

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Fluida**

Fluida atau zat alir adalah termasuk zat dalam fase cair dan fase gas. Zat cair akan mengalir dengan sendirinya dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah atau dari tekanan yang lebih tinggi ke tekanan yang lebih rendah. Sedangkan gas akan mengalir dari tekanan yang lebih tinggi ke tekanan yang lebih rendah. (Ir.Diyono, 2002)

Ditinjau dari pengaruh yang terjadi bila terjadi perubahan tekanan, fluida dibagi menjadi :

- Fluida tak mampat (*incompressible*) yaitu apabila mengalami perubahan tekanan tidak terjadi perubahan sifat fisis terutama kecepatan massa (*density*), atau sifat fisis relatif tetap.
- Fluida mampat (*compressible*) yaitu apabila mengalami perubahan tekanan juga akan terjadi perubahan sifat fisis terutama kerapatan massanya.

#### **2.2 Jenis Aliran Fluida**

Aliran fluida ada dua macam yaitu secara terbuka / berhubungan dengan udara luar serta aliran tertutup yang biasanya dilakukan di dalam pipa. Aliran zat cair dalam pipa ditinjau dari kestabilan kapasitasnya dibagi menjadi dua yaitu :

- Aliran dalam keadaan mantap (*steady state*) apabila debit / laju alir volumetrik selama waktu yang ditinjau adalah tetap
- Aliran tak mantap (*unsteady state*) apabila debitnya / laju alir volumetrik selama waktu yang ditinjau tidak tetap / berubah

Sedangkan jenis atau tipe aliran bila ditinjau dari arah lintasannya partikel fluida yang mengalir dibagi menjadi aliran laminar dan aliran turbulen (Ir.Diyono, 2002)

- Aliran laminar terjadi bila partikel partikel fluida bergerak pada lapisan lapisan yang paralel disepanjang aliran atau lintasannya sejajar , yang berarti tidak ada arus olakan.
- Aliran turbulen terjadi bila partikel partikel fluida bergerak dengan kecepatan dan arah yang berubah ubah terhadap waktu sehingga sulit untuk diamati, yang berarti terjadi arus olakan.

### 2.3 Definisi Sistem Pengendalian

Sistem pengendalian adalah susunan komponen komponen fisik yang dirakit sedemikian rupa sehingga berfungsi untuk mengendalikan sistem itu sendiri atau sistem lain yang berhubungan dengan sebuah proses.

Ada banyak parameter yang harus dikendalikan di dalam suatu proses. Di antaranya, yang paling umum, adalah tekanan (*pressure*) di dalam sebuah *vessel* atau pipa, aliran (*flow*) didalam pipa, suhu (*temperature*) di unit proses seperti *heat exchanger*, atau permukaan zat cair (*level*) disebuah tangki. Gabungan serta kerja alat – alat pengendalian otomatis itulah yang dinamakan sistem pengendalian proses (*process control system*). Sedangkan semua peralatannya yang membentuk sistem pengendalian disebut instrumentasi pengendalian proses (*process control instrumentation*). Kedua hal tersebut berhubungan satu sama lain, namun keduanya mempunyai hakikat yang berbeda.

## 2.4 Prinsip Sistem pengendalian

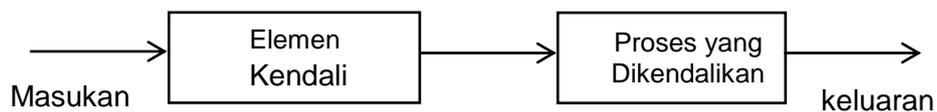
Persyaratan umum dari system pengendalian adalah setiap elemen dari system pengendalian haruslah stabil. Ini merupakan persyaratan utama. Disamping kestabilan mutlak, suatu system pengendalian harus mempunyai kestabilan relative yang layak, jadi kecepatan respon harus cukup cepat dan menuju peredaman yang layak. Suatu system pengendalian juga harus mampu memperkecil kesalahan sampai nol atau sampai pada suatu harga yang dapat ditoleransi.

Dalam pengendalian suatu system terdiri dari beberapa langkah yaitu mengukur *proses variable* misalnya *process variabelnya* adalah level. Kemudian membandingkan apakah hasil pengukuran tadi sesuai dengan apa yang dikehendaknya. Besar *process variable* itu disebut dengan *set point*. Contohnya kita umpamakan level selalu 50%, *set point* didalam system pengendalian ini besarnya 50%. Perbedaan antara *process variable* dan *set point* disebut dengan *error*. Berdasarkan *error* itulah nantinya seorang operator menentukan arah dari bukaan valve. Maka perlu adanya langkah menghitung dan mengoreksi sehingga didapat hasil sesuai dengan *set point* yang dikehendaki.

