

# Peralatan FA untuk Pemula (Sistem Kontrol Proses)

Ini adalah tinjauan singkat Sistem Kontrol Proses untuk pemula.

## Pendahuluan Tujuan Kursus

Sebuah sistem instrumentasi memungkinkan kontrol produksi dengan mengukur dan mengontrol berbagai kuantitas fisik. Contohnya, laju aliran, suhu, tekanan, dan ketinggian cairan. Kursus ini bertujuan untuk membekali para pemula dengan pengetahuan dasar yang dibutuhkan sebelum melakukan kontrol instrumentasi yang sebenarnya.

## Pendahuluan Struktur Kursus

Berikut adalah daftar isi kursus.  
Sebaiknya Anda mulai dari Bab 1.

### **Bab 1 - Sistem Instrumentasi**

Mempelajari dasar-dasar sistem instrumentasi.

### **Bab 2 - Kontrol Umpan Balik**

Mempelajari dasar-dasar kontrol umpan balik (kontrol ON/OFF, tindakan proporsional (P), tindakan integral (I), kontrol PI, tindakan diferensial (D), kontrol PID).

### **Bab 3 - Loop Kontrol**

Mempelajari tentang unit deteksi dan unit operasi di dalam diagram blok loop kontrol.

### **Tes Akhir**

Nilai lulus: 60% atau lebih tinggi diharuskan.

**Pendahuluan** Cara menggunakan Alat e-Learning ini

Buka halaman berikutnya		Buka halaman berikutnya.
Kembali ke halaman sebelumnya		Kembali ke halaman sebelumnya.
Beralih ke halaman yang diinginkan		"Daftar Isi" akan ditampilkan, memungkinkan Anda untuk menavigasi ke halaman yang diinginkan.
Keluar dari kursus		Keluar dari kursus. Jendela seperti layar "Daftar Isi" dan kursus akan ditutup.

## Pendahuluan **Tindakan Pencegahan untuk Penggunaan**



### **Petunjuk keselamatan**

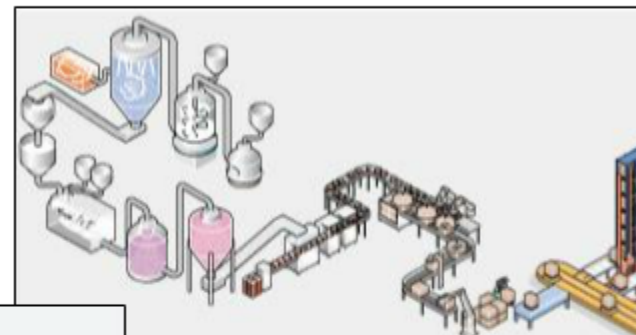
Sebelum menggunakan perangkat keras fisik, harap baca Petunjuk Keselamatan pada panduan yang sesuai dan ikuti informasi keselamatan di dalamnya.

# 1.1

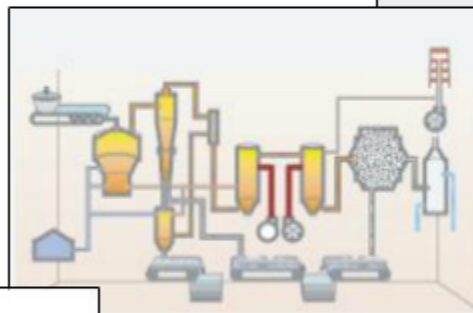
## Sistem Instrumentasi

Sistem instrumentasi digunakan di dalam fasilitas produksi untuk melakukan pengukuran dan operasi kontrol. Sistem instrumentasi sudah banyak digunakan di berbagai industri.

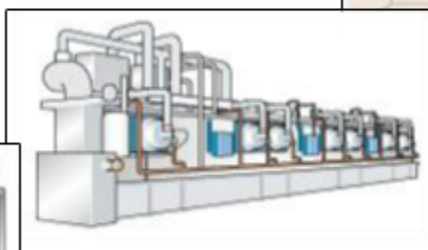
- Peleburan besi
- Pabrik kimia
- Fasilitas lingkungan
- Peralatan pengolahan air dan limbah
- Pendingin udara
- Pabrik semikonduktor
- Pabrik makanan
- Pabrik farmasi
- Pabrik kertas
- Pembangkit listrik, dll.



Pabrik kimia kualitas tinggi



Fasilitas pembuangan limbah



Tungku udara industri



Mesin makanan

## 1.2

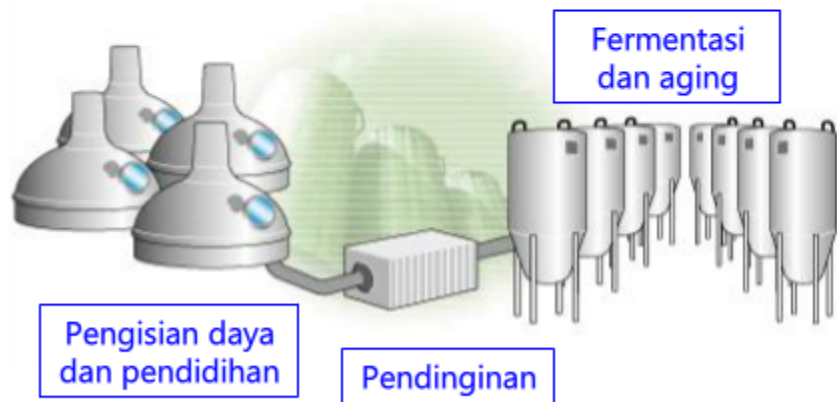
## Kontrol Sistem Instrumentasi

Fasilitas produksi di dalam pabrik secara kasar dapat diklasifikasikan ke dalam sistem instrumentasi yang utamanya menangani kontrol umpan balik dan sistem yang utamanya menangani kontrol sekuens. Berikut contoh kontrol umpan balik dan kontrol sekuens di pabrik bir.

