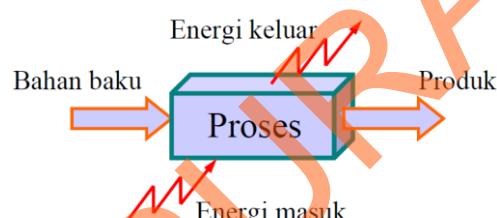


BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Kontrol Proses

Proses adalah suatu rangkaian aksi yang saling berkaitan dan memiliki fungsi untuk melakukan transformasi materi. Yang mencakup semua sumber daya yang terlibat di dalam proses secara umum adalah berupa masukan (input) proses (seperti bahan baku) dan keluaran (output) proses (seperti produk yang dihasilkan).

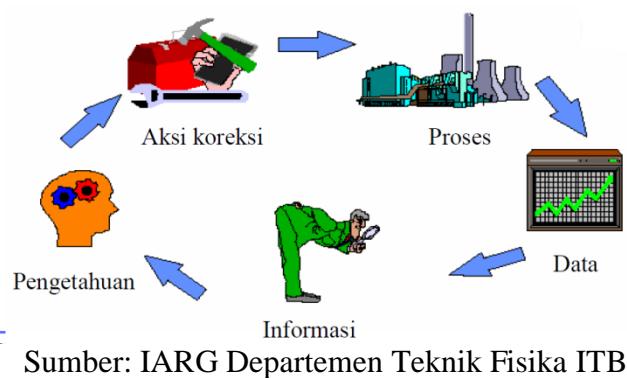


Sumber: IARG Departemen Teknik Fisika ITB

Gambar 3.1 Blok Diagram Proses

Sedangkan kontrol adalah suatu aksi untuk menjaga kondisi yang diinginkan pada suatu sistem fisik melalui pengaturan variabel-variabel tertentu sistem fisik tersebut.

Maka kontrol proses adalah suatu aksi untuk mempertahankan kondisi yang diinginkan dari suatu sistem fisik melalui pengaturan variabel-variabel tertentu di dalam sistem tersebut walaupun terdapat gangguan yang mempengaruhi sistem tersebut dan *noise* pengamatan.



Gambar 3.2 Alur Kontrol Proses

3.1.1 Perkembangan teknologi kontrol proses

Kontrol proses yang ada sekarang tidak sama dengan kontrol proses berpuluhan-puluhan tahun yang lalu, sejak kontrol proses pertama kali ada. Ada banyak tahapan dan perkembangan yang terjadi sampai pada teknologi yang ada sekarang. Berikut ini perkembangan singkat teknologi kontrol proses dari tahun ke tahun :

1. Manual
 - a. Semua pengamatan dan pengontrolan di lapangan.
 - b. Variasi performansi *plant* masih memiliki akurasi rendah, sering terjadi *human error*, ada emosi operator yang terlibat, respons lambat.



Sumber: IARG Laboratorium Teknik Fisika ITB

Gambar 3.3 Kontrol Proses Manual

2. *Pneumatic Analog* (sekitar tahun 1940-an)

- a. Sebagian besar pengamatan terpusat di ruang kontrol sehingga respon menjadi sedikit lebih cepat yang mengakibatkan variasi performa *plant* berkurang.
- b. Beberapa aksi kontrol manual di lapangan.

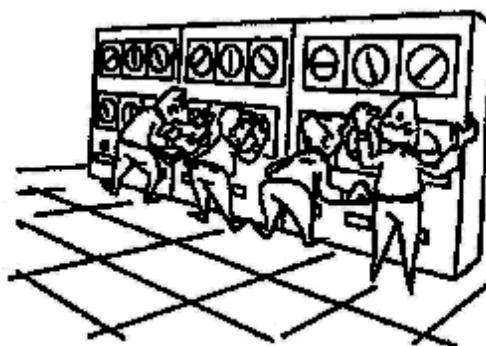


Sumber: IARG Departemen Teknik Fisika ITB

Gambar 3.4 Kontrol Proses Pneumatik

3. *Electric Analog* (sekitar tahun 1950-an)

- a. Sebagian besar pengamatan dan pengontrolan terpusat di ruang kontrol.
- b. Variasi performa *plant* semakin tereduksi.

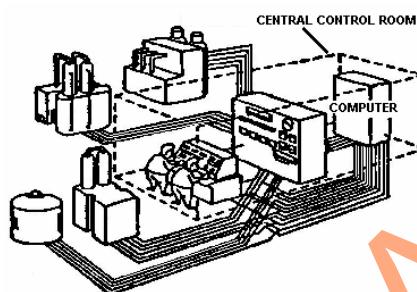


Sumber: IARG Departemen Teknik Fisika ITB

Gambar 3.5 Kontrol Proses Analog Elektronik

4. *Centralized Computer Control System* (sekitar tahun 1960-1970)

- a. Pengamatan dan Pengontrolan terpusat.
- b. Butuh keahlian tinggi.
- c. Ekspansi sukar.
- d. Tingkat kegagalan sistem tinggi.

