

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab II akan dijelaskan teori yang digunakan dalam penulisan, dengan tujuan untuk memudahkan dalam pemahaman cara kerja rangkaian maupun dasar perencanaan alat. Teori yang akan dijelaskan pada Bab II ini adalah *plant*, DCS, kontroler, kontroler *on-off*, pompa, sensor *ultrasonic* HC-SR04, arduino uno, relay dan *solenoid valve*.

2.1 *Plant*

Plant yang akan digunakan dalam skripsi ini adalah *plant* tangki dengan 3 *valve* dengan sistem terdiri dari beberapa bagian diantaranya tangki air, bak penampung air, pompa dan sensor. Tangki observasi berbentuk balok yang bagian atasnya tidak menggunakan tutup. Spesifikasi dari ruang tangki sendiri memiliki 3 *valve*.

2.2 *Distributed Control System (DCS)*

Distributed Control System (DCS) adalah pengembangan sistem kontrol dengan menggunakan komputer dan alat elektronik lainnya agar didapat suatu pengontrolan satu atau lebih dari satu loop sistem yang terpadu dan dapat dilakukan oleh semua orang dengan cepat dan mudah. Alat ini digunakan untuk mengontrol proses dalam skala menengah sampai besar (PT. Yokogawa Indonesia, 2008).

DCS merupakan suatu sistem yang digunakan untuk proses kontrol yang berorientasi *continuous* atau *batch* proses seperti industri semen, makanan-minuman, kimia, pembangkit listrik, obat-obatan, besi-baja dan kertas.

DCS terhubung dengan *field instrument* dan sensor-sensor menggunakan *setpoint* pengontrolan. Contoh utama dalam pengontrolan menggunakan *setpoint* adalah mengatur *pressure* dan *flow fluida* dengan memakai penggerak *control valve*. Tiap DCS memakai *software* pengaturan dengan sistem integrasi antara konfigurator controller, HMI dan konfigurator lain, sehingga meskipun terlihat terpisah-pisah tetapi merupakan satu kesatuan konfigurasi sistem kontrol. Setiap DCS umumnya terdiri dari satu sistem *office station* yang berdiri sendiri, dan semua fitur dari kontroler dapat diakses semaksimal mungkin.

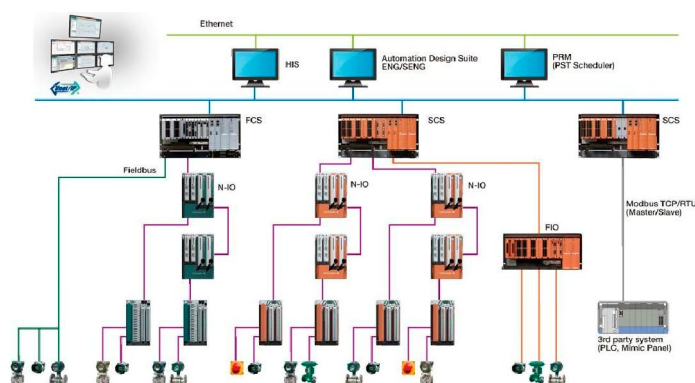
2.2.1 Prinsip Kerja DCS

Secara garis besar operasi pengontrolan proses menggunakan DCS adalah variabel-variabel proses di lapangan yang diukur secara analog dan dikirim ke suatu stasiun kontrol lapangan. Disini variabel terukur yang sinyalnya masih bersifat analog yang diubah menjadi sinyal digital yang kemudian diolah bersama-sama *setpoint* yang diberikan oleh suatu algoritma program pengontrol tertentu.

Algoritma bertindak sebagai controller 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.

2.2.2 Arsitektur DCS

Arsitektur DCS dapat dilihat pada Gambar 2.1 secara garis besar terdiri dari 3 bagian utama yaitu :



Gambar 2.1 Arsitektur DCS Yokogawa

(Sumber: <http://www.yokogawa.com/>)

a. Human Machine Interface (HMI)

Unit ini digunakan 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

Process Connection Devices atau disebut juga *Field Control Station* (FCS) yang berfungsi sebagai peralatan *controller* (*control station & monitoring station*) terdiri

dari modul-modul CPU (*Processor*), *I/O Module*, *Communication Module* dan *Power Supply*.

c. *Data Communication Facilities*

Data Communication Facilities berfungsi sebagai media komunikasi data secara *real time* antara *station* yang terhubung pada *communication-bus*, terutama antara *control station*, *monitoring station* dengan *operator station*.

