebuah sistem kontrol dengan menggunakan DSC CENTUM CS3000.

B. Proses Engineering pada Elemen Kontrol

Langkah 1:

Pembuatan project baru (New Project)

Sebelum melakukan proses engineering project pada Centum CS3000 software, terlebih dahulu dalam Engineering Work Station (EWS) harus telah terinstall Centum CS3000 dengan level Security sebagai Engineering user. Setelah dipastikan bahwa dalam EWS security levelnya engineering user, dapat membuat project sesuai yang diinginkan.

Hal yang perlu diingat bahwa dalam setiap akhir melakukan perubahan atau perancangan pada pembuatan project perlu dilakukan penyimpanan (SAVE) dan UPDATE.

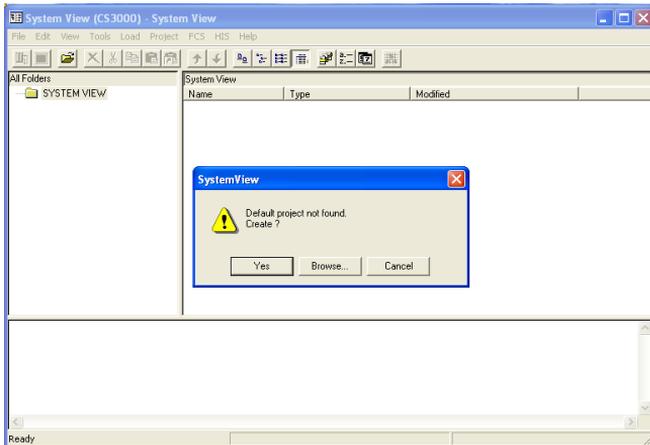
Langkah pembuatan project baru:

- klik start → program → Yokogawa Centum → System view



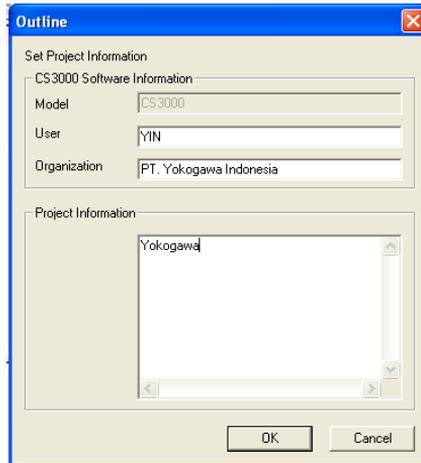
Gambar 10.3. Menu Membuka Software DCS Centum CS3000

- Selanjutnya akan masuk dalam system view CS3000 dan akan terdapat kotak dialog yang meminta untuk dibuat project baru sesuai dengan nama yang kita inginkan. Tekan tombol “Yes”, lalu ikuti langkah selanjutnya dan tulis nama project sesuai dengan permintaan yaitu TTPJT-09.



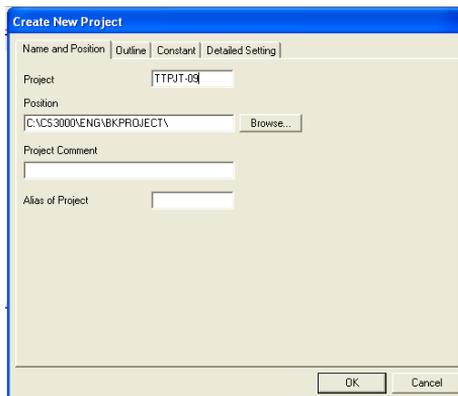
Gambar 10.4. Tampilan Sistem View Software Centum

- Isikan project information lalu tekan tombol “OK”



Gambar 10.5. Menu Pengisian Identitas Projek

- Selanjutnya masuk dalam window create new project, dan isikan nama project TTPJT-09 → tekan tombol “OK” → tunggu beberapa saat sampai muncul kotak window selanjutnya.



Gambar 10.6. Memberi Nama Projek

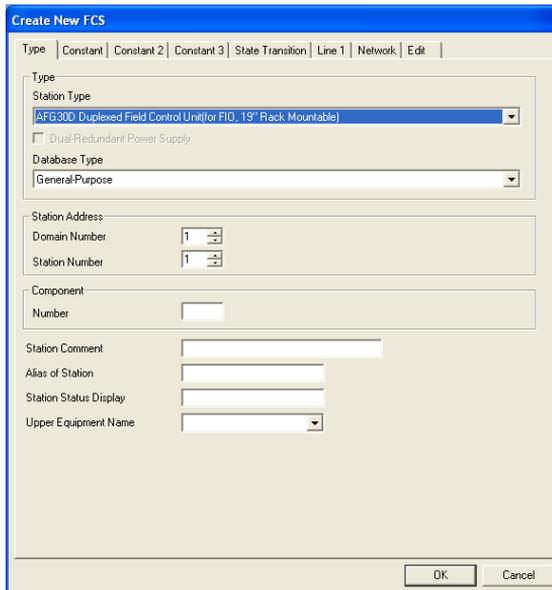
- Dalam window Create New FCS dan pilih tipe FCS yang diinginkan. Dalam hal ini digunakan tipe FCS AFG30D yang merupakan jenis KFCS.

Atur : data base type → General Purpose

Domain number → 1

Station number → 1

Selanjutnya tekan tombol “OK”

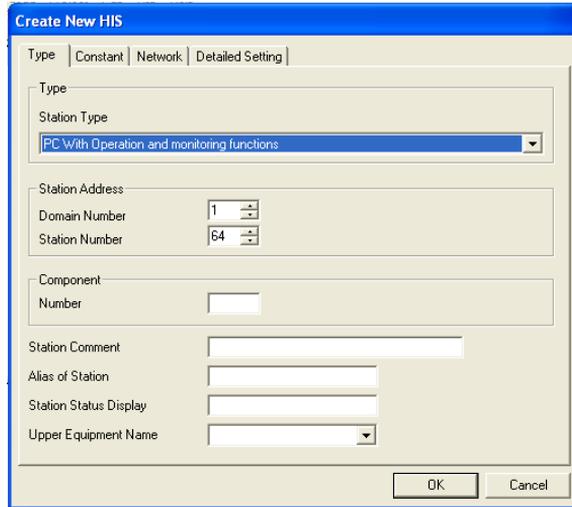


Gambar 10.7. Membuat FCS Baru

- Dalam window Create New HIS, pilih tipe HIS (human Interface Station) yang diinginkan yaitu tipe “PC with operation and monitoring function” dan atur : domain number → 1

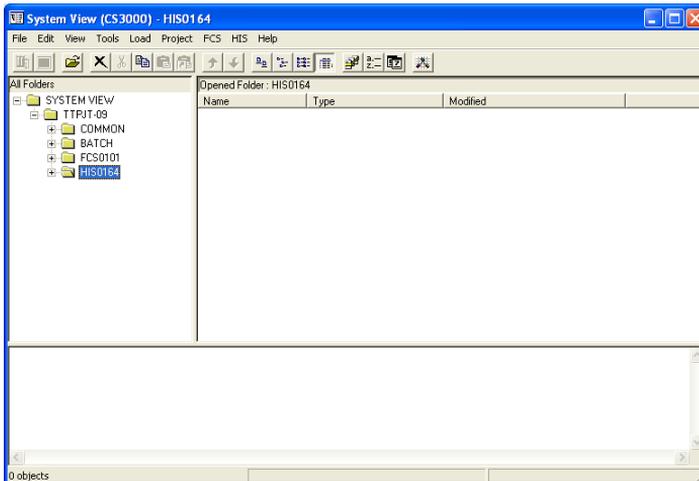
Station number → 64

Selanjutnya tekan “OK”



Gambar 10.8. Membuat HIS

- Proses pembuatan project dengan 1 FCS dan 1 HIS telah selesai sehingga tampil seperti di bawah ini.



Gambar 10.9. Tampilan HIS pada System View

- Selanjutnya diteruskan dengan pembuatan 1 buah lagi FCS tipe FFCS dan 6 buah HIS lainnya.
Type FCS : AFF50D

Domain number: 1

Station Number: 2

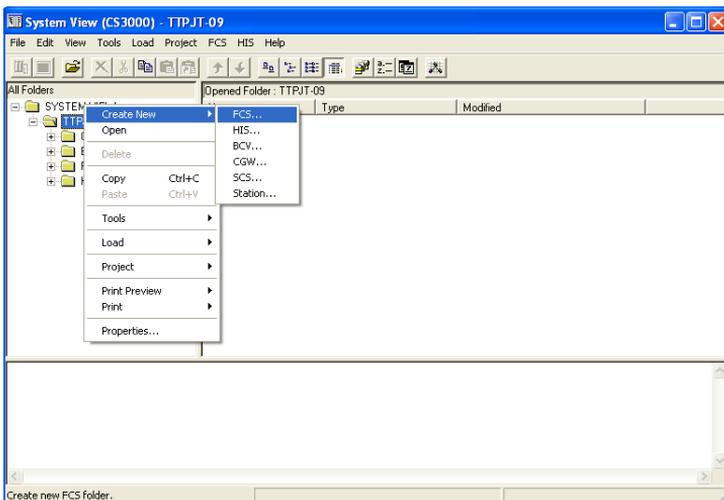
Type HIS (6) : PC with operation and monitoring function

Domain number: 1

Station number: 63, 62, 61, 60, 59, 58

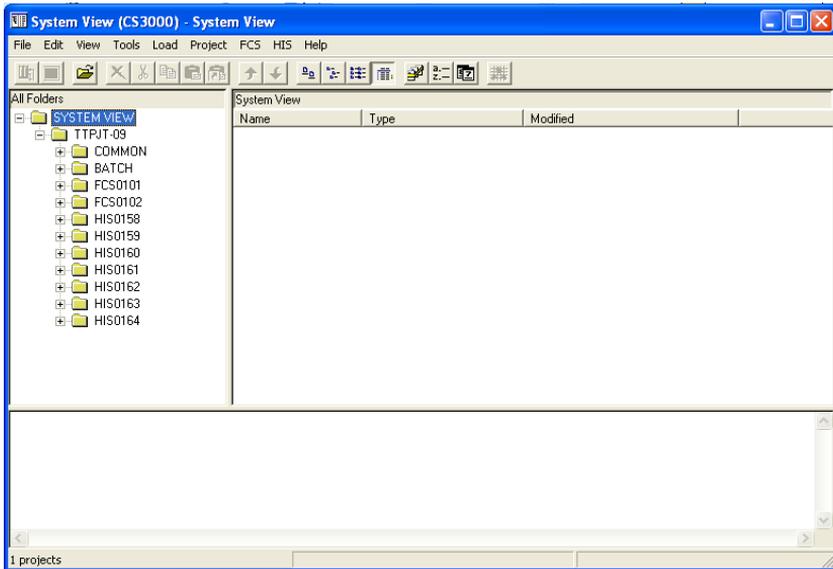
Cara penambahan FCS baru dan HIS baru dengan cara klik kanan pada nama project TTPJT-09 → create new → FCS or HIS.