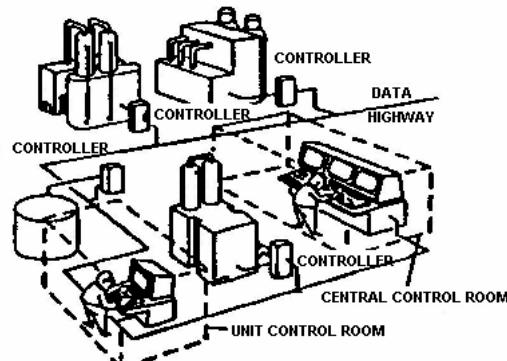


Sumber: IARG Departemen Teknik Fisika ITB

Gambar 3.6 Kontrol Proses *Centralized Control System*

5. *Distributed Control System* (sekitar tahun 1980-an)

- a. Unit-unit produksi atau per daerah produksi dikontrol oleh satu unit pengontrol lokal (*local control unit*).
- b. Pengontrolan dilakukan secara terdistribusi.
- c. Komputer pusat atau beberapa komputer terpisah berfungsi untuk memproses, menyimpan, dan memperagakan informasi, dan mengubah *setpoint* atau *tuning* pengontrol.

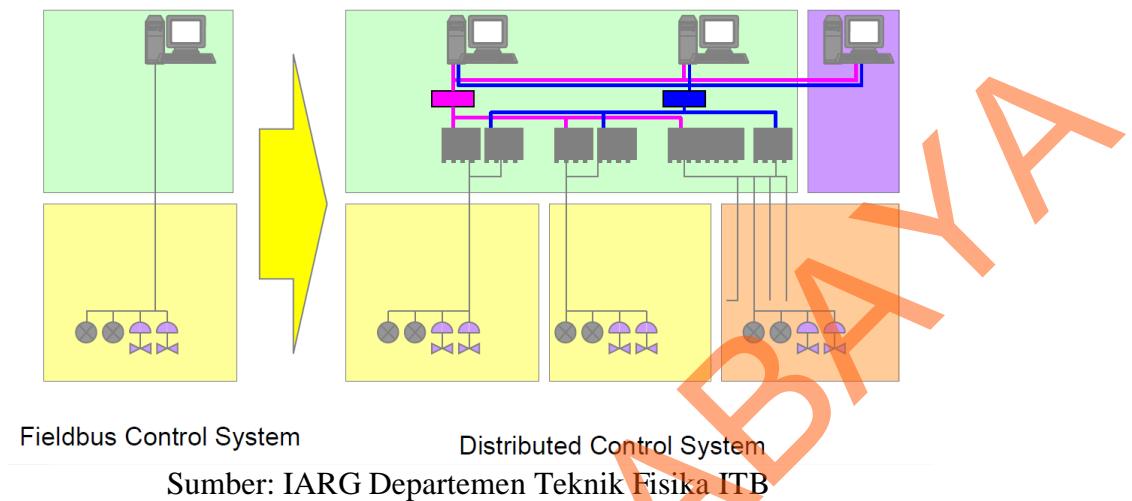


Sumber: IARG Departemen Teknik Fisika ITB

Gambar 3.7 Kontrol Proses *Distributed Control System*

6. *Smart Analog Instrumentation, Valve and Digital Distributed Control Systems*
(sekitar tahun 1999)
- Supervisory control* dan *model predictive control* dikonfigurasikan pada komputer khusus.
 - Neural networks, online diagnostics*, dan *expert systems* dikonfigurasi pada komputer khusus.
 - Real time optimization* dikonfigurasi pada komputer khusus.
7. *Fieldbus-based Digital Smart Instrumentation, Valve and Control System*
(sekitar tahun 2000)
- Digital Bus* dapat menggunakan sepenuhnya keunggulan *smart transmitter* dan *valve*.
 - PID controllers* untuk laju aliran dan tekanan diinstal di *valve*.
 - Model predictive control, neural networks, online diagnostics*, dan *expert systems* terintegrasi dalam suatu *GUI* berbasis *fieldbus* dan dikonfigurasikan di *PC*.
 - Biaya infrastruktur, antarmuka, dan *engineering* turun secara drastis.

- e. Perangkat lunak *APC* cukup mudah digunakan oleh *process engineer* dan *control engineer*.