2.2.3 Komponen DCS

a. *Operator Station*

Operator Station merupakan tempat dimana *user* melakukan pengawasan atau proses *monitoring* yang berjalan. *Operator station* digunakan sebagai *interface* dari sistem secara keseluruhan atau biasa juga dikenal dengan kumpulan dari beberapa HIS (*Human Interface Station*). Bentuk HIS berupa komputer biasa yang dapat mengambil data dari *control station*. *Operator station* dapat memunculkan variabel proses, parameter kontrol dan alarm yang digunakan untuk mengambil status operasi. *Operator station* juga dapat digunakan untuk menampilkan *trend data*, *messages* dan data proses.

b. *Control Module*

Control module merupakan bagian utama dari DCS. *Control module* adalah kontrol atau sebagai otak dari seluruh pengendalian proses. *Control module* melakukan proses komputasi algoritma dan menjalankan ekspresi logika. Pada umumnya *control module* berbentuk *blackbox* yang terdapat pada panel atau *cabinet* dan dapat ditemukan di *control room*. *Control module* biasanya menggunakan *mode redundant* untuk meningkatkan kehandalan kontrol.

Fungsi dari *control module* adalah mengambil *input variable* yang akan dikontrol. Nilai *variable* tersebut akan dikalkulasi. Hasil dari kalkulasi ini akan dibandingkan dengan *setpoint* yang sudah ditentukan. *Setpoint* ini adalah nilai yang diharapkan sebuah proses. Jika hasil kalkulasi berbeda dengan *setpoint*, nilai tersebut harus dimanupulasi sehingga mencapai *setpoint* yang sudah ditentukan. Hasil memanipulasi nilai akan dikirim ke modul *input* atau *output* dan diteruskan ke aktuator.

c. *History Module*

alat ini mirip dengan *hard disk* pada computer. Alat ini digunakan untuk menyimpan konfigurasi DCS dan juga konfigurasi semua titik di pabrik. Alat ini

juga bisa digunakan untuk menyimpan *file-file* grafik yang ditampilkan di *console* dan banyak sistem saat ini mampu menyimpan data-data operasional sistem.

d. *Data Historian*

Biasanya berupa perangkat lunak yang digunakan untuk menyimpan variabel-variabel proses, *setpoint* dan nilai-nilai keluaran. Perangkat lunak ini memiliki kemampuan laju *scan* yang tinggi dibandingkan *History Module*.

e. *I/O Module*

I/O Module merupakan *interface* antara *control module* dengan *field instrument*. *I/O module* berfungsi mengenai *input* dan *output* dari suatu nilai proses, mengubah sinyal digital ke sinyal analog dan sebaliknya. Modul *input* mendapatkan nilai dari *transmitter* dan memberikan nilai proses kepada FCU untuk diproses, sedangkan FCU mengirimkan *manipulated value* kepada modul *output* untuk dikirim ke aktuator. Setiap *field instrument* pasti memiliki pengalamatan dan memiliki penamaan di *I/O module*.

2.3 Kontroler

Kontroler sering kali juga disebut dengan istilah kompensator atau pengontrol. Kontroler adalah suatu sistem dinamis yang sengaja ditambahkan untuk mendapatkan karakteristik sistem keseluruhan yang diinginkan (Ogata K, 2010). Fungsi kontroler pada umumnya adalah:

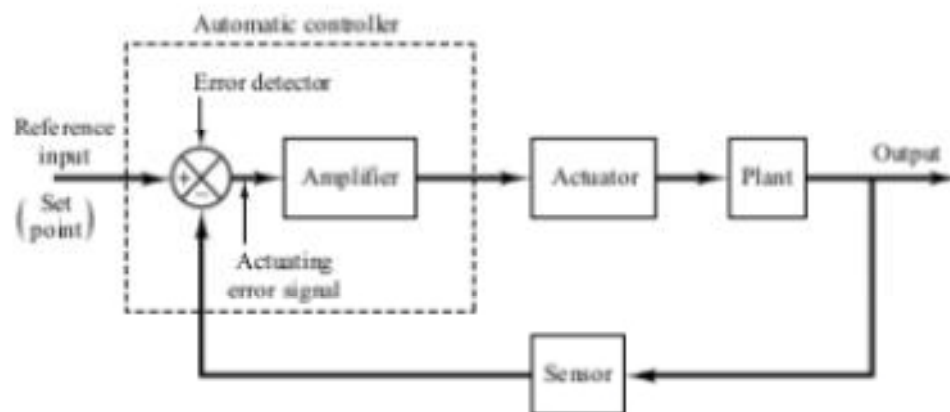
1. Membandingkan nilai *input* dan *output* sistem secara keseluruhan.
2. Menentukan penyimpangan (*error*).
3. Menghasilkan sinyal kontrol (mengurangi penyimpangan menjadi nilai yang kecil).

