

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Susu

Susu merupakan salah satu bahan makanan yang bergizi tinggi karena mengandung zat-zat makanan yang lengkap dan seimbang. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang susu segar (2011) menyatakan bahwa susu segar adalah cairan yang berasal dari ambing sapi yang sehat dan bersih, yang diperoleh dengan cara pemerahan, yang kandungannya tidak dikurangi atau ditambah dengan apapun dan belum mendapat perlakuan apapun kecuali pendinginan. Susu adalah hasil pemerahan sapi atau hewan menyusui lainnya yang dapat dimakan atau dapat digunakan sebagai bahan makanan yang aman dan sehat serta tidak dikurangi komponen-komponenya (air, karbohidrat, lemak, protein, enzim, vitamin, dan mineral) atau ditambahkan bahan-bahan lain (Hadiwiyoto, 1994)

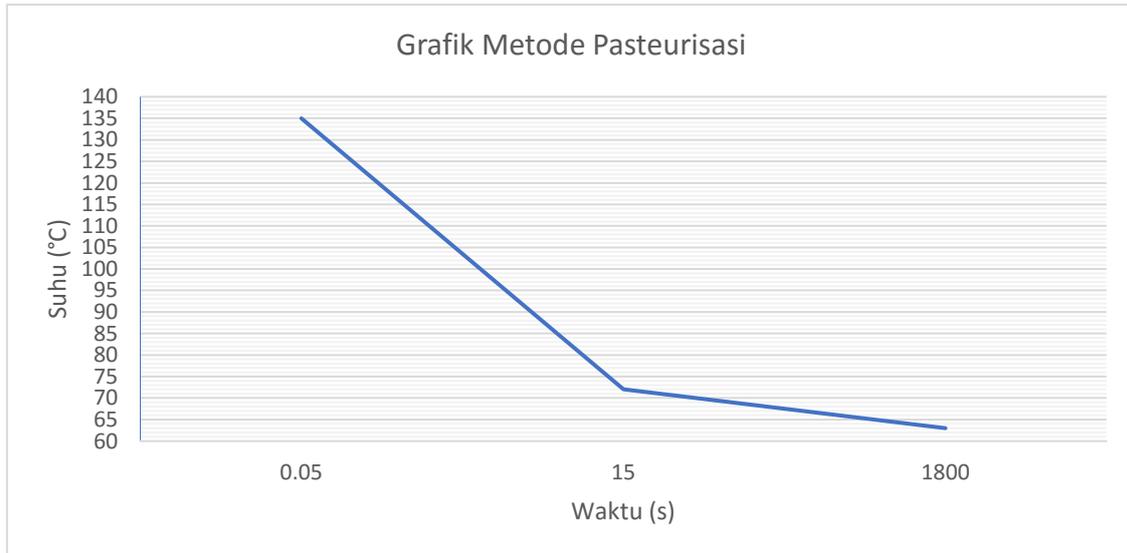
2.2 Pasteurisasi

Pasteurisasi merupakan proses pemanasan dalam temperatur tertentu dan dalam jangka waktu tertentu untuk memperlambat pertumbuhan mikroba-mikroba dalam makanan. Pasteurisasi sendiri ditujukan untuk mengurangi mikroorganisme yang terdapat pada bahan tersebut sehingga aman dikonsumsi oleh manusia. Proses pasteurisasi harus dilakukan dengan benar agar produk jadi aman dikonsumsi dan memiliki daya simpan yang lebih lama (Barraquio, 2014).

Dalam proses pasteurisasi ada beberapa metode yang sering digunakan yaitu (Setya, 2012):

1. Metode pasteurisasi dalam waktu lama dengan suhu rendah atau LTLT (*Low Temperature Long Time*), yaitu pemanasan susu pada suhu rendah yaitu 63 °C selama 30 menit
2. Metode pasteurisasi dalam waktu singkat dalam suhu tinggi atau HTST (*High Temperature Short Time*), yaitu pemanasan susu pada suhu tinggi yaitu 72-75 °C selama 15 detik.

3. Metode pasteurisasi dengan suhu sangat tinggi (*Ultra high Temperature*), yaitu pemanasan susu pada suhu 131 °C selama 0,5 detik pada tekanan tinggi untuk mencegah pembakaran susu pada alat pemanas.