## Kontrol umpan balik

Pada kontrol umpan balik, pemrosesan dikontrol dengan membandingkan nilai target dengan nilai pengukuran yang didapatkan oleh umpan balik dan memutuskan jumlah operasi yang diperlukan agar kedua nilai ini sepadan.

Kontrol umpan balik digunakan untuk mengontrol suhu, laju aliran, dan tekanan dalam proses seperti pengisian daya, fermentasi, dan aging.



## Kontrol sekuens

Dalam kontrol sekuens, pemrosesan langkah demi langkah dikontrol berdasarkan sekuens atau prosedur yang diberikan. Kontrol sekuens digunakan dalam pemrosesan untuk pengemasan boks, pengangkutan dan lain sebagainya.

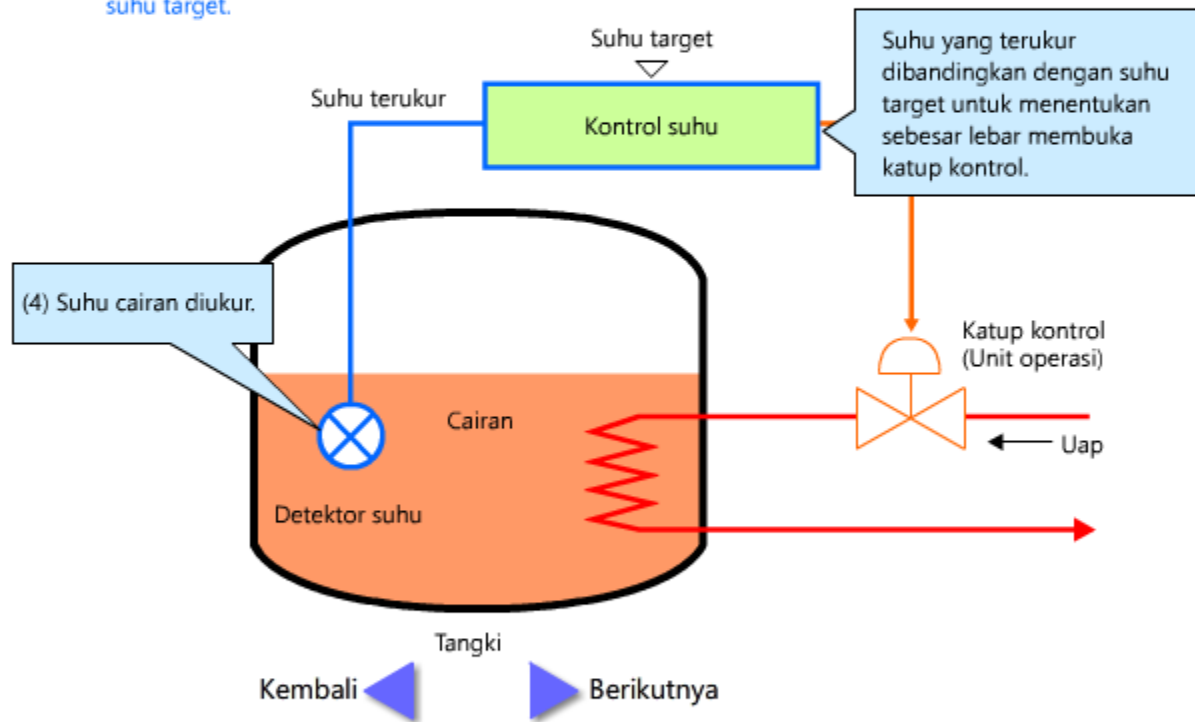


## 1.3

## Kontrol Umpan Balik

Contoh ini menunjukkan bagaimana kontrol umpan balik digunakan untuk menjaga cairan di dalam tangki berada pada suhu tertentu.

- (1) Detektor suhu mengukur suhu cairan di dalam tangki.
- (2) Suhu yang terukur dibandingkan dengan suhu target, dan bukaan katup kontrol (jumlah operasi) ditentukan berdasarkan perbedaan (penyimpangan) antara dua nilai.
- (3) Katup kontrol dioperasikan untuk mengontrol jumlah uap yang menghangatkan cairan di dalam tangki.
- (4) Kontrol umpan balik meliputi langkah berulang (1) sampai (3) untuk menghilangkan suhu cairan dan suhu target.