Tujuan khusus suatu pengontrolan adalah:

1. meminimumkan *error steady state*.
2. Meminimumkan *settling time*.
3. Mencapai spesifikasi transien yang lain, misalnya meminimumkan *maximum overshoot*.

Sistem loop tertutup dalam Gambar 2.2 menggunakan sinyal *output* yang diumpan balikkan terhadap kontroler otomatis (Ogata K, 2010), yang akan membuat perubahan terhadap sistem agar *output* sistem seperti yang diinginkan atau sesuai *setpoint*. Sensor/transduser digunakan sebagai elemen yang langsung mengadakan kontak dengan objek yang diukur. Ransduser berfungsi untuk mengubah besaran fisis yang diukur menjadi besaran fisis lainnya, seperti mengubah besaran tekanan, temperature, aliran dan

posisi menjadi besaran listrik. *Actuating error signal* merupakan sinyal kesalahan yang merupakan selisih antara sinyal *setpoint* dan sinyal *output*. Aktuator berfungsi untuk mengontrol aliran energi ke sistem yang dikontrol. Sebagai contoh adalah motor listrik, katub pengontrol, pompa dan sebagainya. *Amplifier* merupakan unit yang dibutuhkan karena daya dari *error detector* tidak cukup kuat untuk menggerakkan elemen *output*. Karena fungsi pengontrol adalah untuk mengendalikan *output* agar kesalahan mendekati nol, maka diperlukan penguat daya.



Gambar 2.2 Diagram Blok Sistem Kendali Otomatis

(Sumber: K. Ogata , 2010)

Kontroler otomatis menghasilkan sinyal kontrol yang disebut dengan aksi kontrol. Aksi kontrol dasar yang sering digunakan dalam kontroler adalah:

1. Kontroler Proporsional (P)
2. Kontroler Integral (I)
3. Kontroler Proporsional Intergral (PI)
4. Kontroler Proporsional Integral Diferensial (PID)
5. Kontroler *on-off*

2.4 Kontroler *On-Off*

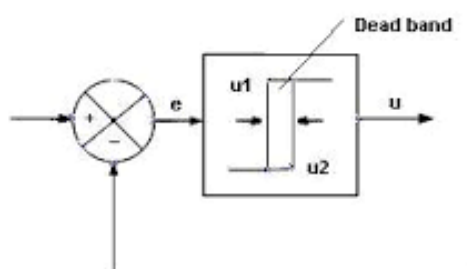
Sistem kontrol dua posisi, elemen penggerak hanya mempunyai dua posisi yang tetap. Kontroler *on-off* ini banyak digunakan di industri karena murah dan sederhana. Sinyal kontrol akan tetap pada satu keadaan dan akan berubah ke keadaan lainnya bergantung pada nilai error positif atau negatif. Misal sinyal keluaran kontroler adalah $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak adalah $e(t)$. Pada kontrol *on-off* sinyal $m(t)$ akan tetap pada

harga maksimum atau minimum, tergantung pada tanda sinyal kesalahan penggerak, positif atau negatif, sedemikian rupa sehingga

$$m(t) = M_1, e(t) > 0$$

$$= M_2, e(t) < 0$$

dimana M_1 dan M_2 adalah konstanta. Daerah harga sinyal kesalahan penggerak antara posisi *on* dan *off* disebut celah differensial. Celah differensial ini menyebabkan keluaran kontroler $m(t)$ tetap pada harga sekarang sampai sinyal kesalahan penggerak bergeser sedikit dari harga nol (Ogata K, 1997). Untuk diagram Blok kontroler *on-off* dapat dilihat dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Diagram Blok Kontroler *on-off* dengan *Dead Band*

(Sumber: K. Ogata, 1997)

Kelemahan dari kontroler *on-off* ini adalah jika *output* berosilasi di sekitar *setpoint* akan menyebabkan actuator bekerja keras untuk *on-off* dengan frekuensi yang tinggi. Hal ini menyebabkan kontroler cepat haus dan memakan energy banyak.