Gambar 2.1 Grafik Metode Pasteurisasi

2.3 Sistem Pengendalian

Dalam dunia industri sistem kendali memiliki peranan penting hampir pada setiap aspeknya, karena sistem pengendalian memiliki keunggulan dalam pengendalian dan pengontrolan parameter proses yang berlangsung karena hampir semua sistem pengendalian dilakukan oleh program atau kontroler yang hanya bisa diaplikasikan pada mesin atau peralatan-peralatan otomatis. Sistem pengontrolan ini memiliki sisi baik sekaligus sisi buruk yaitu mengenai sumber daya manusia yang digantikan oleh kontroler yang dapat meminimalisir kesalahan, namun tidak semua peranan manusia dapat digantikan oleh kontroler, manusia masih diperlukan dalam penentuan parameter-parameter apa saja yang dibutuhkan bagi industri tersebut.

Pada sistem pengendalian terdapat kontroler yang sering juga dikenal sebagai kompensator, kontroler adalah suatu sistem dinamis yang ditambahkan guna mendapatkan karakteristik keseluruhan yang diinginkan (K. Ogata, 2010). Adapun fungsi dari kontroler dijelaskan dalam gambar Gambar 2.2 yaitu:



Gambar 2.2 Diagram proses pengukuran

1. Membandingkan, yaitu membandingkan *proses variable* (PV) pada proses yang sedang berlangsung dengan *set point* (SV) yang telah ditentukan.
2. Menghitung, yaitu menghitung perbedaan antara *proses variable* (PV) pada proses yang sedang berlangsung dan *set point* (SV) yang telah ditentukan yang hasilnya disebut *error* (e).
3. Mengkoreksi, yaitu setelah mendapatkan nilai *error* maka kontroler mengirimkan sinyal untuk menentukan perubahan pada *final element*.

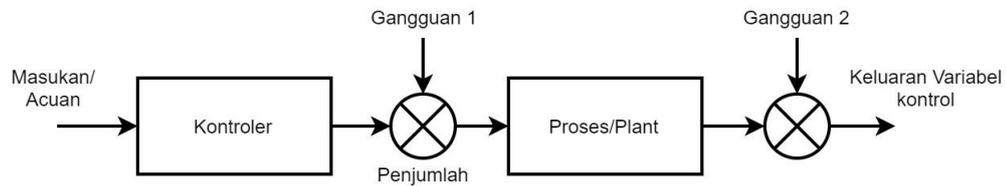
Secara keseluruhan, sistem pengendalian dibedakan menjadi 2 yaitu *Manual Control* dan *Automatic Control*. *Manual control* adalah sistem pengendalian dimana yang mengendalikan jalannya proses adalah manusia, sehingga pengendalian dilakukan secara manual. Manusia memiliki peranan yang penting sehingga dibutuhkan ketelitian dari manusia tersebut untuk mengawasi dan mengendalikan kondisi proses yang ada. Sedangkan pada *Automatic Control* peranan manusia dalam pengontrolan tidak diperlukan sehingga digantikan oleh kontroler. Peranan manusia hanya sebatas memberikan *set point* (SV) sebagai acuan kontroler untuk mengendalikan proses yang berlangsung.

Sedangkan menurut bentuk *loop* sistem pengendaliannya, sistem pengendalian terbagi menjadi 2 macam, yaitu:

1. Sistem Pengendalian *Loop* Terbuka (*Open Loop Control System*)

Sistem pengendalian *loop* terbuka adalah suatu sistem yang keluarannya tidak mempunyai pengaruh terhadap aksi kontrol. Artinya, sistem kontrol terbuka keluarannya tidak dapat digunakan sebagai umpan balik dalam masukan. Jadi, pada sistem ini keluaran dari kontrollernya tidak diukur atau diumpan balikkan untuk dibandingkan

dengan masukannya (Hakim, 2012). Blok diagram sistem kendali *loop* terbuka dapat dilihat pada Gambar 2.3.



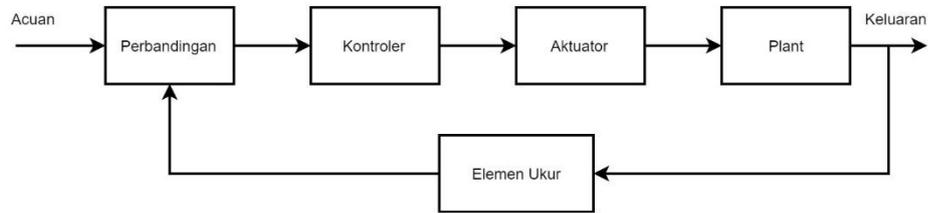
Gambar 2.3 Blok diagram sistem kendali *loop* terbuka

Contoh sederhana dari sistem *loop* terbuka yaitu pada mesin cuci, operator menggunakan pengalamannya untuk mengatur pewaktu yang dibutuhkan agar keluaran sesuai dengan yang diinginkan.