Atur tipe FCS atau HIS sesuai dengan permintaan awal.



Gambar 10.10. Tampilan Create FCS Baru

Lakukan langkah di atas sampai penambahan 1 buah FCS dan 6 HIS selesai, seperti gambar berikut:



Gambar 10.11. Tampilan System View Sistem

Langkah 2:

Pembuatan Elemen Kendali

Dalam suatu perancangan suatu sistem kendali perlu dimasukkan atau dijabarkan elemen-elemen kendali yang digunakan. Seperti port (node) Switch, Analog input/output, digital input/output dan lainnya. Untuk mengerjakan project sesuai permintaan diatas maka perlu dibutuhkan beberapa modul input/output sebagai berikut (catatan: modul input/output sesuai permintaan customer/yang dipunyai customer).

Type	Explanation
AAI141-S	16 channel current input

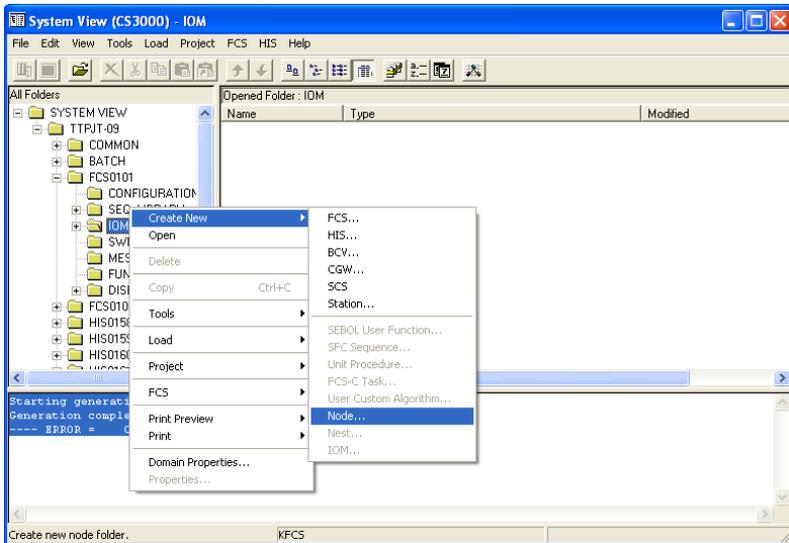
AAI543-S 16 channel current output, isolated

ADV551-P 32 channel status output

Langkah selanjutnya adalah pengisian elemen kendali yang sering disebut dengan node pada sistem FCS0101 pada folder node. Sesuai dengan permintaan bahwa pada FCS0101 5 node dan FCS0102 terdapat 4 node. Oleh karena itu, perlu dibuat pengisian atau penjabaran node-node tersebut pada setiap FCS.

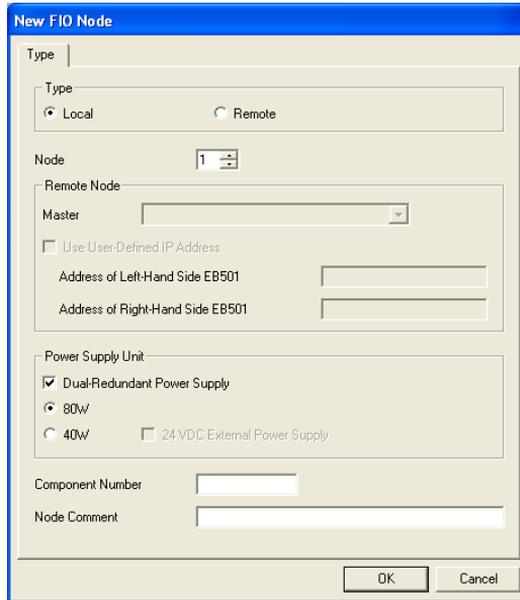
Pengisian node-node;

- masuk dalam sistem view CS3000, klik FCS0101 → klik kanan IOM → Create New → Node



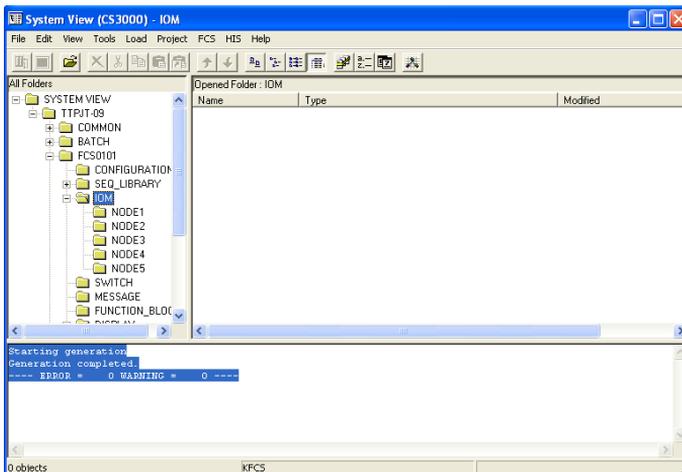
Gambar 10.12. Create Node

- lalu akan muncul window New FIO Node seperti berikut; atur nomor node : 1 sampai 5 node pada FCS0101



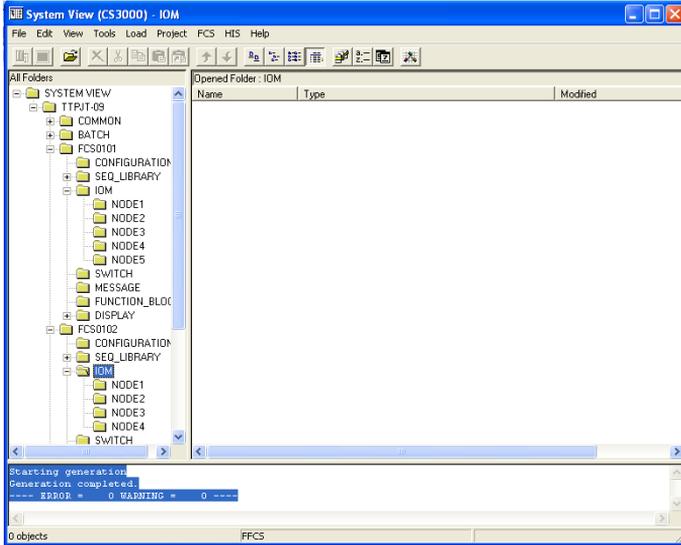
Gambar 10.13. Menu FIO Node

- Lakukan langkah tersebut untuk pemasangan node yang lain (node 1 - node 5). Hasilnya dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 10.14. Tampilan Sistem Window

- Lakukan juga langkah di atas untuk FCS0102 dengan menambahkan 4 buah node (node 1- node 4).

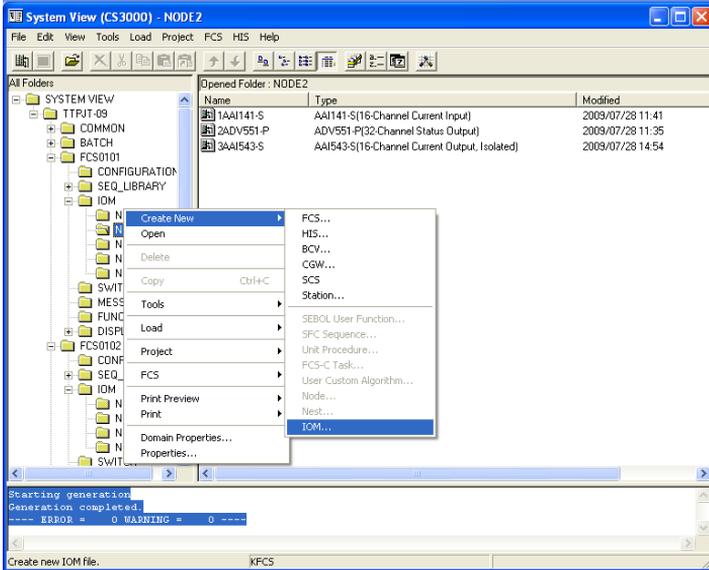


Gambar 10.15. Tampilan Sistem Window

Langkah selanjutnya adalah pengisian node dengan modul input/output (IOM) sesuai permintaan. Dalam hal ini digunakan node 2 pada FCS0101 sebagai node yang mengendalikan instrumen di lapangan (field). Modul input/output telah dijabarkan di atas yang akan dipasang pada node 2.