## 2.5 Jenis Sistem Kendali

### 2.5.1 Sistem kendalai loop terbuka

Sistem kendalai loop terbuka (*open loop*) adalah sistem kendali yang sinyal keluarannya tidak berpengaruh terhadap aksi pengendaliaannya. Dalam hal ini sinyal keluaran tidak diukur atau diumpkan balikkan untuk dibandingkan dengan sinyal masukan. Jadi pada sistem kendali loop terbuka, keluaran tidak dibandingkan dengan masukan acuannya. Oleh sebab itu, untuk setiap masukan acuan terdapat suatu kondisi operasi yang tetap. Perlu diketahui bahwa sistem kendali loop terbuka harus dikalibrasi dengan hati-hati, agar ketelitian sistem tetap terjaga dan berfungsi dengan baik. Jadi suatu system dapat dikatakan *open loop* jika perintah koreksi dilakukan oleh manusia.

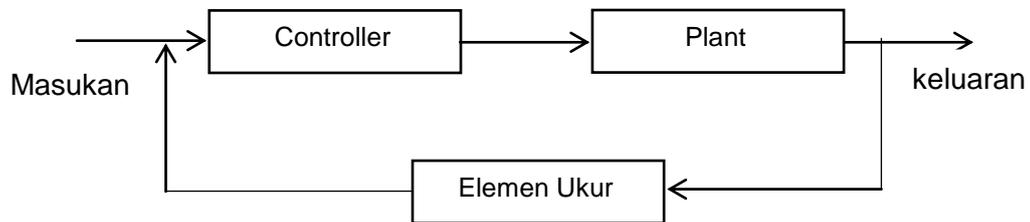


Gambar 2. Diagram kotak sistem kendali loop terbuka

### 2.5.1 Sistem kendali loop tertutup

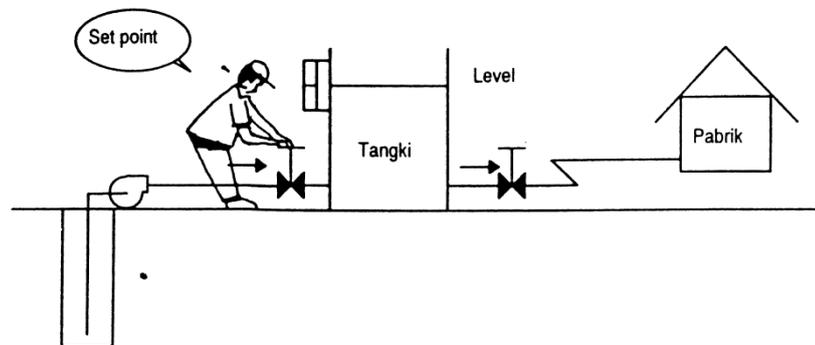
Sistem kendali loop tertutup (*close loop*) adalah sistem kendali yang sinyal keluarannya berpengaruh langsung terhadap aksi pengendaliaannya. Dengan kata lain sistem kendali loop tertutup adalah sistem kendali berumpan balik. Sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik, diumpangkan ke elemen kendali untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati harga yang diinginkan. Hal ini berarti bahwa pemakaian aksi umpan balik pada loop tertutup untuk memperkecil

kesalahan sistem. Jadi suatu sistem dikatakan closed loop apabila perintah koreksi dilakukan oleh sebuah *controller* (instrumentasi).



Gambar 3. Diagram kotak sistem kendali loop tertutup

## 2.6 Pengendalian oleh manusia



Gambar 1. Pengendalian Level di dalam tangki oleh manusia (Frans Gunterus, 1994)

Pengendalian seperti diatas disebut pengendalian oleh manusia (*manual control*). Sistem pengendalian manual masih dipakai pada beberapa aplikasi tertentu. Biasanya sistem ini dipakai pada proses-proses yang tidak banyak mengalami perubahan beban (*load*) atau pada proses yang tidak kritis. *Load* (beban) didalam contoh pengendalian diatas adalah *flow* pemakaian air oleh pabrik. Kalau pemakain air oleh pabrik tidak sering beubah-ubah, operator tidak perlu terus menerus mengamati *level* dan menambah atau mengurangi

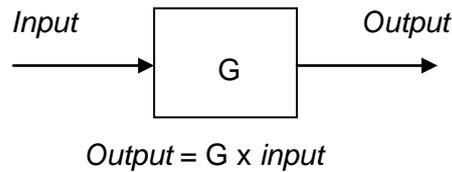
bukaan *valve*. Tetapi kalau load selalu berubah-ubah, operator terpaksa harus mengamati level dan segera melakukan koreksi terhadap naik-turunnya level.