2. Sistem Pengendalian *Loop* Tertutup (*Closed Loop Control System*)

Sistem kontrol *loop* tertutup adalah sistem kontrol yang cenderung memperkecil selisih antara keluaran sistem dan masukan acuan dan menggunakan selisih ini sebagai alat pengukur. Sistem kontrol *loop* tertutup juga merupakan sistem kontrol berumpan balik (Hakim, 2012).

Sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik yang berupa sinyal keluaran, diumpankan ke kontroler untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati harga yang diinginkan. Dengan kata lain, istilah “*lup* tertutup” berarti menggunakan aksi umpan – balik untuk memperkecil kesalahan sistem. Blok diagram sistem kendali *loop* tertutup dapat dilihat pada Gambar 2.4



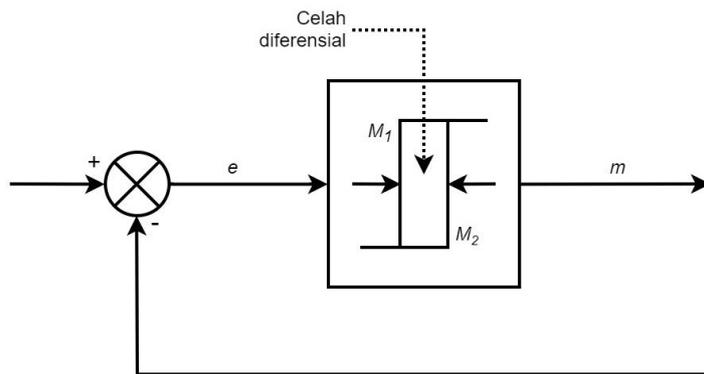
Gambar 2.4 Blok diagram sistem kendali *loop* tertutup

2.4 Kontroler *On-Off*

Pada kontrol *On-Off*, elemen penggerak hanya mempunyai dua posisi yang tetap. kontrol *On-Off* relatif sederhana dan murah oleh karena itu banyak digunakan di industri. Sinyal kontrol ini akan tetap mempertahankan suatu keadaan dan akan berubah kekeadaan yang lainnya tergantung pada nilai *error* yang dihasilkan. Misal sinyal keluaran kontroler adalah $m(t)$ dan sinyal *error* penggerak adalah $e(t)$. Pada kontrol *On-Off*, sinyal $m(t)$ akan tetap pada harga maksimum atau minimum, bergantung pada sinyal *error* penggerak, positif atau negatif, sedemikian rupa hingga:

$$\begin{aligned}
 m(t) &= M_1, e(t) > 0 \\
 &= M_2, e(t) < 0
 \end{aligned}$$

Dimana M_1 dan M_2 adalah konstanta. Daerah nilai kesalahan penggerak antara posisi *on* dan *off* disebut dengan celah diferensial. Celah diferensial ini menyebabkan keluaran kontroler $m(t)$ tetap pada kondisinya sampai sinyal *error* penggerak bergeser sedikit dari harga nol (K. Ogata, 1997). Blok diagram kontroler *On-Off* dengan celah diferensial dapat dilihat pada gambar Gambar 2.5



Gambar 2.5 Blok diagram kontroler *On-Off* dengan celah diferensial

2.5 Variabel Kontrol

2.5.1 Suhu

Suhu atau temperatur adalah suatu besaran fisika yang menunjukkan derajat panas dari suatu benda atau lingkungannya. Pengukuran temperatur digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan temperatur/panas/suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu. Temperatur adalah besaran relatif, tergantung pada acuan yang digunakan. Berikut sifat fisika benda yang digunakan sebagai acuan pengukuran temperatur (Nugraha, 2016) dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel acuan pengukuran temperatur

Acuan	Temperatur (°C)
Titik didih Hidrogen (H)	252,78
Titik didih Nitrogen (N)	195,81
Titik beku Air Raksa (Hg)	38,87
Titik beku Air (H ₂ O)	0
Titik didih Air (H ₂ O)	100
Titik didih Sulfur (S)	444,60
Titik cair Perak (Ag)	950,5
Titik cair Emas (Au)	106,3