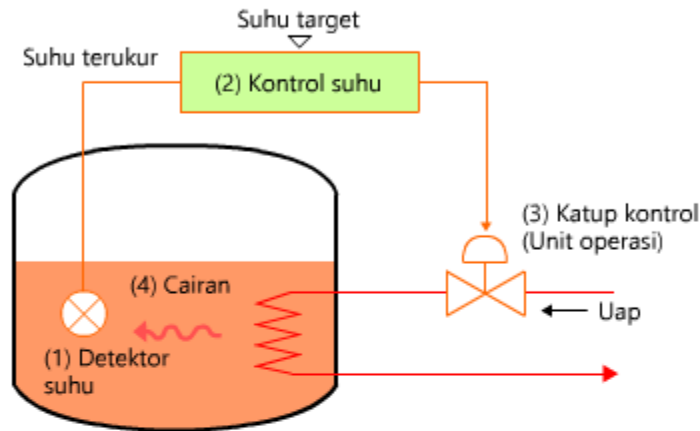


Kontrol jenis ini, yang membandingkan nilai terukur dengan nilai target dan melakukan sebuah operasi untuk menjadikan kedua nilai tersebut sepadan, disebut kontrol umpan balik.



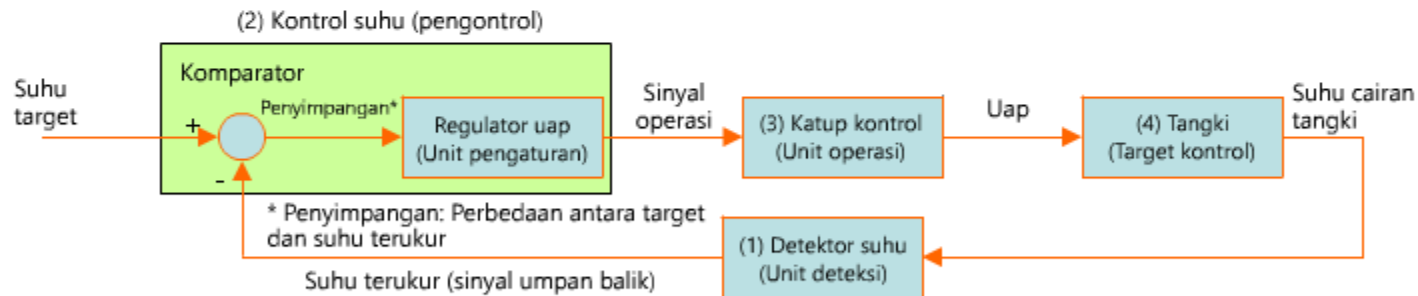
## 1.3 Kontrol Umpan Balik

Kontrol umpan balik suhu cairan di dalam tangki ditunjukkan pada Gambar 1.3-1 dapat diwakili oleh diagram blok berikut, Gambar 1.3-2.



Gambar 1.3-1

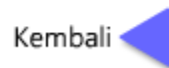
- (1) Suhu target dan suhu terukur dibandingkan di komparator.
  - (2) Regulator uap menghitung jumlah operasi berdasarkan penyimpangan dan mengirimkan sinyal operasi ke katup kontrol.
  - (3) Katup kontrol dioperasikan berdasarkan sinyal operasi untuk mengirimkan uap ke tangki.
  - (4) Suhu cairan di dalam tangki diubah oleh uap, dan detektor suhu mengukur kembali suhu cairan.
- Kemudian langkah (1) sampai (4) diulang.



Gambar 1.3-2

Berdasarkan diagram blok, kontrol umpan balik bekerja sebagaimana berikut.