## 2.7 Dinamika Proses

Dinamika Proses adalah suatu hal yang terjadi di dalam suatu sistem, dengan adanya *process variable* yang cepat berubah dengan berubahnya *manipulated variable* (bukan contoh *valve*), ada pula yang lambat berubah. Ada proses yang sifatnya lamban, ada yang reaktif, ada yang mudah stabil, dan ada pula yang mudah menjadi tidak stabil. Sehingga, pengendalian proses akan berbeda-beda. (Frans Gunterus, 1994).

Dalam dinamika proses sering diakutkan dengan unsur kapasitas (*capacity*) dan kelambatan (*lag*). Dalam bahasa ilmu sistem pengendalian, dikatakan kapasitas proses tergantung pada sumber energi yang bekerja pada proses. Kalau sumber energi kecil dan kapasitas prosesnya besar, proses akan menjadi lambat. Kalau sumber energinya besar dan kapasitasnya prosesnya kecil, proses akan menjadi cepat.

Kata kapasitas dan kelambatan itulah yang kemudian dipakai sebagai standar (ukuran) untuk menyatakan dinamika proses secara kualitatif. Dalam bentuk kualitatif, proses dibedakan menjadi proses cepat dan proses lambat, atau kapasitas besar dan kapasitas kecil. Selain bentuk kualitatif, dinamika proses juga dinyatakan secara kuantitatif dalam bentuk *transfer function*. Secara umum, *transfer function* suatu elemen proses ditandai dengan huruf G, dan gambar dalam bentuk diagram kotak seperti pada gambar berikut.



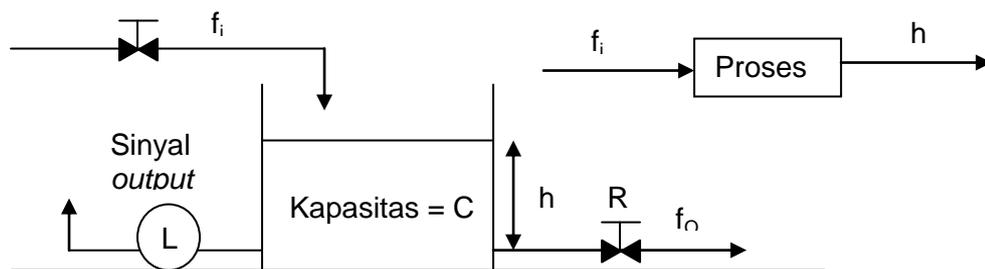
Gambar 4. Diagram Kontak Sebuah Proses  
(Frans Gunterus, 1994)

*Transfer function* ( $G$ ) mempunyai dua unsur *gain*, yaitu *steady state gain* yang sifatnya statik, dan *dynamic gain* yang sifatnya dinamik. Unsur *dynamic gain* muncul karena elemen proses mengandung unsur kelambatan. Oleh karena itu, bentuk *transfer function* elemen proses hampir pasti berbentuk persamaan matematika fungsi waktu yang ada dalam wujud persamaan differensial.

Persamaan differensial adalah persamaan yang menyatakan adanya kelambatan antara *input-output* suatu elemen proses. Semakin banyak pangkat persamaan differensial, semakin lambat dinamika proses. Sebuah elemen proses kemudian dinamai orde satu (*first order process*) karena persamaan differensialnya ber pangkat satu. Dinamai proses orde dua (*second order process*) karena differensialnya ber pangkat dua. Dinamai proses orde banyak (*high order process*) karena differensialnya berode banyak. Pangkat persamaan dalam differensial juga mencerminkan jumlah kapasitas yang ada di elemen proses. Suatu orde satu juga disebut *one capacity process* atau *single capacity process*. Proses orde dua juga disebut *two capacity process*. Proses orde banyak juga disebut *multicapacity process*.

## 2.8 Proses Orde Satu *Self-Regulation*

Di dalam ilmu sistem pengendalian, dikenal sebuah elemen proses yang mampu mengendalikan dirinya sendiri, walaupun padanya tidak dipasang instrumentasi pengendalian otomatis. Elemen proses yang mempunyai sifat seperti itu disebut elemen proses *self regulation*. Contoh elemen proses *self regulation* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Proses Orde Satu *Self Regulation*  
(Frans Gunterus, 1994)

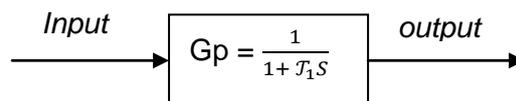
*Input* proses adalah *flow* tangki ( $F_i$ ) dan *output* proses adalah level ( $h$ ) pada tangki, yang dapat dibaca sebagai sinyal *output* dari LT (*level transmitter*). Pada keadaan awal, diandaikan *level* di 50% tangki dan  $F_i$  serta  $F_o$  juga sama 50% skala *flow*. Pada Keadaan awal itu semua parameter seimbang, sehingga *level* tetap di 50% sampai terjadi perubahan pada  $F_i$  sebesar  $f_i$ .