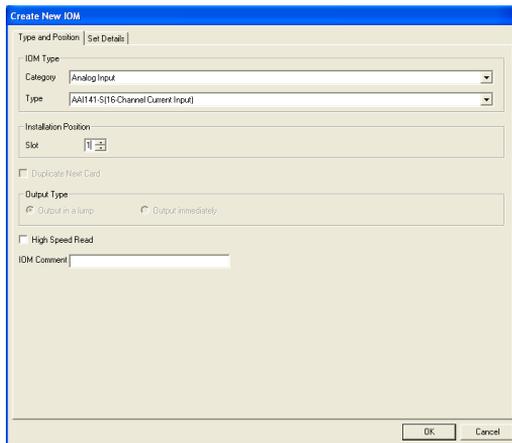
Pemasangan IOM:

- pada node 2 klik kanan → create new → IOM



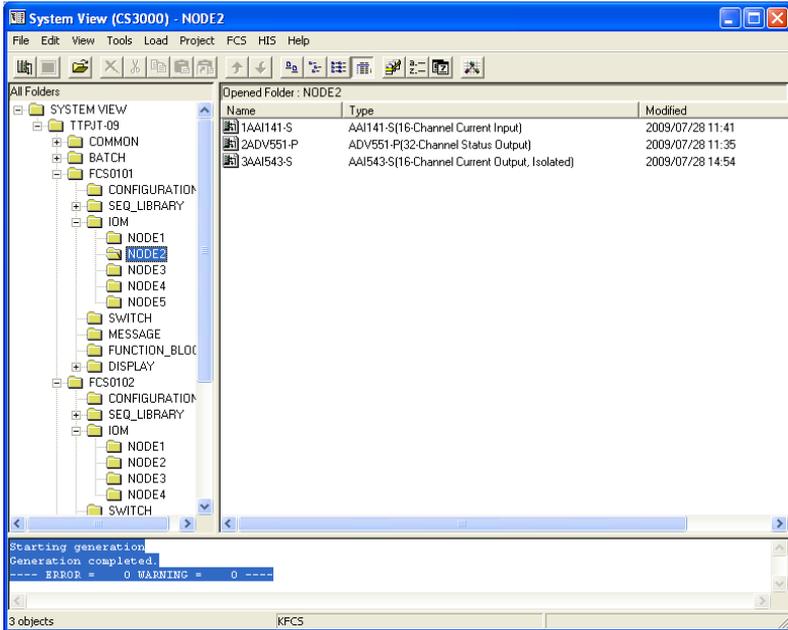
Gambar 10.16. Menu Create IOM

- Setelah itu akan muncul window create new IOM, pilih tipe IOM yang digunakan seperti tipe modul (Analog modul) → IOM (AAI141-S) dan pilih nomor slot yang akan dipasang IOM tersebut (contoh slot 1).



Gambar 10.17. Menu Pilihan Create IOM

- Lakukan langkah diatas untuk kedua IOM lainnya yaitu ADV551-P dan AAI543-S dan akan muncul 3 buah IOM dalam node 2.



Gambar 10.18. Tampilan Daftar Note

Langkah seterusnya adalah pemberian nama tag sesuai dengan elemen kendali di lapangan (field) yang berfungsi sebagai penghubung antara IOM dengan HIS dalam melakukan control atau monitoring data.

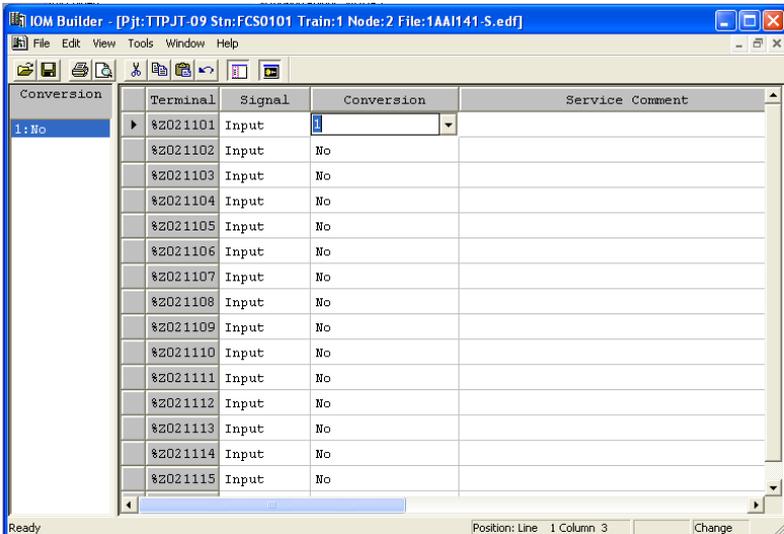
Langkah pemberian Tag:

- pada AAI141-S (16 channel current input) difungsikan sebagai modul interface untuk pembacaan data dari field instrument (transmitter) yang berupa signal analog antara 4 – 20mA. Element Analog input yang terdapat pada field dan transmitter;

Nama Tag	Label	Keterangan
LI912	%%LI912	Sebagai level Indikator
PI912	%%PI912	Sebagai pressure indiaktor
FI912	%%FI912	Sebagai flow indiktor

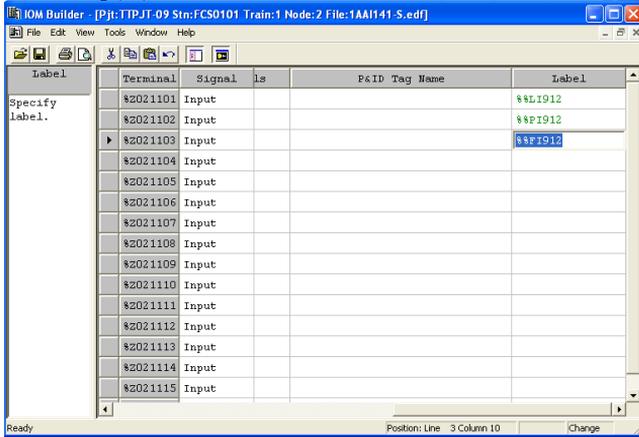
Seterusnya masuk dalam window node 2 dan klik double pada IOM AAI141-S sehingga akan masuk dalam IOM builder.

- pada IOM builder klik gambar kunci untuk menampilkan label (geser kanan) yang akan diisi dengan Tag.



Gambar 10.19. Tampilan IOM Builder

- Isikan tag yang digunakan dalam kolom label, sehingga akan muncul seperti gambar dibawah ini. Lakukan penyimpanan pada perubahan yang dibuat (File → save).

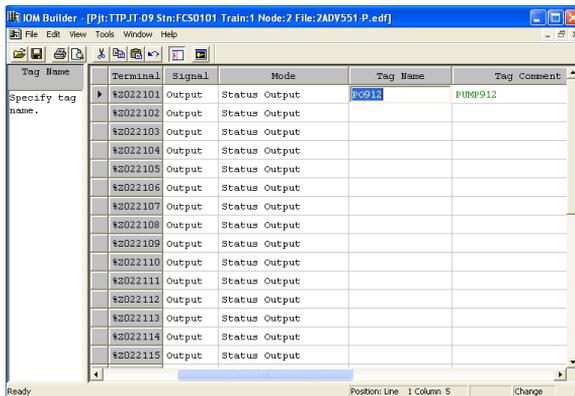


Gambar 10.20. Pemberian Label IOM Builder

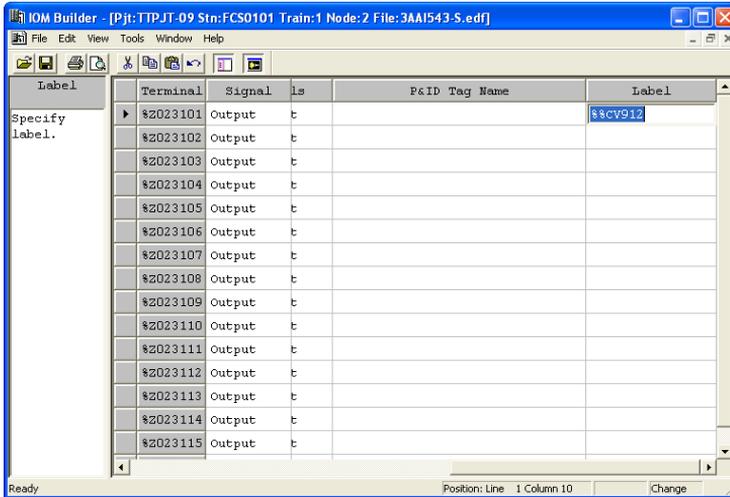
- Lakukan langkah yang sama untuk mengisikan komponen lain pada ADV551-P dan AAI543-S dengan daftar tag element yang dipakai sebagai berikut;

IOM	Nama Tag	Label	keterangan
ADV551-P	PO912	-	Pump Output
AAI543-S	CV912	%%CV912	Control valve

Sehingga akan muncul window sebagai berikut;

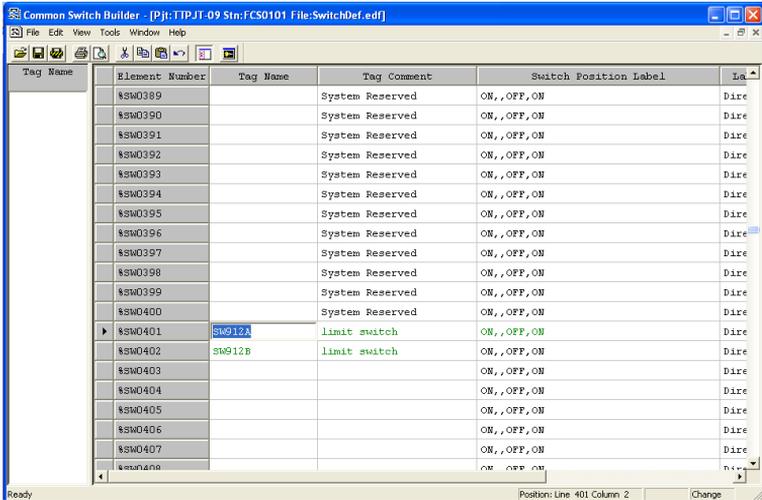


Gambar 10.21. Pemberian Tagname IOM Builder



Gambar 10.22. Pemberian Tagname IOM Builder

- Elemen kendali juga menggunakan switch definition sebagai limit switch dalam proses. Untuk itu perlu didefinisikan dalam pengisian switch def agar bisa terhubung dengan komponen yang lain. Cara pengisian dilakukan dengan cara klik folder FCS0101 → Switch → double click pada Switch def, lalu menuju pada nomor %%SW401 (pada nomor switch yang tidak dipakai/system reserve). Isikan 2 buah Tag dari switch yang digunakan yaitu SW912A dan SW912B. Tidak lupa perlu dilakukan penyimpanan pada perubahan yang terjadi (File → save).