Kembali

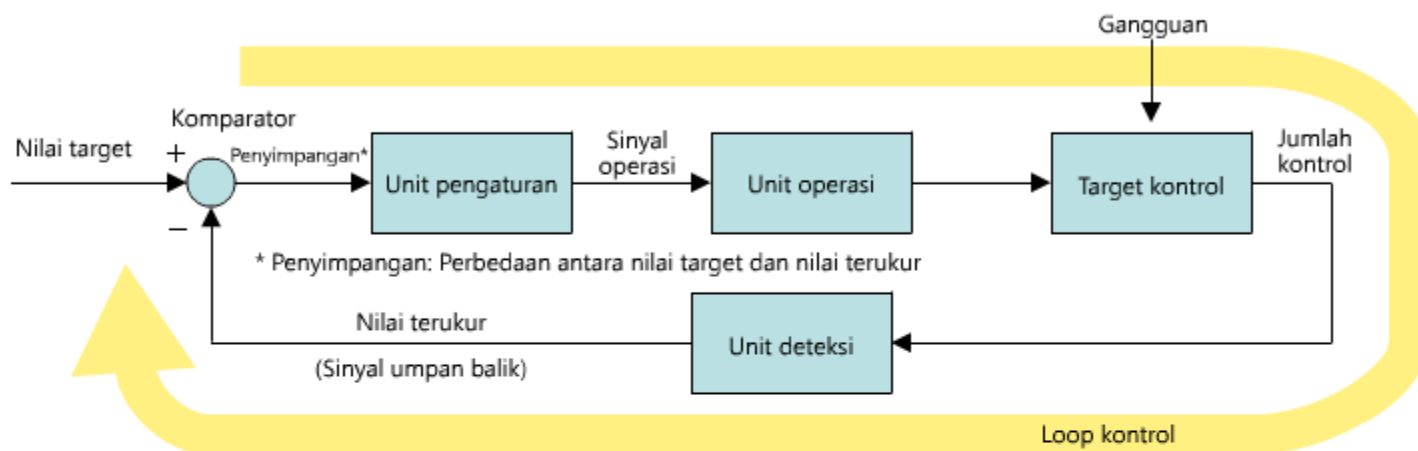


Berikutnya

## 1.3

## Kontrol Umpan Balik

Kontrol umpan balik juga digunakan untuk mengontrol laju aliran, tekanan, dan ketinggian cairan di samping suhu. Gambar 1.3-3 menunjukkan diagram blok umum untuk kontrol umpan balik dan Tabel 1.3-1 menjelaskan istilah individual.



Gambar 1.3-3

Istilah	Penjelasan
Komparator	Membandingkan nilai target dan nilai terukur.
Unit pengaturan	Berdasarkan nilai target dan nilai terukur, menghasilkan sinyal yang diperlukan bagi pengontrol untuk melakukan operasi yang diinginkan dan mengirimkan sinyal tersebut ke unit operasi.
Unit operasi	Mengonversikan sinyal operasi yang diterima dari unit pengaturan ke dalam jumlah operasi dan bertindak pada target kontrol untuk membuat perubahan.
Target kontrol	Keseluruhan atau bagian mesin, proses, dan bagian pabrik yang bisa dikontrol
Unit deteksi	Mengambil sinyal yang dibutuhkan untuk pengendalian dari target kontrol seperti sensor.
Gangguan	Perubahan lingkungan tak terduga yang mengganggu kontrol
Loop kontrol	Mengembalikan hasil operasi ke unit peraturan. Unit kontrol pengukuran

Gambar 1.3-1

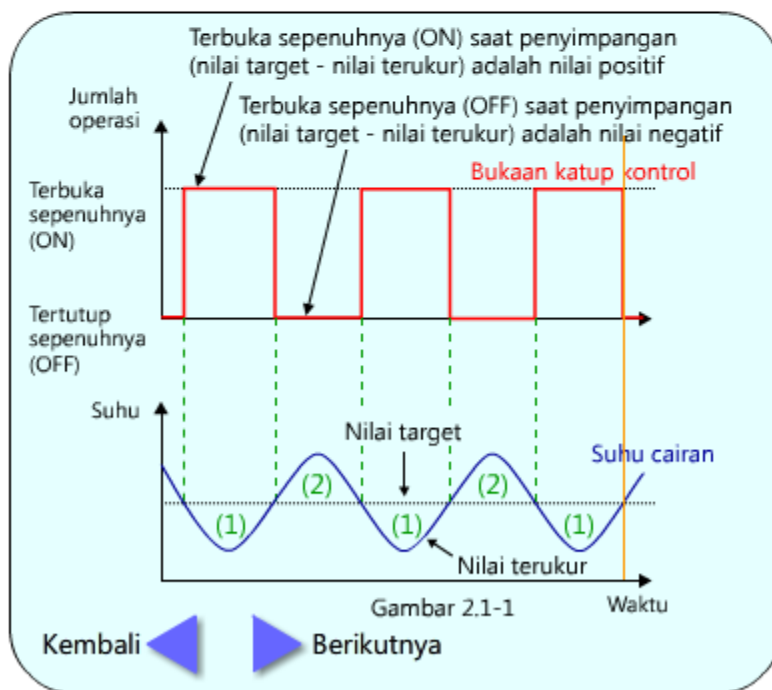
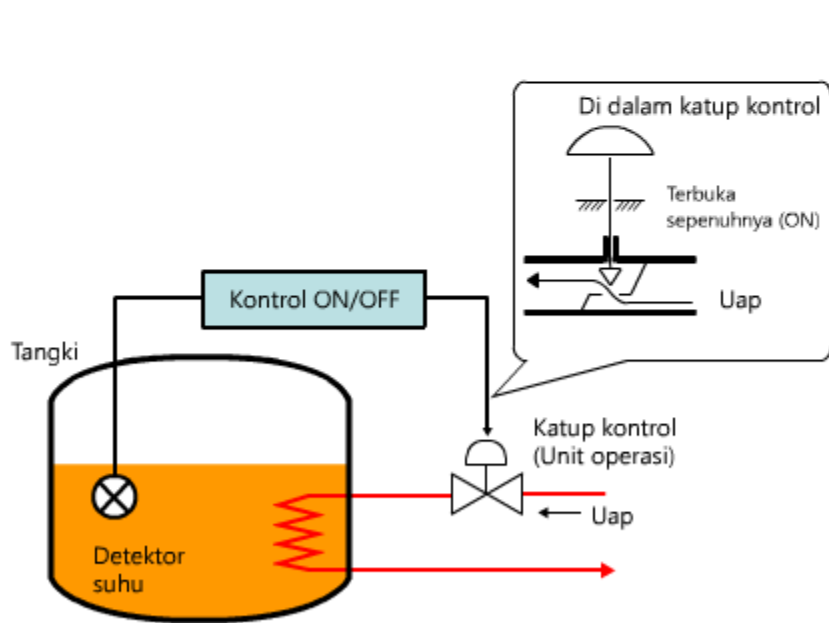
## 2.1

## Kontrol ON/OFF

Bagian ini menjelaskan tentang kontrol ON/OFF yang merupakan jenis paling sederhana dari kontrol umpan balik. Kontrol ON/OFF artinya menyalakan (ON) atau mematikan (OFF) unit kontrol tergantung apakah penyimpangan (nilai target - nilai terukur) positif atau negatif.