2.6 Sensor Suhu

PT100 adalah salah satu jenis sensor suhu yang pengukurannya menggunakan prinsip perubahan resistansi atau hambatan listrik logam yang dipengaruhi oleh perubahan suhu. PT100 adalah salah satu sensor suhu yang paling banyak digunakan dalam otomatisasi dan proses kontrol. Penamaan PT100, menampilkan informasi tentang karakteristik dari sensor PT100 ini sendiri. “PT” yang berarti bahan yang digunakan, yaitu platina. Sedangkan “100” adalah nilai resistansi sensor ini sebesar 100Ω pada saat suhu yang dibaca oleh sensor adalah sebesar 0°C . PT100 termasuk jenis sensor suhu resistansi atau biasa disebut *Resistance Thermal Detector* (RTD). Ada beberapa jenis RTD berdasarkan bahan pembuatannya, yaitu: Platina (Pt), Tembaga (Cu) dan Nikel (Ni) (Hidayatullah, 2017). Gambar bentuk sensor PT100 dapat dilihat pada Gambar 2.6.

Metode matematik linier sensor RTD adalah :

$$RT = R_0(1 + \alpha_0 T)$$

dengan :

RT = Resistansi bahan pada suhu T (Ohm)

R_0 = Resistansi bahan pada suhu 0 (Ohm)

α_0 = Koefisien suhu bahan pada 0°C

T = Suhu aktual terukur ($^\circ\text{C}$)



Gambar 2.6 Sensor suhu PT100

Menurut keakurasiannya, terdapat dua jenis sensor PT100, yaitu *Class-A* dan *Class-B*. Sensor PT-100 *Class-A* memiliki akurasi $\pm 0,06$ ohm dan sensor PT100 *Class-B* memiliki akurasi $\pm 0,12$ ohm. Keakurasian ini akan menurun seiring dengan naiknya suhu. Akurasi sensor PT100 *Class-A* bisa menurun hingga $\pm 0,43$ ohm ($\pm 1,45^\circ\text{C}$) pada suhu 600°C , dan sensor PT100 *Class-B* bisa menurun hingga $\pm 1,06$ ohm ($\pm 3,3^\circ\text{C}$) pada suhu 600°C .

2.7 Transmitter

Transmitter merupakan salah satu alat instrumentasi yang berfungsi untuk merubah besaran perubahan oleh *sensing element* menjadi sinyal yang mampu diterjemahkan oleh kontroler. Sinyal standar yang dihasilkan transmitter untuk sinyal pneumatic adalah 3 – 15 psi atau 0,2 – 0,1 kg/cm² sedangkan untuk sinyal elektrik adalah 4 – 20 mA DC dan 1 – 5 V DC. *Transmitter* sendiri ada yang berfungsi sebagai pengirim sinyal saja, atau ada juga yang mengkonversi besaran menjadi besaran yang diinginkan. Selain ditransmisikan ke kontroler, *transmitter* juga memiliki *display* di lapangan yang digunakan untuk pengecekan secara manual (Yordan, 2013).

Untuk mentransmisikan sinyal dari *transmitter* ke kontroler, *transmitter* melakukan pengondisian sinyal terlebih dahulu agar sesuai dengan spesifikasi (tegangannya, arusnya). Transmisi yang digunakan untuk pengiriman sinyal ada pneumatic maupun elektrik. Perbedaan kedua transmisi tersebut dapat dilihat dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tabel perbedaan transmitter pneumatic dan elektrik

PNEUMATIC	ELEKTRIK
Transmisi dengan udara bertekanan	Transmisi dengan sinyal electric
Jalur transmisi dengan <i>tube</i>	Jalur transmisi dengan kabel biasa
Respon lambat	Respon cepat
Butuh ruang kontrol yang besar	Lebih ringkas

Pada penelitian ini, transmitter yang digunakan yaitu transmitter *Pretop 5333 Programmable Transmitter* dengan sinyal keluaran berupa sinyal

elektrik. *Range* yang digunakan untuk transmisi ini adalah 4 – 20 mA atau 1 – 5 VDC.



Gambar 2.7 Pretop 5333 programmable transmitter

2.8 Pompa Air

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media pipa atau selang dengan cara merambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus.