Gambar 10.23. Common Switch Builder

Element kendali telah terpasang atau terdefiniskan. Selanjutnya adalah perancangan Logika kendali pada control drawing.

Langkah 3:

Control Drawing

Control drawing seperti yang telah diuraikan sebelumnya digunakan untuk penggambaran kendali pada suatu sistem. Sebelum penggambaran pada Control drawing dijabarkan terlebih dahulu komponen dan fungsi dari komponen yang digunakan. Untuk membuat suatu sistem seperti permintaan sebelumnya, maka dibutuhkan komponen-komponen sebagai berikut.

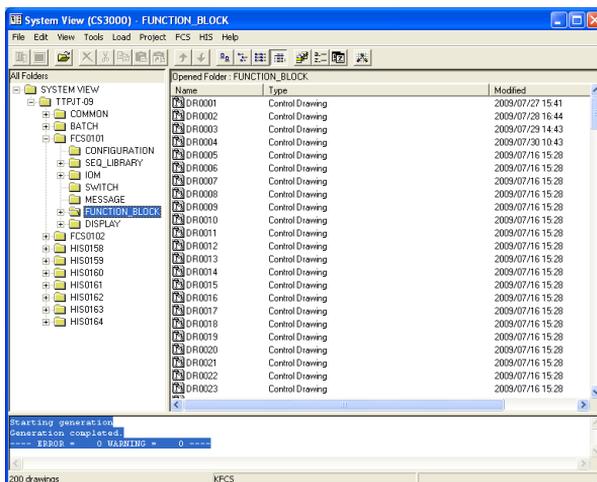
- Port Input Output (PIO): function block ini digunakan sebagai perantara penghubung antara elemen kendali (IOM) dan komponen pengendali menggunakan Tag yang sama.
- Proportional, Integral and Derivative (PID): function block ini digunakan sebagai kendali yang berkaitan dengan sesuatu yang membutuhkan pengendalian yang linier dalam perubahannya. Dengan PID dapat disesuaikan

antara elemen input dengan aksi yang dilakukan terhadap elemen output. Selain itu PID digunakan untuk mengurangi Noise dalam suatu sistem pengontrolan instrumen.

- Status Output (SO-1): function block ini difungsikan sebagai digital output yang akan memerintahkan PIO untuk mengubah kondisinya sesuai program yang ada.
- Sequence Table (ST16): function block ini merupakan blok pengendali yang mengendalikan dari function block lainnya dalam sistem yang sedang dibuat dengan pengisian berdasarkan aksi dan reaksi.
- Timer (TM): function block ini berfungsi untuk menyediakan pewaktuan terhadap komponen yang dikendalikan, dalam hal ini digunakan sebagai penyedia delay.

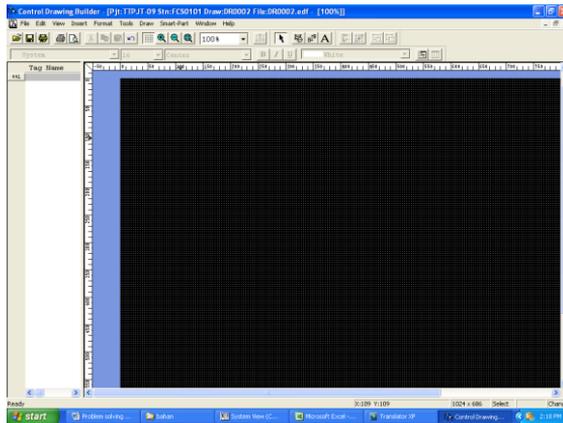
Langkah penggambaran pada control drawing sebagai berikut yang disesuaikan dengan permintaan proses yang diinginkan.

- masuk dalam system view dari FCS0101 dan pilih folder Function Block. Didalam folder control drawing telah disediakan control drawing. Dalam penggunaannya bisa digunakan salah satu atau sesuai dengan kebutuhan pengendalian.



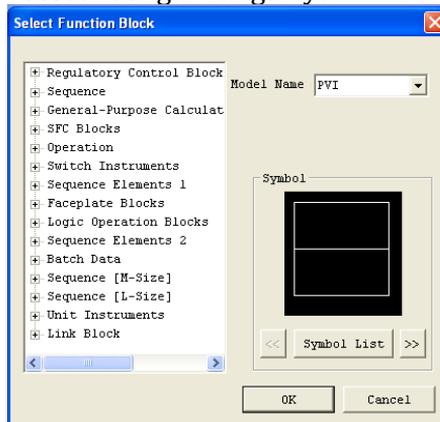
Gambar 10.24. Function Block

- Pilih salah satu control drawing (contoh DR0002) dan akan muncul suatu area yang digunakan dalam menggambar yang akan terhubung dengan elemen kendali.



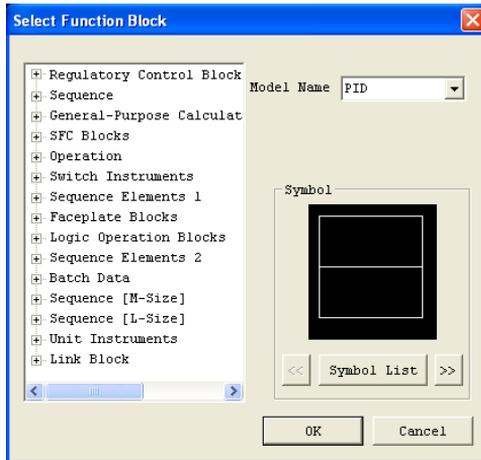
Gambar 10.25. Tampilan Control Drawing

- Lakukan pengambilan komponen kendali dari menu bar yaitu insert → function Block → pilih elemen kendali yang diinginkan sesuai dengan fungsinya.



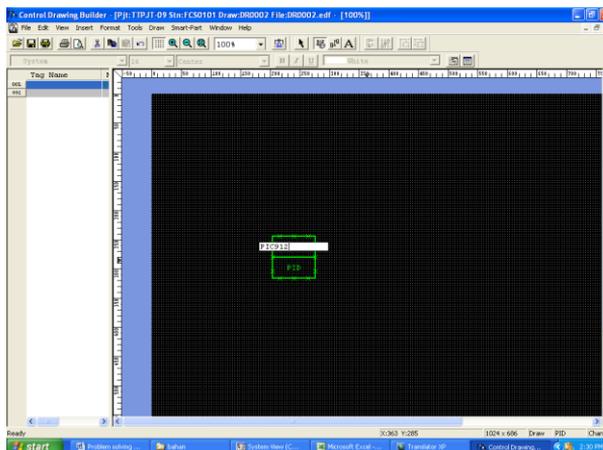
Gambar 10.26. Pemilihan Function Block

- Pilih komponen kendali salah satu contoh PID → lalu tekan tombol “OK”



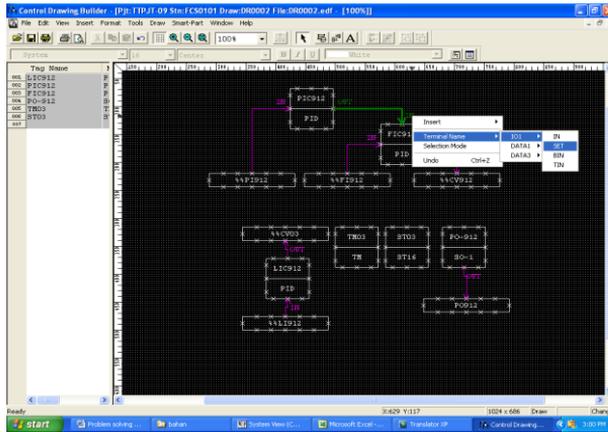
Gambar 10.27. Pemilihan Function Block

- Klik pada area gambar dan akan muncul sebuah kotak dan minta untuk diberikan nama/Tag. Isikan nama tag tersebut dengan PIC912, kemudian klik di luar kotak tersebut.



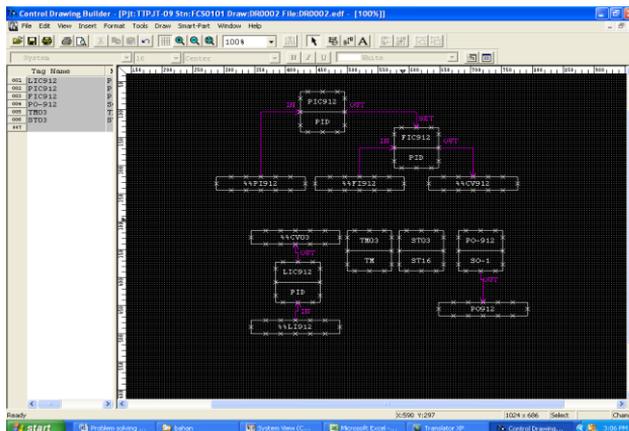
Gambar 10.28. Menempatkan Function Block

- Lakukan semua penghubungan pada komponen sehingga semua telah terhubung. Dan pada Function Block PIC912 menuju FIC912 rubah mode pada FIC912 menjadi SET. Pengubahan dapat dilakukan dengan cara klik kanan pada tulisan IN → Terminal name → IO1 → SET



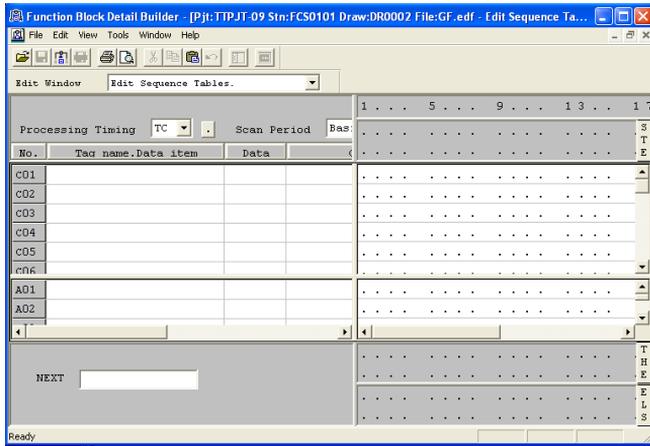
Gambar 10.31. Melakukan Setting Function Block

- Control drawing telah selesai dibuat.