Gambar 2.1-1 menunjukkan bagaimana kontrol ON/OFF mengubah status katup kontrol dan suhu cairan. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1-1 (1), ketika suhu cairan turun di bawah nilai target, katup kontrol dibuka penuh (ON) untuk mengalirkan uap. Saat uap dialirkan, suhu cairan tidak segera naik, tapi mulai meningkat setelah beberapa saat dan kemudian melebihi nilai target seperti pada (2). Apabila suhu melebihi nilai target, katup kontrol sepenuhnya tertutup (OFF) untuk berhenti mengalirkan uap. Namun, suhu cairan tidak segera turun melainkan setelah beberapa saat.

Di bawah kontrol ON/OFF, suhu cairan tidaklah konstan tetapi bervariasi berulang kali sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1-1. Kontrol P (kontrol proporsional) ditemukan untuk menyelesaikan permasalahan sebagai berikut.



## 2.2

## Tindakan Proporsional

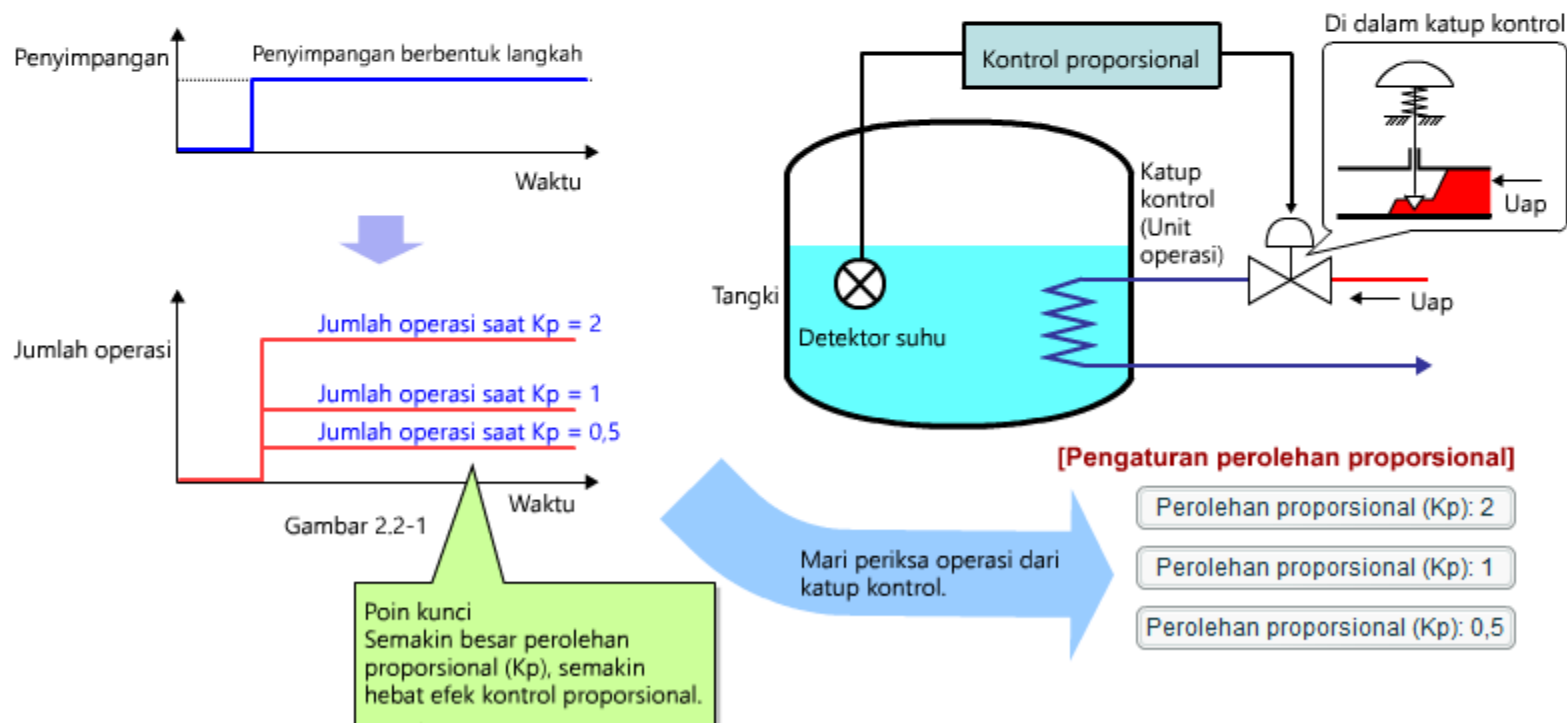
Tindakan yang menghasilkan jumlah operasi yang sebanding dengan penyimpangan (nilai target - nilai terukur) disebut tindakan proporsional.