Andaikan keadaan seimbang terganggu karena  $F_i$  naik secara mendadak sebesar  $f_i$  10%. Dengan bertambahnya  $F_i$ , *level* ( $h$ ) juga akan berubah dan cenderung naik. Namun, kenaikan *level* sebesar  $h$  akan secara alami diikuti oleh kenaikan  $F_o$  sebesar  $f_o$  sehingga akan dicapai keseimbangan yang baru dimana  $F_i$  sama dengan  $F_o$ . *Level* akan terhenti dikeseimbangan yang baru itu selama tidak terjadi perubahan  $F_i$  maupun  $F_o$ . Keseimbangan baru ini pasti ada diatas 50%, dan

$F_i$  maupun  $F_o$  juga ada di atas 50% skala *flow*. keadaan mencapai keseimbangan sendiri inilah yang disebut *self regulation*.

Andaikan keseimbangan baru terjadi pada *level* 70%, *steady state gain* dari proses itu dikatakan sama dengan dua ( $G_p = 2$ ). Mengapa demikian, karena untuk 10% pertambahan input ( $f_i$ ) akhirnya dihasilkan 20% pertambahan *output* ( $h$ ). tentu saja keadaan *self regulation* ini hanya terjadi untuk batas-batas tertentu. Yang jelas, kalau diandaikan  $G_p = 2$ ,  $F_i$  tidak pernah boleh ditambah lebih dari 25%, air akan tumpah keluar dari tangki.

Lalu apakah keadaan proses diatas bisa disebut *self regulation*?. Keadaan tumpahnya air memang bisa terjadi, bahkan juga pada sistem yang sudah dilengkapi pengendalian otomatis sekalipun. Hal itu disebabkan karena sistem pengendalian hanya mampu mengatasi *load* atau *disturbance* sampai batas-batas tertentu saja.

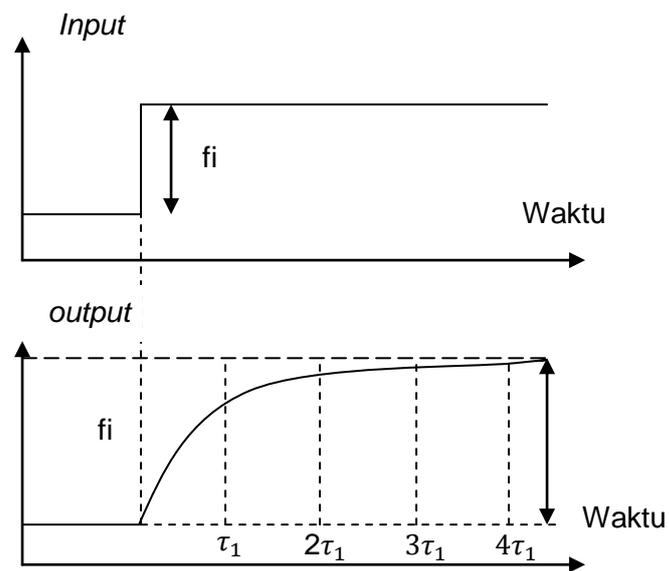


Gambar 6. Diagram Kotak Proses Orde Satu *Self Regulation*  
(Frans Gunterus, 1994)

Proses *self regulation* memerlukan waktu untuk mencapai keseimbangan yang baru. Sehingga, *transfer function* proses itu pasti merupakan persamaan fungsi waktu. Bentuk *transfer function* seperti pada gambar 3 itulah yang disebut bentuk persamaan differensial pangkat satu. Simbol  $s$  di persamaan itu adalah bentuk transformasi laplace. Asal usul proses *self regulation* dapat memiliki *transfer function* dapat dilihat pada persamaan matematika berikut:

$$g_p = \frac{G_p}{(2\pi\tau_1/\tau_o)^2}$$

*Transfer function* adalah temperatur  $\tau_1$ , yang disebut sebagai *lag time* atau *time constant*. Jika, kapasitas tangki ditandai dengan C, dan hambatan yang ditimbulkan oleh bukaan *control valve* ditandai dengan R, maka besar  $\tau_1$  adalah R/C.



Gambar 7. Kurva Waktu Proses Orde Satu *Self Regulation*  
(Frans Gunterus, 1994)