Gambar 10.32. Melakukan Setting Function Block

- Akan tetapi control drawing yang dibuat belum dapat diproses/dijalankan sesuai keinginan karena belum diisi dengan perintah/program. Dalam hal ini yang perlu diatur lagi adalah pada Sequence Table (ST16), yang akan diisi dengan perintah-perintah proses yang berkelanjutan dan berurutan. Cara pengisian sequence table yaitu dengan klik pada ST16 (warna hijau) → klik kanan pada ST16 (ST03) → Edit detail, sehingga muncul window sequence table



Gambar 10.33. Tampilan Sequence Table

Dalam pembuatan langkah pengendalian seperti yang diinginkan menggunakan sequence table, perlu diketahui beberapa mode atau tipe data yang ingin diproses, seperti Mode PID (CAS, AUT, MAN), tipe data PV, MV, SV dan masih banyak lainnya. Dalam sequence table terdapat dua buah area yaitu Cxx dan Axx yang mempunyai arti Cause dan Action, yang apabila pada pembacaan kolom area sebab tersebut dipenuhi maka akan memproses kolom pada area akibat/aksi, yang akan diteruskan pada kolom selanjutnya sampai program yang ditulis telah semua dieksekusi.

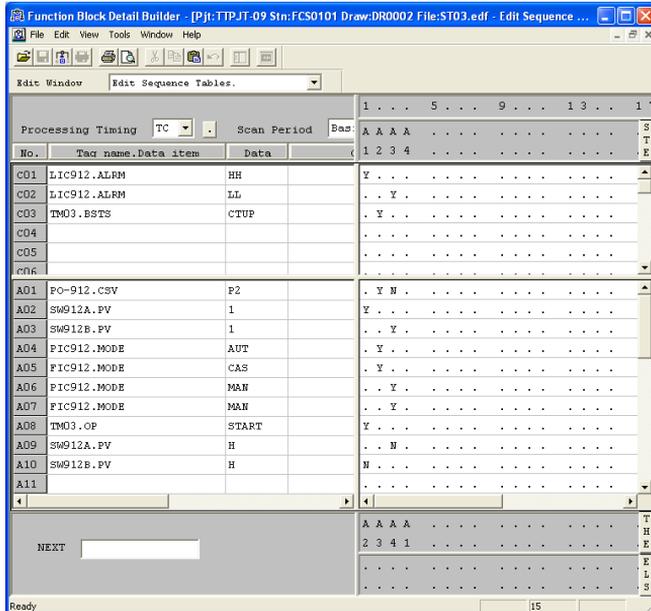
Dalam penulisan sequence table bisa digunakan rule dalam pembacaannya sesuai dengan kebutuhan pemrograman. Apabila menggunakan rule maka program akan mengeksekusi sesuai rule yang dituliskannya pada baris Step (STE) dan akan lanjut pada baris Then (THE) atau Else (ELS).

Untuk membuat suatu proses yang berurutan seperti permintaan sebagai berikut;

“Jika level LIC912 \geq 80%, kemudian SW912A akan hidup (ON) dan 5 detik kemudian PUMP912 akan jalan, PIC911 akan berubah ke mode AUT (auto) dan FIC912 akan berubah ke mode CAS (cascade).

Jika level LIC912 \leq 10%, kemudian switch SW912B akan hidup (ON), sedangkan PUMP 912 akan berhenti (STOP), serta PIC912 dan FIC912 akan berubah juga ke mode MAN (Manual)”

Maka penulisan program didefinisikan sebagai berikut seperti gambar di bawah ini.



Gambar 10.34. Mengisi Sequence Table

- Setelah penulisan tipe-tipe data dan komponen kendali beserta peubahannya lakukan poses Update terhadap sequence table (File→Update).

Penggambaran dalam Control drawing sebagai elemen kendali dalam sebuah sistem telah selesai dibuat. Dalam sebuah sistem DCS perlu ditampilkan proses yang sedang berlangsung dengan menggunakan Graphic, Trend dan Control Group (CG) untuk bisa dapat dikontrol dan dimonitor.

Graphic dalam CS3000 digunakan berupa sebuah tampilan 3 dimensi yang menyerupai dan menggambarkan proses yang ada di lapangan/field. Graphic juga akan menampilkan data-data yang ingin diamati sesuai keinginan da program yang dibuat, selain itu juga bisa mengontrol suatu sistem yang memerlukan user dalam pengoperasiannya. Selain itu Graphic bisa terdiri atas kombinasi dari Trend, Overview, dan Faceplate. Untuk Trend digunakan

dalam pembacaan dan pencatatan data proses produksi/pengolahan yang variabel sehingga dibutuhkan suatu pembacaan dari tiap perubahan data proses dan perubahan waktu.

Control group merupakan suatu kelompok tampilan pada HIS yang menyajikan suatu faceplate, dimana faceplate tersebut digunakan sebagai komponen pengendali yang disediakan untuk user dalam pengontrolan. Dalam control group dapat ditampilkan data-data proses, mode, dan level indicator serta fungsi dari saklar/tombol. Control Group memudahkan bagi user dalam mengamati dan mengendalikan suatu proses yang kompleks.

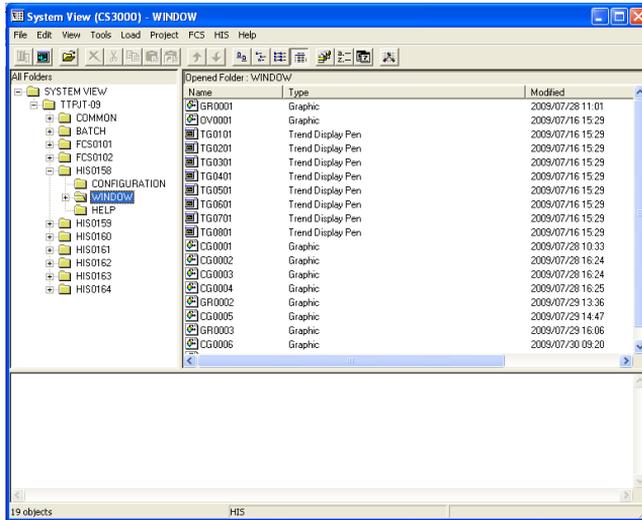
Dalam hal ini Trend, Graphic, dan Control Group dibuat untuk memudahkan operator dalam berinteraksi dan pengamatan dengan lapangan/field. Berikut akan diuraikan pembuatan Graphic, Trend, dan Control Group.

Proses Engineering Untuk Display

Pembuatan Control Group

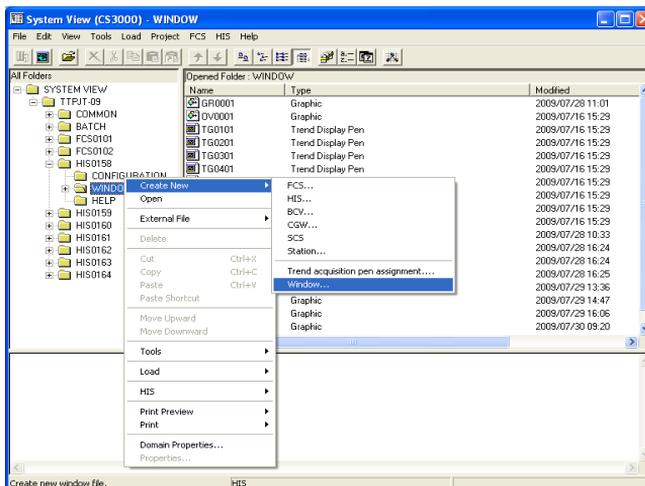
Pembuatan control group dibuat setelah selesai dalam pembuatan control drawing untuk memudahkan dalam Virtual Function Test. Setelah dibuatnya Control group dapat dilakukan function test yang dapat disimulasikan sendiri tanpa data real dari field. Berikut langkah pembuatan control group sesuai dengan permintaan proses yang berlangsung;

- masuk dalam system view dari CS3000 dan klik folder project TTPJT-09 (klik tanda plus (+) samping folder) → klik pilih salah satu HIS yang digunakan, misal HIS0158 → Window



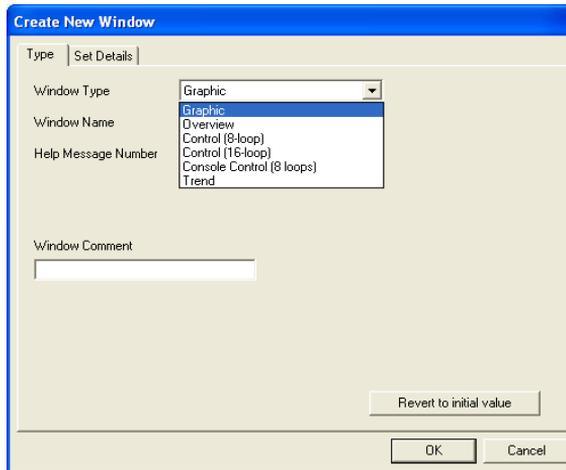
Gambar 10.35. Tampilan Sistem View

- Pilih Control Group (CGxxxx) yang akan diisi, misal CG0004. Atau untuk menambah tipe yang baru klik kanan pada window → Create New → Window.