Pompa beroperasi dengan prinsip yaitu membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi untuk mengubah tenaga mekanis dari sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran (Nugraha, 2016).

2.9 Pemanas (*Heater*)

Pemanas atau *heater* adalah suatu alat yang mampu menghasilkan energi panas bila diberi tegangan bolak – balik maupun tegangan searah. Kombinasi bahan–bahan yang paling sering digunakan untuk pembuatan elemen pemanas listrik yaitu terdiri atas campuran:

1. Krom – Nikel
2. Krom – Nikel – Besi
3. Krom – Besi – Alumunium

Bahan yang digunakan sebagian ditentukan oleh suhu maksimum yang dikehendaki. Logam-logam campuran tersebut dapat digunakan sampai 1000°C. sebagai penyangga panas maka diperlukan isolasi. Pada bahan isolasi kawat pemanas tidak boleh terjadi reaksi kimia dengan bahan kawatnya pada suhu penggunaan. Syarat ini terutama untuk bahan –bahan isolasi seperti porselen (Noor, 2010).

Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas berasal dari kawat ataupun pipa bertahanan listrik, biasanya berbaha nikel yang dialiri listrik dikedua ujungnya yang dilapisi oleh isolator yang berfungsi sebagai pengaman (Hidayat, 2014).

Ada 2 macam jenis pada elemen pemanas listrik, yaitu:

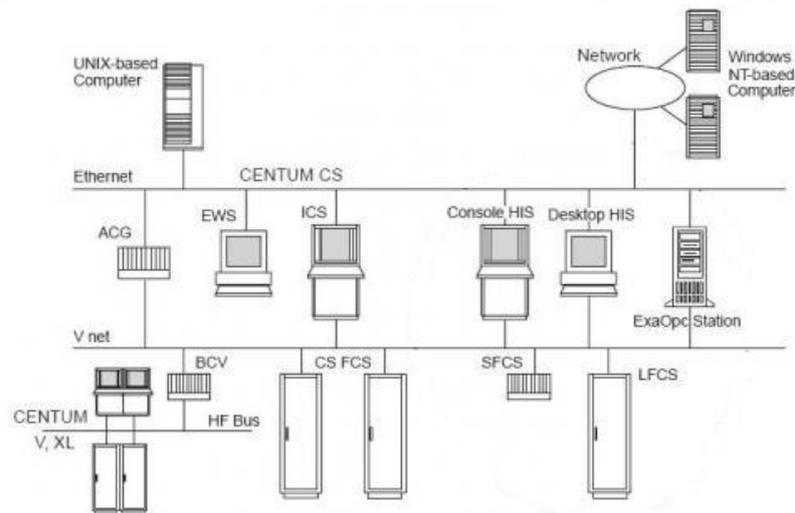
1. Elemen pemanas listrik bentuk dasar, yaitu elemen pemanas bertahanan listrik yang hanya dilapisi oleh isolator.
2. Elemen pemanas listrik bentuk lanjut, yaitu elemen pemanas listrik dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran logam sebagai penyesuaian penggunaan dari elemen pemanas tersebut.

2.10 *Distributed Control System (DCS)*

Distributed Control System (DCS) adalah suatu pengembangan sistem kontrol dengan menggunakan komputer dan alat elektronik lainnya agar didapat pengontrolan suatu *loop* sistem yang lebih terpadu dan dapat dikendalikan oleh semua orang dengan cepat dan mudah. Alat ini dapat digunakan untuk mengontrol proses dalam skala menengah sampai besar. Proses yang dikontrol dapat berupa proses yang berjalan secara kontinyu atau proses yang berjalan secara *batching*.

Sistem *Distributed Control System (DCS)* dirancang dengan prosesor *redundant* untuk meningkatkan kehandalan sistem. Untuk mempermudah dalam penggunaan, *Distributed Control (DCS)* sudah menyertakan tampilan/grafis untuk pengguna dan *software* untuk konfigurasi kontrol. Hal ini akan memudahkan user dalam perancangan

aplikasi. *Distributed Control System* (DCS) dapat bekerja untuk satu atau lebih *work station* dan dapat dikonfigurasi di *work station* atau dari *Personal Computer* (PC) secara *offline*. Komunikasi lokal dapat dilakukan melewati jaringan melalui kabel atau *fiber optic*. Skema sistem jaringan DCS dapat dilihat pada Gambar 2.8 Sistem jaringan DCS