Gambar 3.8 Kontrol Proses *Fieldbus Control System*

3.1.2 Komponen Sistem Kontrol Proses

1. Sensor (*transducer*)

Perangkat yang digunakan untuk merasakan besaran proses yang akan diukur dan mengubahnya dari suatu besaran (misalnya temperatur) ke bentuk besaran lainnya (misalnya besaran listrik).

2. *Transmitter*

Perangkat yang digunakan untuk memancarkan sinyal hasil pengukuran besaran proses.

3. *Actuator* atau elemen kontrol akhir

Perangkat yang digunakan untuk melakukan aksi pengontrol berdasarkan kontrol sinyal.

4. Pengontrol

Perangkat yang digunakan untuk melakukan perhitungan-perhitungan pengontrol berdasarkan perbandingan sinyal umpan balik (*process variable*) dan sinyal referensi (*set point*).

3.2 Distributed Control System (DCS)

3.2.1 Gambaran Umum DCS

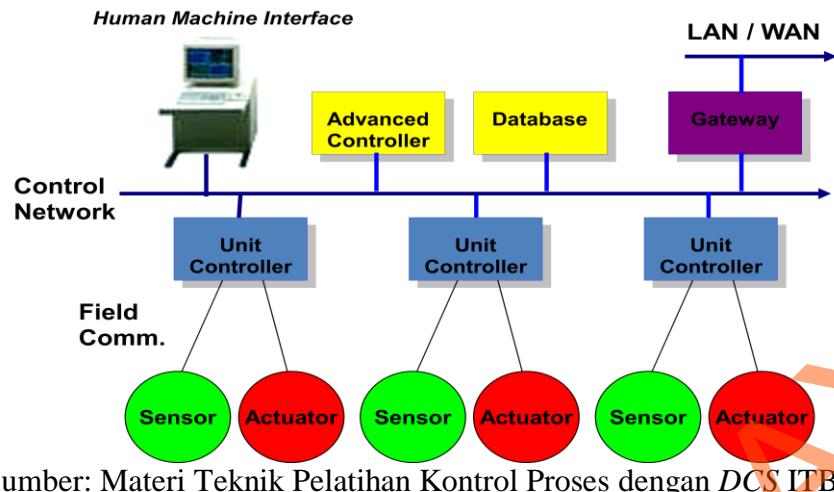
DCS merupakan sistem kontrol yang mampu menghimpun (mengakuisisi) data dari lapangan serta membuat keputusan pada proses pengolahan data tersebut. Perbedaan utama *DCS* dengan *DDC* dan *PLC* adalah terutama terletak dalam arsitektur sistem kontrolnya. Dalam hal ini *DCS* adalah sistem kontrol yang mempunyai kesatuan kontrol yang terdistribusi dalam keseluruhan proses industri. Pengertian terdistribusi dalam *DCS* adalah terdistribusi secara geografis, resiko kegagalan operasi dan fungsional.

DCS memungkinkan :

1. Sistem kontrol yang terpisah untuk masing-masing unit, di mana letak unit bisa saling berjauhan.
2. Pemantauan dan pengawasan yang terpusat.
3. Sistem kontrol lanjut (*multivariable, optimization, dll*)
4. Pengumpulan database seluruh *plant* untuk diolah lebih lanjut.

3.2.2 Arsitektur Umum DCS

Setiap produsen *DCS* mempunyai arsitektur yang secara spesifik sangat berbeda. Namun secara umum terdapat hal-hal yang sama dan ada pada setiap *DCS* dari produsen yang berbeda.



Sumber: Materi Teknik Pelatihan Kontrol Proses dengan *DCS* ITB

Gambar 3.9 Arsitektur *DCS* secara umum

3.2.3 Tujuan *DCS*

Tujuan utama dari *DCS* adalah untuk meningkatkan kinerja sistem kontrol plant. Dengan begitu diharapkan tercapainya hal-hal berikut:

1. Produksi
 - a. Mengoptimalkan jadwal produksi (*production schedule*)
 - b. Mengoptimalkan penempatan peralatan (*equipment assignment*)
2. Menghasilkan konsistensi produk
3. Efisiensi
4. Penghematan energi dan material
5. Keselamatan
6. Biaya
 - a. Optimisasi *Plant-wide*
 - b. Optimisasi tenaga kerja