Untuk sedikit mengatasi hal ini maka dibuat suatu *band* pada *setpoint* sehingga mengurangi frekuensi *on-off* dari kontroler. *Band* sendiri berfungsi untuk memberikan batas atas dan batas bawah pada *output* lalu sinyal kontrol sendiri akan *off* ketika *output* menyentuh batas atas dan akan *on* kembali ketika menyentuh batas bawah. *Band* dari *setpoint* ini disebut juga *differential gap* atau celah diferensial.

2.5 Pompa

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energy pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk dengan bagian keluar. Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga

mekanis dari suatu sumber tenaga menjadi tenaga kinetis. Tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.

2.6 Sensor *Ultrasonic* HC-SR04

Sensor *Ultrasonic* merupakan sensor yang bekerja dengan cara memancarkan suatu gelombang dan kemudian menghitung waktu pantulan gelombang tersebut. Gelombang *ultrasonic* dapat merambat melalui zat pada, cair maupun gas. Sensor HC-SR04 memiliki jarak jangkauan minimal 2cm dan maksimal 300cm serta memiliki akurasi sebesar 3mm. Modul sensor *ultrasonic* bekerja pada tegangan DC 5V, arus 15mA dan frekuensi 40Hz. Bentuk dari Sensor *Ultrasonic* HC-SR04 dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sensor *Ultrasonic* HC-SR04

(Sumber : <https://www.sparkfun.com/>)

Sensor HC-SR04 bekerja dengan mekanisme sebagai berikut:

1. Sinyal dipancarkan oleh pemancar *ultrasonic* dengan frekuensi tertentu dan dengan durasi waktu tertentu. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20kHz. Untuk mengukur jarak benda, frekuensi yang umum digunakan adalah 40kHz.
2. Sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340m/s. Ketika menumbuk suatu benda, maka sinyal tersebut akan dipantulkan oleh benda tersebut.
3. Setelah gelombang pantulan sampai di alat penerima, maka sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jarak benda tersebut.

2.7 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input dari *output* digital dimana 6 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin *input* analog, 16MHz osilator Kristal, koneksi USB, jack *power*, ICSP *header* dan tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan cukup hanya

menghubungkan Board Arduino Uno ke computer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke adaptor DC atau baterai untuk menjalakkannya.

Uno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang deprogram sebagai converter USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver USB-to-serial.

Nama “Uno” berarti satu dalam bahasa Italia, untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Uno dan versi 1.0 akan menjadi versi referensi dari Arduino. Uno adalah yang terbaru dalam serangkaian board USB Arduino dan sebagai model referensi untuk platform Arduino. Bentuk dari Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Arduino UNO

(Sumber: <https://www.arduino.cc>)

2.8 Relay

Relay adalah suatu komponen elektronika yang berupa saklar elektronik yang digerakan oleh arus listrik. Prinsip kerja relay seperti tuas saklar dengan lilitan kawat pada batas besi di dekatnya. Ketika solenoid dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka.

Dalam pemakaiannya biasanya relay yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah diode yang diparalel dengan lilitannya dan dipasang terbaik yaitu anoda pada tegangan (-) dan katoda pada tegangan (+). Ini bertujuan untuk mengantisipasi sentakan listrik yang terjadi pada saat relay berganti posisi dari *on* ke *off* agar tidak merusak komponen disekitarnya.



Gambar 2.6 Relay

(Sumber: <http://www.ia.omron.com>)

2.9 Solenoid Valve

Prinsip kerja *solenoid valve* adalah katup listrik yang mempunyai koil yang berfungsi penggerakannya, ketika koil mendapatkan suplai tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga dapat menggerakkan piston yang ada pada bagian dalamnya ketika piston mendapatkan tekanan yang berasal dari suplai. Pada saat posisi piston berpindah, maka pada lubang keluaran A dari *solenoid valve* akan keluar udara yang berasal dari suplai. Pada umumnya *solenoid valve* mempunyai tegangan kerja 100/200VAC atau dengan sumber DC sebesar 12/24v dengan arus beban 1A. Konfigurasi dari *valve* adalah *2/2 normally closed valve*. *Solenoid valve* memiliki 2/2 katup dengan 2 buah gerbang, yaitu gerbang masukan atau keluaran dan 2 posisi, ada aliran dan tidak ada aliran. Katup juga bersifat *on-off* dan bentuk dari *solenoid valve* adalah seperti Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Solenoid Valve

(Sumber : <https://www.solenoid-valves.com>)