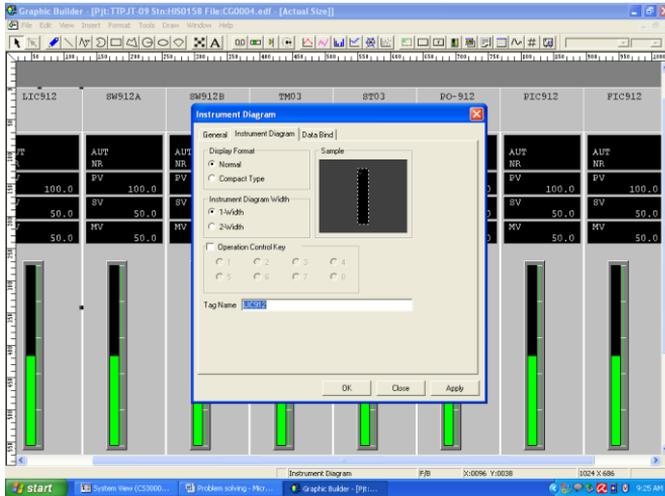
Gambar 10.36. Membuat Window

Dalam menambahkan tipe window kita dapat memilih tipe window yang diinginkan seperti Graphic, Overview, Control 8/16/8 console loop, dan Trend. Pemilihan tersebut disesuaikan dengan kebutuhan dalam pembuatan display yang akan dijadikan komponen kendali.



Gambar 10.37. Tampilan Create Window

- Klik dua kali pada Control Group (CG0004) yang diinginkan dan akan masuk dalam window Control Group drawing. Masukkan Tag komponen kendali yang terkait agar terhubung dengan Control Drawing sebagai elemen kendali. Klik dua kali pada Face plate → isikan Tag pada Tag Name → Ok.

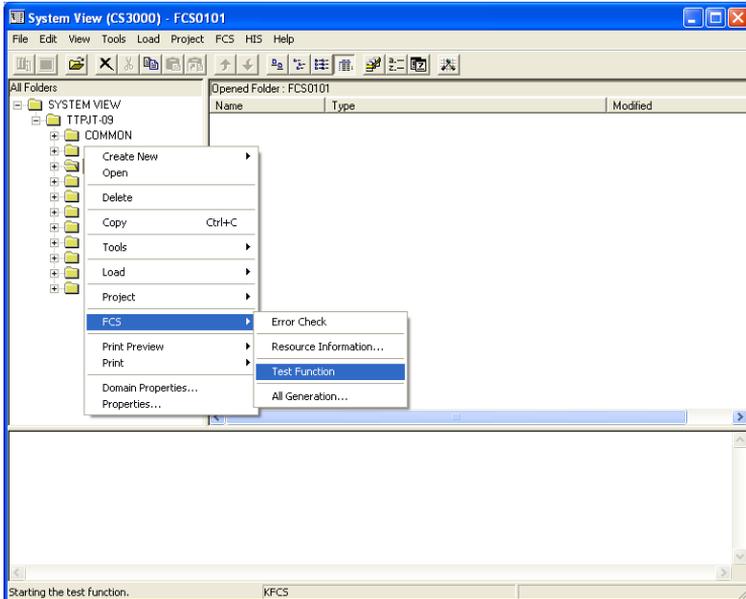


Gambar 10.38. Membuat Face Plate

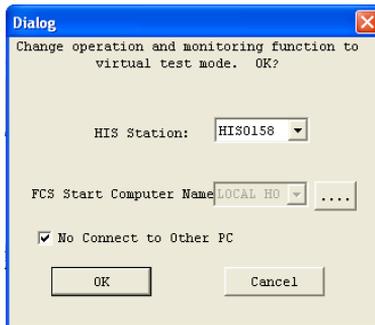
- Lakukan pengisian pada faceplate dengan Tag berikut ini; LIC912, SW912A, SW912A, TM03, ST03, PO-912, PIC912, FIC912.
- Setelah selesai dalam pengisian Tag lakukan penyimpanan, File → save.

Untuk menampilkan atau melihat hasilnya kita dapat melakukan Virtual Function test seperti langkah berikut.

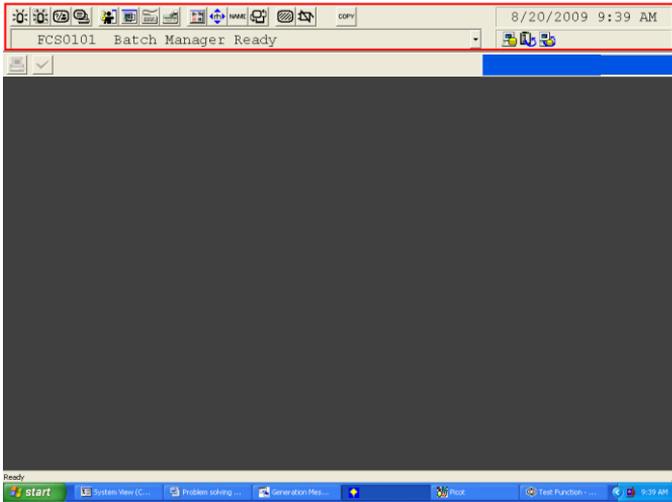
- Dalam system view CS3000 → project TTPJT-09 → Klik kanan FCS0101 → FCS → Test Function. Tunggu beberapa detik dan akan muncul kotak HIS yang dipilih. Pilih HIS0158 sebagai monitor Test Function.



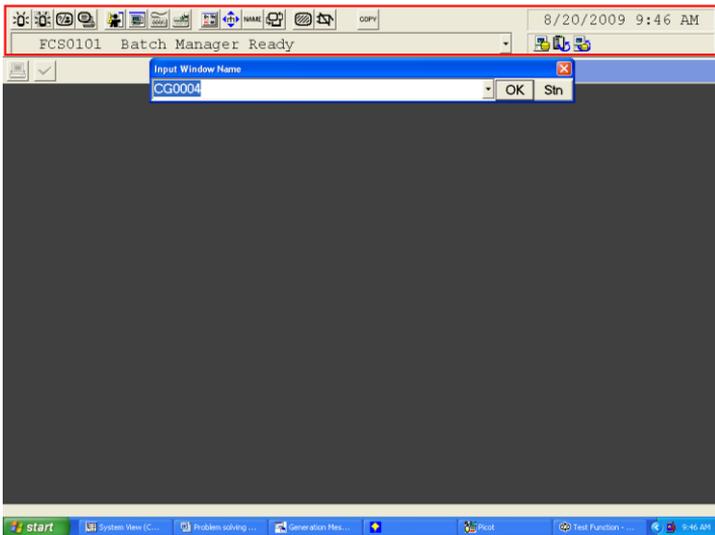
Gambar 10.39. Menu Test Function



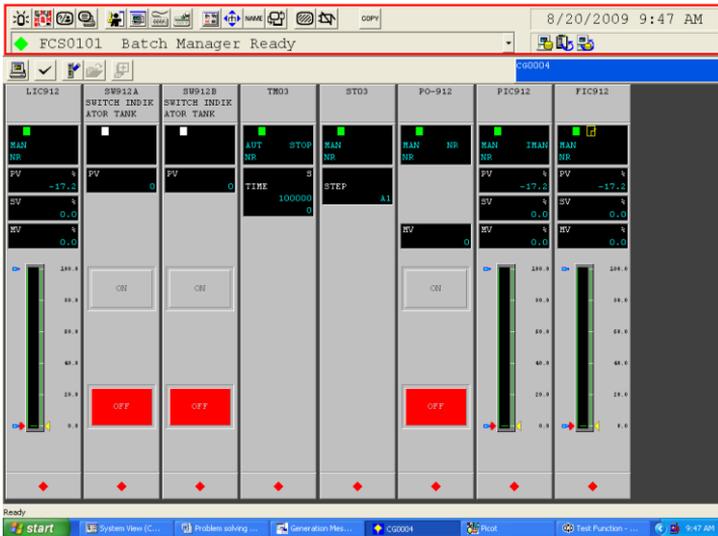
- Tunggu beberapa detik untuk masuk dalam window CENTUM CS3000 dan akan tampil pada layer menu operation dari CS3000.



- Untuk melihat Control Group perlu dipanggil dari menu operation klik "Name" → ketikkan nama control group yang dibuat "CG0004" → enter/OK.

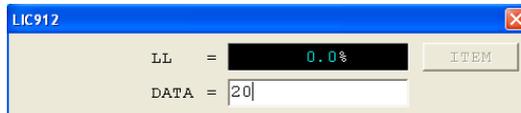
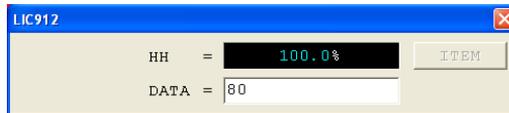


- Akan tampil control graphic yang kita buat sebelumnya.



Perlu dilakukan pengujian terhadap Control Group yang telah kita buat apakah telah sesuai dengan proses yang diinginkan. Pengujian dilakukan sesuai prosedur dalam permintaan customer dengan mengubah-ubah level MV pada LIC912. tapi untuk sebelumnya perlu kita atur dulu level tertinggi dan level terendah yang diindikasikan dengan alarm. Untuk level tertinggi dinamakan level Alarm HH (High-high) dan level terendah dinamakan dengan level alarm LL (low-low).