3.2.4 Perbandingan Tipe Pengontrol Berbasis komputer (Umum)

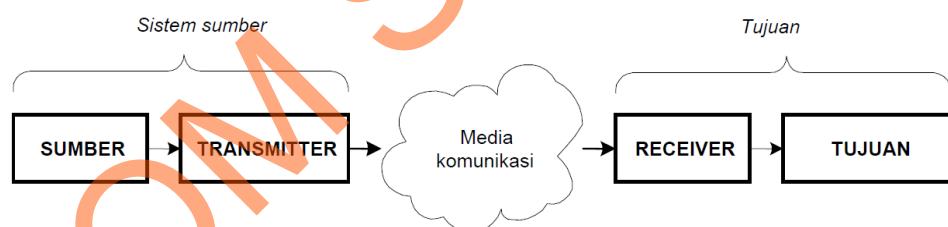
	Kelebihan	Kekurangan
DCS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resiko didistribusikan ▪ Waktu-nyata ▪ Strategi Kontrol Lanjut ▪ PID (kontrol mode 3) ▪ <i>Operator interface</i> ▪ Biaya integrasi rendah 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proprietary network ▪ Proprietary OS ▪ Complex interlocks ▪ Lingkungan Ruang Kontrol
PLC	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Environmental ▪ Uptime ▪ Waktu-nyata ▪ Complex interlocks ▪ RLL mudah dan dapat diulang 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Human interface ▪ Biaya Integrasi ▪ Sequencing ▪ Reporting ▪ Perangkat lunak Aplikasi ▪ Recipe handling
Komputer Terpusat	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Akuisisi Data ▪ Strategi Kontrol Lanjut ▪ Penyimpanan Database ▪ History dan trend ▪ Jaringan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diprogram ▪ Keterbatasan lingkungan ▪ Biaya berlebihan ▪ Waktu-nyata

Sumber: IARG Departemen Teknik Fisika ITB

Gambar 3.10 Perbandingan antar tipe pengontrol

3.2.5 Data dan Komunikasi DCS

3.2.5.1 Komunikasi Data



Sumber: IARG Departemen Teknik Fisika ITB

Gambar 3.11 Komunikasi Data dalam DCS

Keterangan gambar :

1. Sumber berfungsi untuk membangkitkan data yang akan ditransmisikan.
2. *Transmitter* berfungsi untuk mengkodekan dan memodulasikan data.
3. Media komunikasi merupakan tempat transmisi sinyal.
4. *Receiver* berfungsi untuk mendemodulasi dan membuka kode data.

5. Tujuan adalah tempat untuk mengambil data yang diterima.

3.2.5.2 Representasi Data

Informasi dapat direpresentasikan dengan sinyal analog atau digital. Sinyal analog direpresentasikan dalam ukuran 4-20 mA atau 1 – 5 V. Sedangkan sinyal digital direpresentasikan dalam *byte* atau *word* atau juga dengan *pulse sequence*.

3.2.5.3 Protokol Komunikasi

Secara umum ada 2 macam protokol komunikasi DCS.

1. *HART*

1. Sinyal analog dan digital dalam satu kabel
2. Standar Bell202
 - a. ± 0.5 mA variasi pada sinyal 4-20 mA konvensional
 - b. 1200 Hz untuk logika 1
 - c. 2200 Hz untuk logika 0
3. Kecepatannya mencapai 1200 *bps*
4. Merupakan *smart instrument* yang mempunyai kemampuan untuk meningkatkan reabilitas, mampu melakukan *self-diagnostic* dan memiliki akurasi serta presisi yang lebih baik.

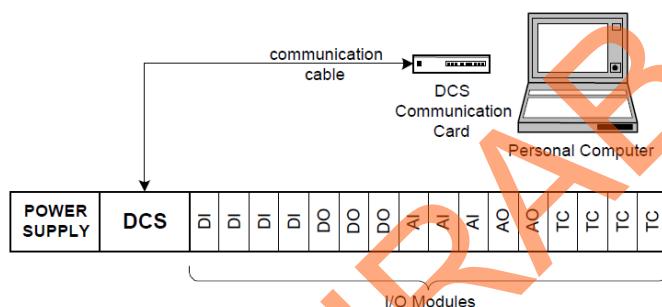
2. *FieldBus*

- a. *Fully digital “Open” system standard*
- b. *Real-time system*
- c. *Deterministic*
- d. Kecepatan operasi mencapai 31.25 *kbytes*
- e. Keuntungan dari protokol ini adalah mempunyai realibilitas tinggi, mudah dikalibrasi dan dirawat

3.2.6 Pemrograman dalam DCS

3.2.6.1 Peralatan Pemrograman

Fungsi peralatan pemrograman adalah untuk memprogram, memasukkan, menyimpan, dan memonitor perangkat lunak DCS. Peralatan yang dipakai adalah sistem *console* atau *PC*. Di mana *PC* hanya terhubung dengan *local control unit* hanya pada saat proses *download*, *startup* dan *troubleshooting*.