Tindakan proporsional dapat mengurangi fluktuasi suhu cairan dengan mengontrol bukaan katup kontrol secara bertahap sesuai dengan penyimpangan.

Jumlah operasi tindakan proporsional ditentukan oleh:  $\text{jumlah operasi} = \text{perolehan proporsional (Kp)} \times \text{penyimpangan}$ . Bahkan dengan penyimpangan yang sama, karena perolehan proporsional menjadi lebih besar, jumlah operasi menjadi lebih besar, yang meningkatkan jumlah uap yang disuplai.

Ketika perolehan proporsional menjadi lebih kecil, jumlah operasi menjadi lebih kecil dan hal ini mengurangi suplai uap. (Gambar 2.2-1)

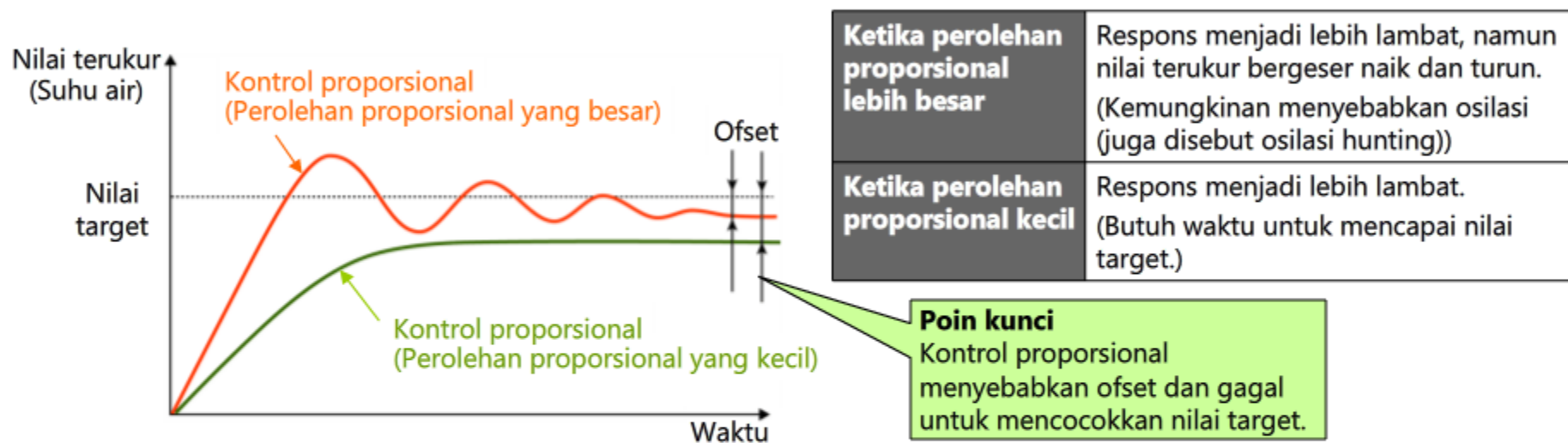
Jumlah operasi tindakan proporsional untuk penyimpangan berbentuk langkah ditampilkan di bawah ini.



## 2.2

## Tindakan Proporsional

Gambar 2.2-2 menunjukkan bagaimana hasil kontrol dari tindakan proporsional berbeda tergantung pada besarnya perolehan proporsional. (Hasil kontrol artinya efek dari kontrol proporsional dari suhu cairan di dalam tangki.) Menyesuaikan katup kontrol sedikit demi sedikit dapat mengurangi fluktuasi suhu cairan.



Gambar 2.2-2

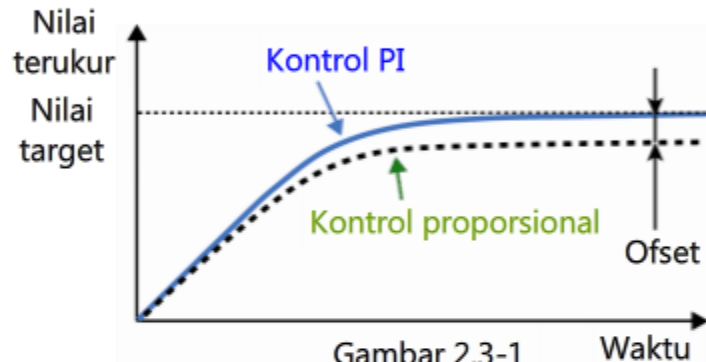
Tindakan proporsional dapat mengurangi fluktuasi suhu cairan namun tidak dapat membuat nilai terukur sepadan dengan nilai target bahkan setelah beberapa lama, menyebabkan penyimpangan. Penyimpangan yang tersisa ini disebut offset (penyimpangan keadaan tetap atau penyimpangan residual).

## 2.3 Tindakan Integral dan Kontrol Proporsional/Integral (PI)

Dengan tindakan proporsional, nilai terukur dan nilai target tidak sepadan bahkan setelah sekian lama, meninggalkan ofset. Untuk menghilangkan ofset ini, digunakanlah tindakan integral.