Pengaturan ini dapat dilakukan pada fungsi tuning pada LIC912, dengan langkah; klik kanan faceplate LIC912 → Tuning → atur HH pada 80 dan LL pada 20 → enter



Setelah pengaturan batas tertinggi dan terendah selesai lakukan perubahan mode pada ST03 dari MAN (Manual) ke AUT (Auto). Langkah; klik pada MAN (ST03) → ganti ke AUT → OK



Man Aut Cas



Cancel OK

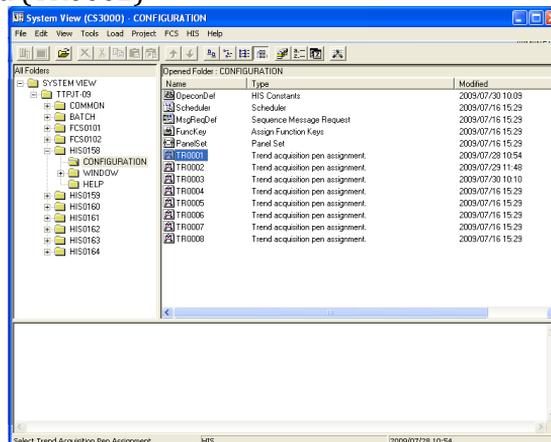
Untuk pompa PO-912 juga harus diubah dari mode MAN ke mode AUT dengan cara yang sama pada perubahan mode ST03 diatas.

Control Group telah siap untuk dioperasikan, dan lakukan perubahan pada MV LIC912 dengan nilai yang berubah-ubah sehingga prosesnya sesuai dengan permintaan dari Customer. Pengaturan MV LIC912 pada nilai 50, 10, 95 sehingga dapat dilihat perubahan yang terjadi. Hasil akhir yang didapat adalah sesuai dengan proses yang diinginkan yaitu *"Jika level LIC912 >= 80%, kemudian SW912A akan hidup (ON) dan 5 detik kemudian PUMP912 akan jalan, PIC911 akan berubah ke mode AUT (auto) dan FIC912 akan berubah ke mode CAS (cascade). Jika level LIC912 <= 10%, kemudian switch SW912B akan hidup (ON), sedangkan PUMP 912 akan berhenti (STOP), serta PIC912 dan FIC912 akan berubah juga ke mode MAN (Manual)"*.

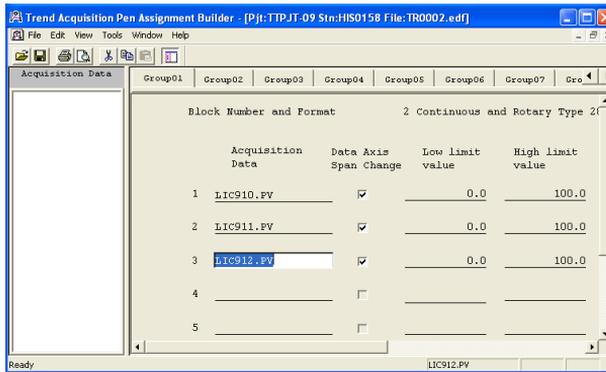
Pembuatan Trend Group

Trend Group seperti yang telah dijelaskan akan menampilkan data proses berupa tampilan trend dan juga bisa disimpan pada database. Trend Group dapat dibuat seperti langkah berikut;

- Project TTPJT-09 → HIS0158 → Configuration → pilih Trend (TR0002)



- Klik dua kali pada TR0002 dan isikan data yang akan ditampilkan pada trend → save.



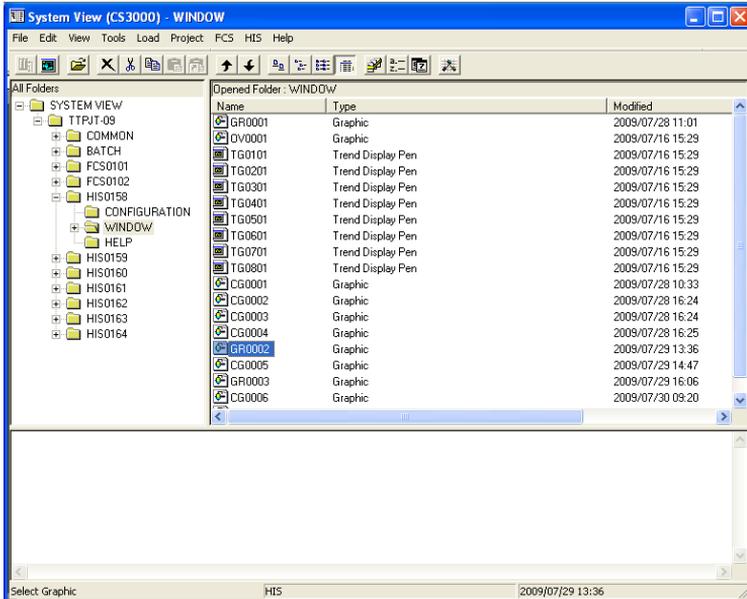
- Trend Group telah siap ditampilkan yaitu pada nomor TG0201.
- Lakukan pemanggilan dari menu Name pada menu Operator CS3000 untuk melihat hasilnya.

Pembuatan Graphic

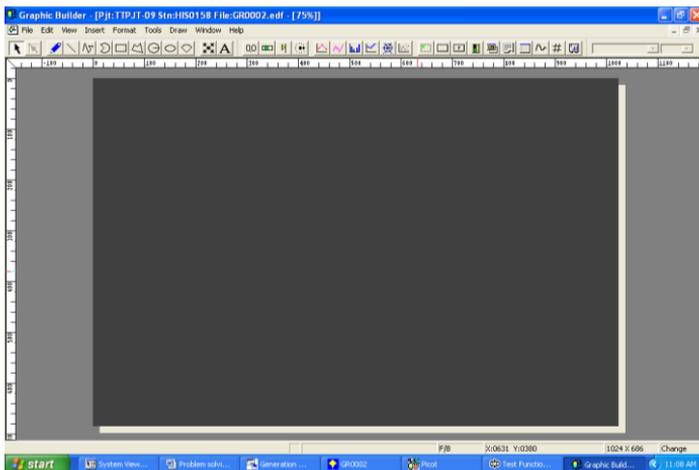
Graphic merupakan tampilan yang interaktif dari sistem yang disediakan CS3000. selain dari segi tampilan lebih menarik, tetapi juga bisa dikombinasikan dengan komponen lainnya seperti faceplate, trend dan lainnya.

Berikut bagaimana cara pembuatan atau perancangan suatu graphic;

- System View → project TTPJT-09 → HIS0158 → Window → pilih Graphic yang diinginkan semisal GR0002.
-

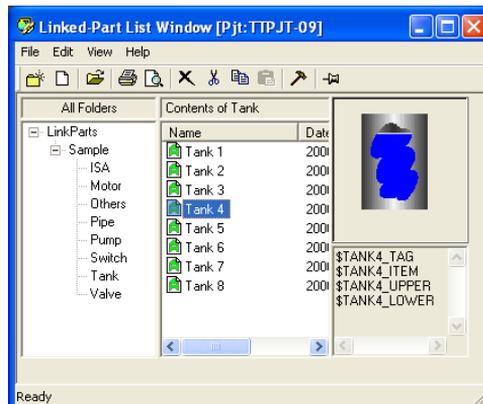
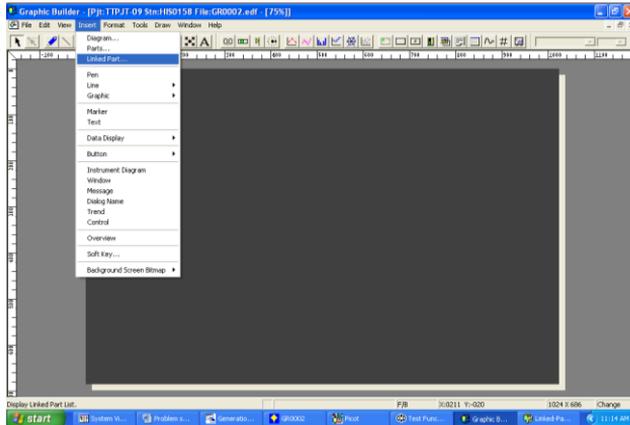


- Akan tampil window yang digunakan untuk menggambar Graphic, dan dimulai penggambaran dari elemen-elemen.

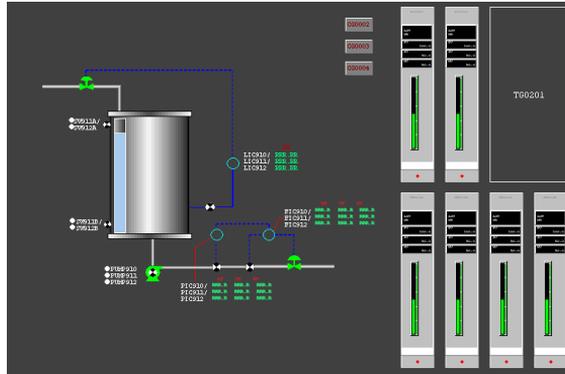


- Di dalam Graphic Builder telah disediakan menu-menu graphic untuk memudahkan dalam penggambaran suatu graphic. Selain itu juga telah disediakan part yang tinggal

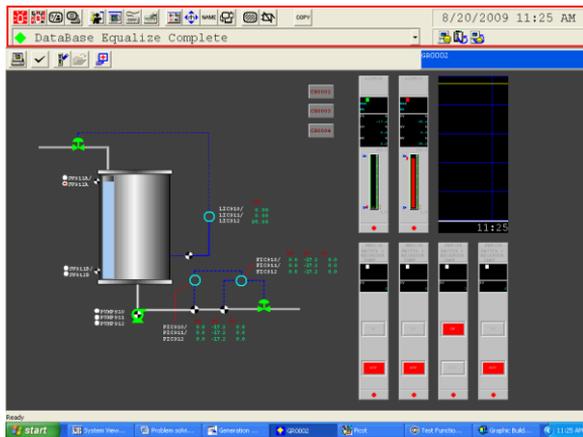
diambil dan siap digunakan. Pengambilan part dari menu bar Insert → Link part → window Link part List, ambil part yang akan digunakan dengan cara menarik (drag) ke area penggambaran.