Sumber: IARG Departemen Teknik Fisika ITB

Gambar 3.12 *Personal Computer* sebagai peralatan Pemrograman

3.2.6.1 Bahasa pemrograman

Bahasa pemrograman yang biasa dipakai adalah :

1. *Function block*
2. *Ladder Logic*
3. *Sequential Function Chart*
4. *Structured Text Language*
5. *Instruction List*

3.2.7 Man Machine Interface (MMI)

Man Machine Interface merupakan sarana bagi operator untuk mengakses sistem otomasi di lapangan. Sistem informasi *plant* yang diambil adalah, *variable*

process, status peralatan, alarm, lup kontrol, dan lain sebgainya. Sistem informasi tersebut kemudian diolah dengan peralatan seperti *keyboard*, *mouse* atau *pointing device* lain yang menyerupai, dan *touchscreen*.

Fungsi utama dari *MMI* adalah untuk berkomunikasi dengan modul input/output, *local control unit*, dan alat lain. Kemudian juga memberikan informasi *plant* yang *up-to-date* kepada operator melalui *graphical user interface* (*chart*, grafik trending, *report*, animasi), menerjemahkan instruksi dari operator ke mesin, sebagai sarana *engineering development station*, dan merupakan *operator station*.

3.2.8 Komponen DCS

Secara umum *DCS* memiliki beberapa komponen utama, yaitu :

1. *Operator Console*

Operator console berbentuk mirip monitor komputer. Digunakan untuk memberikan informasi berupa *feedback* kepada operator mengenai segala hal yang sedang dikerjakan atau dilakukan dalam pabrik. *Operator console* juga bisa menampilkan perintah yang diberikan pada sistem kontrol. Melalui *operator console* inilah operator memberikan perintah pada instrumen-instrumen di lapangan.

2. *Engineering Station*

Merupakan *station* khusus bagi para teknisi yang digunakan untuk melakukan konfigurasi sistem dan juga mengimplementasikan algoritma pengontrolan.

3. *History Module*

Penggunaan alat ini mirip dengan penggunaan *harddisk* pada komputer. Alat ini digunakan untuk menyimpan konfigurasi *DCS* dan juga konfigurasi semua *plant* yang ada di pabrik. Alat ini juga bisa digunakan untuk menyimpan berkas-berkas grafik yang ditampilkan di konsol dan mampu menyimpan data-data operasional pabrik.

4. *Data Historian*

Berupa perangkat lunak yang digunakan untuk menyimpan variabel-variabel proses, *set point* dan nilai-nilai keluaran. Perangkat lunak ini memiliki kemampuan laju *scan* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *history module*.

5. *Control Modules*

Merupakan otak atau pengontrol utama dari *DCS*. Pada *control modules* fungsi-fungsi kontrol dijalankan. Fungsi kontrol yang dimaksud mencakup kontrol *PID*, kontrol pembandingan, kontrol rasio, operasi-operasi aritmatika sederhana maupun kompensasi dinamik.

6. Peralatan Input Output

Bagian ini digunakan untuk menangani masukan dan keluaran dari *DCS*. Masukan dan keluaran tersebut bisa analog, bisa juga digital. Masukan atau keluaran digital seperti sinyal-sinyal *on/off* atau *start/stop*. Kebanyakan dari pengukuran proses dan keluaran terkontrol merupakan jenis analog. Semua elemen-elemen yang telah dijelaskan tersebut terhubung dalam satu jaringan (saat ini sudah menggunakan teknologi *ethernet* atau bahkan *wireless* yang mencakup *wifi* atau *wimax*).