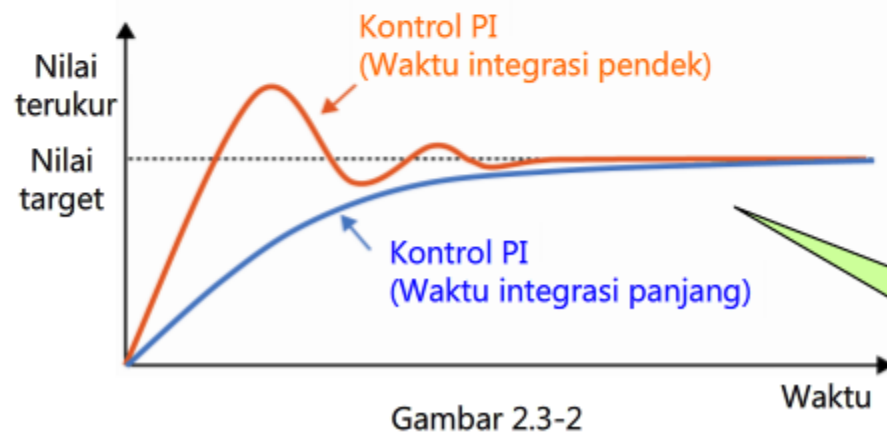
Tindakan integral menghilangkan ofset dengan mengintegrasikan penyimpangan lampau dan saat ini seiring waktu dan mengeluarkan hasilnya. (Gambar 2.3-1)

Tindakan integral digunakan secara kombinasi dengan tindakan proporsional sebagai "kontrol PI".



Semakin kecil waktu integrasi, semakin cepat ofset dihilangkan. Semakin besar waktu integrasi, semakin lama waktu yang diperlukan untuk menghilangkan ofset.

Gambar 2.3-2 menunjukkan perbedaan efek integrasi kontrol PI yang tergantung pada lamanya waktu integrasi.



<b>Waktu integrasi pendek</b>	Menghilangkan ofset dengan lebih cepat tetapi cenderung menyebabkan osilasi.
<b>Waktu integrasi panjang</b>	Mengubah nilai terukur dengan mulus tetapi memerlukan waktu untuk menghilangkan ofset.

**Poin kunci**  
Semakin pendek waktu integrasi, semakin besar efek integrasinya. (Ofset dihilangkan dengan lebih cepat.)

## 2.4

## Tindakan Diferensial

Untuk meminimalkan efek gangguan terhadap target kontrol, tindakan diferensial menambahkan output yang proporsional terhadap laju perubahan penyimpangan (penyimpangan diferensial) terhadap output aktivasi proporsional. Tindakan ini umumnya digunakan secara kombinasi dengan kontrol PI sebagai "kontrol PID". Gambar 2.4-1 menunjukkan perbedaan respons target kontrol dengan atau tanpa tindakan diferensial yang digunakan terhadap perubahan penyimpangan yang disebabkan oleh gangguan yang sama (gangguan A). Menambahkan tindakan diferensial mengurangi efek gangguan.



Gambar 2.4-1

Semakin lama waktu diferensial, semakin besar jumlah operasi berdasarkan tindakan diferensial dan semakin besar efek diferensialnya.

<b>Waktu diferensial pendek</b>	Mengurangi efek diferensial.
<b>Waktu diferensial yang lebih panjang</b>	Meningkatkan efek diferensial tetapi cenderung menyebabkan osilasi.