- Perancangan dilakukan sesuai dengan gambar yang disediakan dan elemen-elemen yang dipakai sehingga menyerupai area field yang sebenarnya. Perancangan bisa dikombinasikan dengan komponen lain seperti trend, faceplate, overview sehingga akan dihasilkan graphic seperti berikut.



- Apabila penggambaran Graphic telah selesai, bisa dilakukan penyimpanan dengan cara File → Save. Graphic siap dipanggil dari Window operasi CS3000 dengan nama GR0002. Pemanggilan dilakukan seperti pada saat pemanggilan Control Group maupun Trend. Selain itu perlu dilakukan pengujian apakah telah sesuai dengan alur proses.



- Dalam pengujian didapatkan hasil bahwa sesuai dengan proses yang diminta oleh customer.

Dalam suatu engineering system produksi dibutuhkan suatu ketelitian dalam pengerjaannya. Selain itu perlu dilakukan uji coba terhadap sistem yang telah dibuat dengan Virtual test maupun dengan terhubung dengan FCS-nya langsung. Dalam

pengujian setelah proses Engineering terdapat 2 tipe pengujian yaitu FAT dan SAT yang digunakan untuk memperoleh pengujian sistem yang akurat dan data yang tepat sebelum digunakan dalam proses produksi sebenarnya.

Field Accepters Test (FAT) merupakan proses pengujian terhadap sistem yang telah dibangun dengan terhubung pada FCS yang dilakukan di dalam PT. YOKOGAWA dengan sinyal input atau data input dari calibrator. FAT juga digunakan untuk memastikan apakah masih terdapat kekurangan dalam proses perancangannya sebelum di lakukan uji coba di lapangan yang sebenarnya.

Said Accepters Test (SAT) merupakan proses pengujian sistem yang berada di area proses produksi dan terhubung langsung dengan transmitter yang sebenarnya. SAT dilakukan kurang lebih 3 bulan untuk memastikan bahwa sistem yang dibuat bisa bekerja dengan normal. Dalam melaksanakan SAT yang terhubung dengan transmitter atau sensor lainnya perlu dilakukan kalibrasi untuk mendapatkan data yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Arthur Holland, 2001, *Cascade Control, Handle Processes that Challenge Regular PID Control*, Pacontrol.com

Arsyad, 2011, *Distributed Control Sistem (DCS) dan Sistem Kontrol pada CO2 Removal Plant*, Makalah Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro FT Undip Semarang

Awal Mu'amar, Hendra Cordova, Fitri Adi, 2011, *Perancangan Sistem Control Level Dan Pressure Pada Boiler Di Workshop Intrumentasi Berbasis DCS Centum Cs3000 Yokogawa*, Jurusan Teknik Fisika FTI ITS Surabaya

Cecil L Smith, 2009, *Practical Process Control Tuning and Troubleshooting*, Willey and Sons Inc Publication, New Jersey Canada

Coulouris, Dollimore and Kindberg, 2001, *Distributed Systems: Concepts and Design*, Edition 3, Addison-Wesley

Matjaž Colnarič, Domen Verber, Wolfgang A. Halang, 2008, *Distributed Embedded Control Systems, Improving Dependability wit Coherent Design*, Springer

- Muhamad Ali, 2004, *Handout Kuliah Sistem Kendali Terdistribusi*
- Philips Harbour, *Sistem Pengaturan Dasar*, Prenhallindo
- Raven, *Automatic Control Engineering*, McGraw-Hill, 1995
- Ogata, *Modern Control Systems 3th*, Prentice Hall 2000
- Sulasno, Thomas Agus P, *Dasar Sistem Pengaturan*, Satya Wacana, Semarang, 1990
- Frans Gunterus, *Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses*, Elex Media Komputindo, Jakarta, 1994
- Conidine, D, 2002, *Proses/Industrial Instruments and Controls Handbook*, Prenticehall, New York City
- Karl J Alstrom, Bjorn Wittenmark, 1997, *Computer Controlled Systems Theory and Design*, Prentice Hall, Singapore
- 2012, *Basic Instrumentation Measuring Devices and Basic Pid Control*
- Yokogawa Electric Corp. 2003. *Centum CS3000 Manual - Instruction Manual IM33S01B30-01E*, Yokogawa Electric Corp, Tokyo
- Yokogawa Electric Corp, 2009, *Distributed Control System (CS3000 R3)*, Manual Instruction, Yokogawa Electric Corp, Tokyo

GLOSARIUM

Actuating	Pelaksanaan
Attitude	Sikap
Analog	Suatu kondisi parameter yang selalu mempunyai nilai sepanjang waktu
APD	Alat pelindung diri
Artificial intelligent	Kecerdasan buatan
Controlling	Pengendalian
Coordinating	Koordinasi
Data	Fakta, Kejadian
Digital	
Disruptive	Meniadakan
Efektif	Bekerja dengan baik
Efisien	Bekerja
Eliminasi	Menghilangkan
Error	Perbedaan antara hasil pengukuran keluaran dengan set point
Feedback	Umpan balik data pengukuran output dibandingkan dengan set point
Fieldbus	Protokol komunikasi data pada sistem DCS yang digunakan oleh Honeywell dan Yokogawa
Filter	Penyaring
Fleksibel	Lentur, dapat menyesuaikan perkembangan

	zaman
Flowshop	Konsep penataan aliran sistem produksi satu arah
Ilmiah	Berdasar prosedur yang diterima secara universal
Informasi	Data yang telah diolah
Internet of Things (IoT)	Konsep komputasi tentang objek sehari-hari yang terhubung ke internet dan mampu mengidentifikasi diri ke perangkat lain.
K3	Keselamatan dan kesehatan kerja
Kp	Koefisien proporsional
Ki	Koefisien integral
Kd	Koefisien derivatif
kompetensi	Kemampuan melakukan kerja
Kontinyu	Suatu proses yang berlangsung secara terus-menerus
Kontrol single loop	Suatu sistem kontrol yang terdiri atas satu lup tunggal
Kontrol selektif	Suatu sistem pengendalian dimana ada satu proses yang memiliki dua manipulated variabel (alat ukur) dengan hanya ada satu kontrol variabel (aktuator)
Kontrol rasio	Suatu sistem kontrol yang digunakan untuk melakukan proses pencampuran
Kontrol batch	Suatu sistem kontrol kontinyu yang sering mengalami start/stop untuk mengerjakan proses tertentu
Kontrol cascade	Suatu sistem kontrol yang terdiri atas lebih dari satu lup
Kompensasi	Penggantian
Kontrol lup terbuka	Suatu sistem kontrol yang tidak ada umpan balik
Kontrol lup tertutup	Suatu sistem kontrol yang mempunyai umpan balik
Manipulated variable	Suatu nilai yang berubah mengikuti perintah kontroler untuk memanipulasi data keluaran pada proses control mengikuti set point

Mikroskop	Alat untuk melihat benda-benda yang sangat kecil
Modbus	Protokol komunikasi data pada sistem DCS yang digunakan oleh produk-produk Schneider
Multimeter	Alat ukur arus, tegangan dan tahanan listrik
Manajemen	Gabungan antara ilmu dan seni yang meliputi perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan dan pengendalian untuk mencapai tujuan organisasi.
OPC	Protokol komunikasi data pada sistem DCS yang digunakan untuk mengintegrasikan berbagai sistem DCS
Organizing	Pengorganisasian
Print 3D	Teknologi pencetakan objek tiga (3) dimensi menggunakan teknik cetak (print)
Planning	Perencanaan
Plant	Objek fisik yang dikontrol yang dapat berupa peralatan atau proses untuk melakukan suatu operasi.
PH Meter	Alat untuk mengukur PH sebuah larutan atau benda
Predictitive	Prediksi atau perkiraan
Proactive	Keikutsertaan
Present Value (PV)	Nilai output suatu proses yang diukur oleh sensor pada sisi output
Preventif	Pencegahan
Profibus	Protokol komunikasi data pada sistem DCS yang digunakan oleh produk-produk Siemens
Profinet	Protokol komunikasi data pada sistem DCS yang digunakan oleh Siemens menggunakan Ethernet RJ45
Power Suplly	Catu daya DC untuk sumber tenaga pada DCS
RCM	Pemeliharaan berbasis pada keandalan (realbilitas)
Rekayasa	Manipulasi untuk mendapatkan yang lebih baik

Revolusi Industri	Perubahan yang sangat besar dalam waktu yang singkat pada bidang industri.
Revolusi Industri 1.0	Penemuan mesin uap sebagai mesin produksi pada abad-18.
Revolusi Industri 2.0	Penemuan listrik dan mesin listrik sebagai mesin produksi yang memicu perubahan besar dalam dunia industri pada abad-19.
Revolusi Industri 3.0	Penemuan semikonduktor yang mendorong munculnya transistor, IC, Mikrokontroler dan Mikroprosesor yang memicu otomasi di dunia industri pada abad 20.
Revolusi Industri 4.0	Perubahan besar dalam bidang teknologi otonomi yang memicu perubahan produksi di industri pada abad-19.
Skills	Keterampilan
Standar	Patokan
Staffing	Pengaturan tenaga kerja
Set point	Nilai besaran yang diinginkan untuk dikontrol pada suatu proses produksi
Substitusi	Mengganti
TPM	Total productive maintenance yaitu sistem perawatan dan perbaikan yang melibatkan PARTISIPASI seluruh anggota organisasi
Workshop	Tempat pembuatan barang