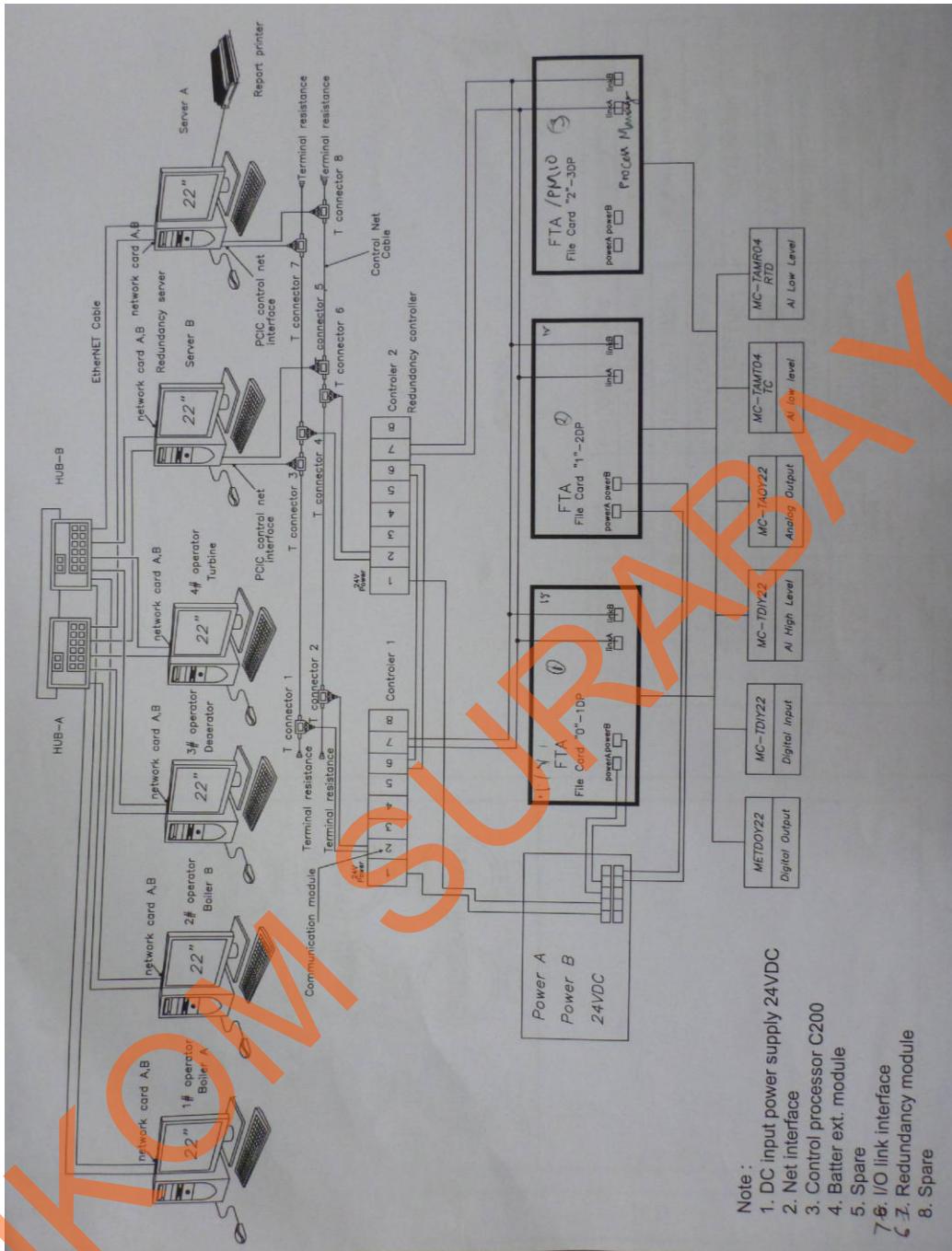
3.3 *DCS Honeywell*

Unit Utilitas Batu Bara (UUBB) di PT Petrokimia Gresik adalah unit yang secara khusus memproduksi listrik untuk pabrik dua dan *low steam pressure* ke pabrik tiga. Dalam menjalankan produksi Unit Utilitas Batu Bara (UUBB) memakai *DCS (Distributed Control System)* produksi Honeywell sebagai pengontrol proses utama yang menjalankan seluruh alat produksi. *Plant control system* ini dirancang untuk mengoperasikan *boiler, steam turbine generator* dan beberapa *package system* lain sebagai penunjang.

DCS Honeywell juga akan menyediakan sebuah sistem yang berfungsi untuk proses akuisisi data dan informasi penting mengenai sistem dan menyimpannya dengan baik. Hal ini berguna bagi operator untuk mengakses dan mengolah data lama ataupun yang sekarang untuk keperluan pabrik.

Selain itu *DCS Honeywell* juga mempunyai beberapa *redundancy equipment*. *Redundancy equipment* yang disediakan *DCS* di antaranya adalah *process controller (PCS), data highway network, power supply module, and engineering station.*

Berikut ini adalah gambar arsitektur *DCS* yang diimplementasikan di Unit Utilitas Batu Bara PT Petrokimia Greik :



Gambar 3.13 Arsitektur DCS di Unit Utilitas Batubara PT Petrokimia Gresik

3.3.1 Process Controller

Process Controller (PCS) merupakan *process controller* utama yang merupakan *hybrid system*. *Process controller* mempunyai tugas utama untuk melakukan control pada keseluruhan *loop* yang ada di *power plant*.

Process controller mempunyai *redundant identical processor*. Proses *switchover* dari *process controller* yang sedang *online* ke *process controller* yang kedua atau *process controller* yang menjadi *back up* terjadi secara langsung dan cepat tanpa adanya *delay*. Jika terjadi proses *switchover* konfigurasi *process controller* yang menjadi *back up* akan secara otomatis memiliki konfigurasi sistem sebelumnya, karena sudah disimpan pada *non volatile memory*.