Gambar 2.8 Sistem jaringan DCS

Distributed Control System (DCS) terhubung dengan *field instrument* dan sensor–sensor menggunakan *set point* pengontrolan. Contoh utama dalam pengontrolan menggunakan *set point* adalah mengatur tekanan dan aliran pada fluida dengan memakai penggerak *control valve*. Setiap *Distributed Control System* (DCS) memakai *software* pengaturan dengan sistem integrasi antara konfigurator kontroler, *Human Machine Interface* (HMI) dan konfigurator lain, sehingga meskipun terlihat terpisah–pisah tetapi merupakan satu kesatuan konfigurasi sistem kontrol. Setiap *Distributed Control System* (DCS) umumnya terdiri dari satu sistem *office station* yang berdiri sendiri, dan semua fitur dari kontroler dapat diakses semaksimal mungkin (Ramadhan, 2014).

2.10.1 Prinsip Kerja *Distributed Control System* (DCS)

Secara garis besar operasi pengendalian proses menggunakan DCS adalah variabel – variabel proses di lapangan yang diukur dalam analog dan

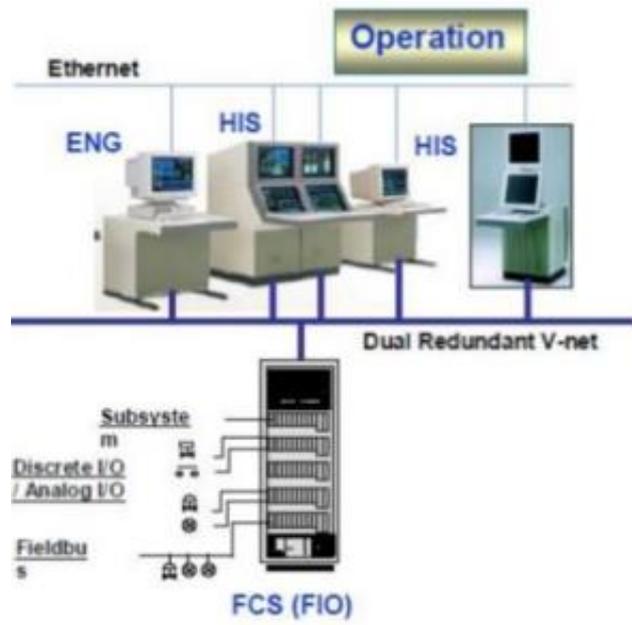
dikirim ke suatu stasiun kontrol lapangan. Disini variabel terukur yang sinyalnya masih bersifat analog (4 – 20 mA/ 1 - 5 Vdc) yang diubah menjadi sinyal digital yang kemudian diolah bersama *set point* yang diberikan oleh suatu algoritma program pengendali tertentu.

Algoritma bertindak sebagai kontroler dari sistem. Hasil perhitungan merupakan sinyal digital yang dimanipulasi oleh sistem yang kemudian dikirim ke lapangan untuk menggerakkan aktuator guna melaksanakan perubahan yang diperlukan pada variabel proses. Variabel termanipulasi yang dihasilkan kontroler sebelum dikirim ke lapangan diubah menjadi sinyal analog dan dikondisikan sehingga sesuai dengan peralatan aktuator yang digunakan mungkin (Ramadhan, 2014).

2.10.2 Arsitektur *Distributed Control System* (DCS)

Secara garis besar arsitektur *Distributed Control System* (DCS) terdiri dari tiga bagian utama, yaitu:

- a. HIS (*Human Interface Station*) Unit ini dipergunakan untuk memonitor dan mengoperasikan suatu proses termasuk menampilkan proses variabel, parameter kontrol dan alarm yang diperlukan oleh pengguna untuk mengetahui kondisi operasi serta status dalam *plant*.
- b. *Process Connection Devices* atau disebut juga FCS (*Field Control Station*) yang berfungsi sebagai peralatan kontroler (*control station & monitoring station*) terdiri dari modul – modul CPU (*Processor*), *I/O Module*, *Communication Module* dan *Power Supply Module*, dll
- c. *Data Communication Facilities* berfungsi sebagai media komunikasi data secara *real time* antara *station station* yang terhubung pada *communication-bus (datahighway)*, terutama antara *control station*, *monitoring station* dengan *operator station*.



Gambar 2.9 Arsitektur DCS

Halaman ini sengaja dikosongkan