Sebuah *process controller* terdiri dari beberapa modul. Berikut ini adalah beberapa modul yang umumnya dipasang pada sebuah *process controller*.

1. *Battery Extension Module (BEM)*

Baterai ini digunakan oleh *RAM* sebagai sumber daya saat terjadi interupsi *power*.

2. *Control Net Interface Module*

Merupakan modul komunikasi antara *process controller* dengan komputer (server).

3. *I/O Link Interface Module (IOLIM)*

Modul yang menghubungkan dengan *PM I/O* (*Process Manager Input/Output*).

4. *Control Processor Modules*

Merupakan tempat program dieksekusi dan juga merupakan tempat semua pengendalian proses yang ada. *Control processor* yang ada pada UUBB merupakan seri C-200.

5. *Redundancy Module*

Modul yang menangani proses redundan antar *CPM*.



Gambar 3.14 *Process Controller*

3.3.2 *Process Manager I/O*

Sesuai namanya *Process Manager Input / Output* (*PM I/O*) bertugas untuk menangani semua proses yang berhubungan dengan input atau output. *PM I/O* merupakan jembatan antara *FTA* dan *process controller*.



Gambar 3.15 *Process Manager I/O*

3.3.3 *Field Termination Assemblies*

Tugas utama dari *FTA* adalah menerjemahkan data analog yang dikirim oleh *transmitter* yang ada di lapangan ke *PM I/O*.



Gambar 3.16 *Field Termination Assemblies*

3.3.4 PCIC

PCIC merupakan *expansion card* yang terpasang pada komputer server.

PCIC terhubung dengan *control net interface modules* yang ada pada *process controller*. Fungsi utama dari *PCIC* adalah sebagai *translator* data yang dikirim oleh *process controller*.

3.3.5 Server

Server merupakan tempat semua data dan perintah yang dikelola. Server merupakan penghubung semua informasi dan perintah dari komputer operator dengan *process controller*. Agar reabilitas terjamin, server yang ada di UUBB juga memiliki sifat *redundancy*.



Gambar 3.17 Server milik Unit Utilitas Batu Bara

3.3.6 Operator Workstation

Operator workstation merupakan *man machine interfaces*. Di sinilah semua perintah dan proses pengawasan *plant* dilakukan oleh operator. Di Unit Utilitas Batubara PT Petrokimia Gresik terdapat empat *workstation* utama. Di mana *workstation* tersebut untuk mengawasi dan memberikan perintah kontrol pada dua boiler, satu deaerator, dan satu turbin.



Gambar 3.18 *Operator Workstation UUBB*

3.4 Redundant System

Dalam *DCS* tidak hanya sebuah kontroler saja yang dilengkapi *redundant system*. Selain kontroler ada juga *redundant power supply*, dan *redundant server*. Namun, yang akan dibahas secara khusus adalah *redundant* yang ada pada kontroler utama atau yang ada pada *process controller*.

Secara sederhana *redundant system* adalah sebuah sistem yang memungkinkan terjadinya suatu proses perpindahan fungsi kontrol dari kontroler utama ke kontroler cadangan. Perpindahan fungsi kontrol biasanya terjadi karena terdapat *error* atau *failure system* pada kontroler utama. Proses perpindahan fungsi kontrol sudah dirancang sedemikian rupa sehingga bisa terjadi dengan sangat cepat, nyaris tanpa ada *delay*.

Tujuan dari *controller redundancy* adalah untuk menjamin sistem tetap bekerja walaupun terjadi kegagalan pada kontroler. *Redundant system* dari DCS C-200 tersebut bisa terjadi karena adanya *redundant chassis pair (RCP)*. Sebuah *rcp* menyediakan sepasang *controller chassis* yang akan saling berkomunikasi, jadi jika ada *error* tugas pengontrolan akan dialihkan ke *chassis* yang lain.

Ada dua karakteristik utama dari status yang dimiliki redundant system. Yang pertama adalah karakteristik primer yang mengacu pada *chassis* yang menjalankan kontrol sistem (*chassis* yang sedang aktif). Yang kedua adalah karakteristik sekunder yang mengacu pada beberapa status dari *readiness* yang dipakai sebagai referensi untuk dapat mengambil alih tugas sistem primer.

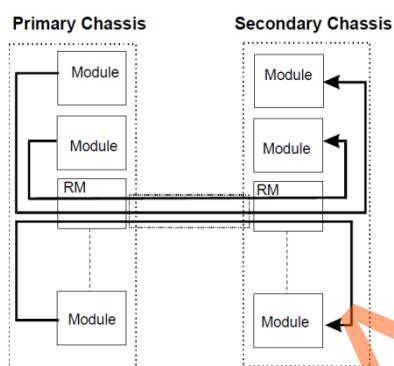
Tidak semua jenis kontroler bisa menunjang *redundant system*. Ada syarat dan kondisi tertentu yang harus dipenuhi agar *redundant system* bisa diterapkan. Syarat-syarat tersebut antara lain :

1. *Process controller* dengan *control processor module* di dalamnya harus menunjang sistem ini. Yang ada pada Unit Utilitas Batu Bara adalah *process controller* dengan *control processor module* seri C-200 di dalamnya. Seri ini mendukung *redundant system*.
2. Harus memiliki sepasang *redundant chassis pair* dan merupakan *chassis controller* yang sama (identik) dan ditempatkan pada dua DCS C-200 yang berbeda dan diletakkan pada posisi slot yang sama.

3.4.1 Redundant Module

Sebuah *redundancy module* (mengacu pada modul yang memiliki sifat *redundant*) mampu menjalankan komunikasi *chassis-to-chassis* dalam *high performance* untuk *redundancy module (RM)* dalam sebuah *redundant chassis*

pair. Redundant module hanya menyediakan *path* untuk modul-modul yang berkomunikasi agar mampu melakukan sinkronisasi satu sama lain dan menyelaraskan proses sinkronisasi. Akan tetapi, sebuah *RM* tidak bisa menentukan seberapa banyak *module's database* yang disinkronkan.



Gambar 3.19 *Redundancy Communication Path*

Redundancy module mempunyai fungsi utama yang khusus. Berikut ini adalah beberapa tugas utama dari *redundancy module* :

1. Mengambil *module status* dari semua *chassis modules* yang ada.
2. Mengambil *module status* dari *RM* yang dipasangkan dengannya.
3. Menerima dan mencatat semua *event reports* dari *chassis modules* yang ada baik dalam dirinya sendiri maupun dalam *RM* lain yang dipasangkan dengannya.
4. Menyelesaikan *states* baik berdasarkan data yang didapat dan data yang ada dalam *report*.
5. Menyelesaikan konflik yang mungkin terjadi secara bersama-sama dengan *RM* yang dipasangkan dengannya.
6. Melakukan koordinasi pada aktivitas transisi status dengan *chassis*.

7. Menyediakan *redundancy-related read (status)* dan memberikan akses *write (control)* pada kontroler lokal atau pada *remote network devices*.

3.4.2 Switchover dan Readiness

Switchover adalah suatu proses di mana *secondary chassis* mengambil *state* dari *primary chassis*, sedangkan *primary chassis* mengambil *state* yang tepat yaitu, *readiness* dari *secondary chassis*. Sebuah *switchover* dapat aktif secara langsung jika terjadi *fault* pada *primary chassis* atau juga oleh perintah manual dari operator. Kemampuan dari *secondary chassis* untuk mengambil alih peran kontrol dari *primary chassis* tergantung dari status *readiness secondary chassis* yang sedang terjadi. Ada status tertentu dari sebuah *secondary chassis* sehingga *secondary chassis* dapat menerima pengalihan dari kontroler primer. Berikut ini adalah tabel status aksi dan reaksi yang mungkin dilakukan *secondary chassis* berdasarkan statusnya :

Tabel 3.1 Status *secondary chassis*

<i>If secondary chassis is..</i>	<i>Then, secondary chassis</i>
<i>Dissqualified</i>	Tidak dapat mengambil alih peran kontrol, karena merupakan <i>non-readiness state</i>
<i>Synchronized</i>	Dapat mengambil alih peran <i>primary chassis</i> melalui <i>switchover</i> . Dalam keadaan ini <i>database</i> yang ada dipindahkan / dialihkan ke <i>primary chassis</i> .
<i>Standby</i>	<i>Standby state</i> tidak tersedia

Tabel berikut ini menunjukkan beberapa *failure conditions* yang dapat memicu *switchover*. Seperti yang sudah dijelaskan pada tabel 3.1, *secondary control chassis* harus dalam status *synchronized* agar *switchover* dapat terjadi.

Tabel 3.2 Keadaan yang menyebabkan *switchover* terjadi

<i>Failure Conditions That Result in a Switchover</i>
<i>Primary chassis power supply</i> mengalami <i>fails</i> atau dimatikan paksa
Ada <i>module</i> dari Primary chassis yang mengalami <i>failure</i>
<i>Primary chassis</i> tidak dimatikan dahulu saat ada <i>module</i> yang dimasukkan
Mengeluarkan secara paksa <i>module</i> dari <i>primary chassis</i> yang sedang menyala
<i>Integrated Control Protocol backplane</i> pada <i>primary chassis</i> mengalami <i>fails</i>
<i>Primary chassis power supply</i> kehilangan daya secara mendadak