**Poin kunci**

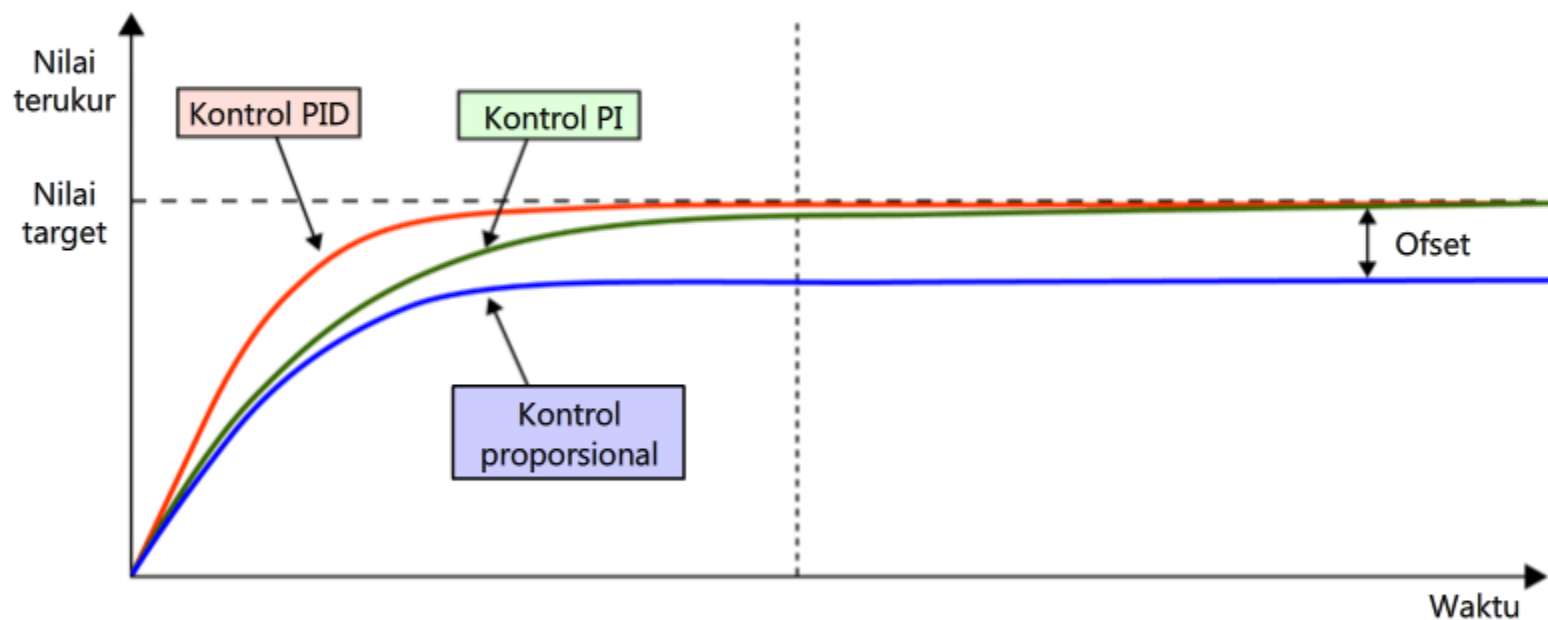
Semakin panjang waktu diferensial, semakin besar efek integrasinya.



## 2.5

## Kontrol PID

Kontrol PID menambahkan tindakan integral dan tindakan diferensial ke tindakan proporsional yang menghasilkan jumlah operasi yang sebanding dengan penyimpangan. Tindakan integral menghilangkan ofset dengan menambahkan jumlah operasi yang didapatkan dengan mengintegrasikan penyimpangan. Tindakan diferensial meningkatkan respons terhadap gangguan dengan menambahkan jumlah operasi sesuai dengan tingkat perubahan penyimpangan. Gambar 2.5-1 membandingkan respons kontrol kontrol proporsional, kontrol PI, dan kontrol PID.



Gambar 2.5-1



## 2.6

## Pemilihan Kontrol PID

Kontrol PI seringkali digunakan untuk mengontrol laju aliran dan tekanan karena respons proses cukup cepat dengan kontrol PID saja. Selain itu, kontrol diferensial juga dapat memperkuat pengukuran noise dan proses yang tidak stabil. Untuk kontrol suhu, respons proses biasanya lambat dan oleh karenanya kontrol PID sering digunakan.

Target kontrol	Kontrol	Pertimbangan
Laju aliran, tekanan	PI	Laju aliran dan tekanan merespons dengan cukup cepat hanya dengan kontrol PI. Tindakan diferensial dapat memperkuat noise dan respons dan proses yang tidak stabil.
Suhu	PID	Suhu umumnya merespons dengan lambat.

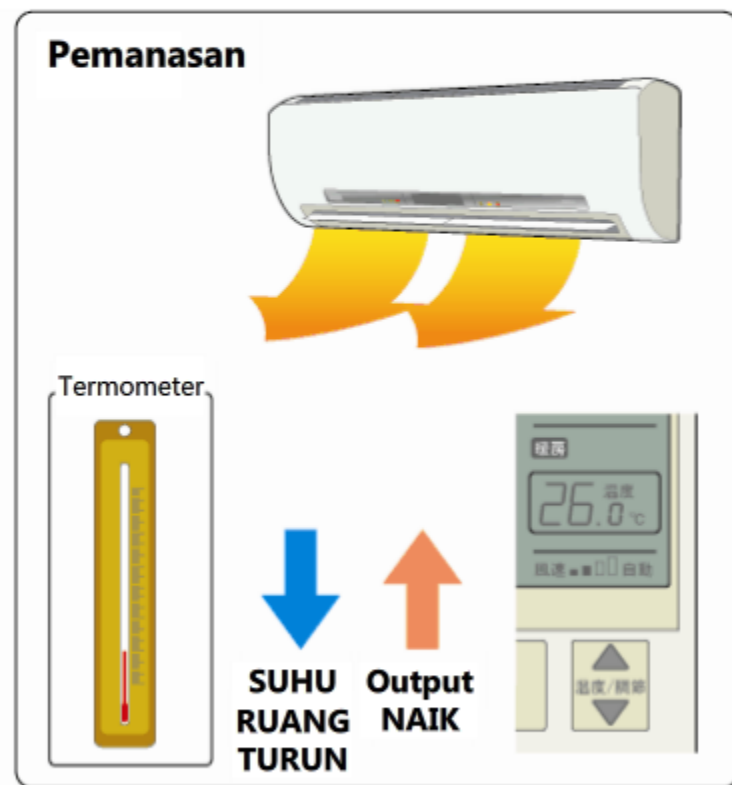
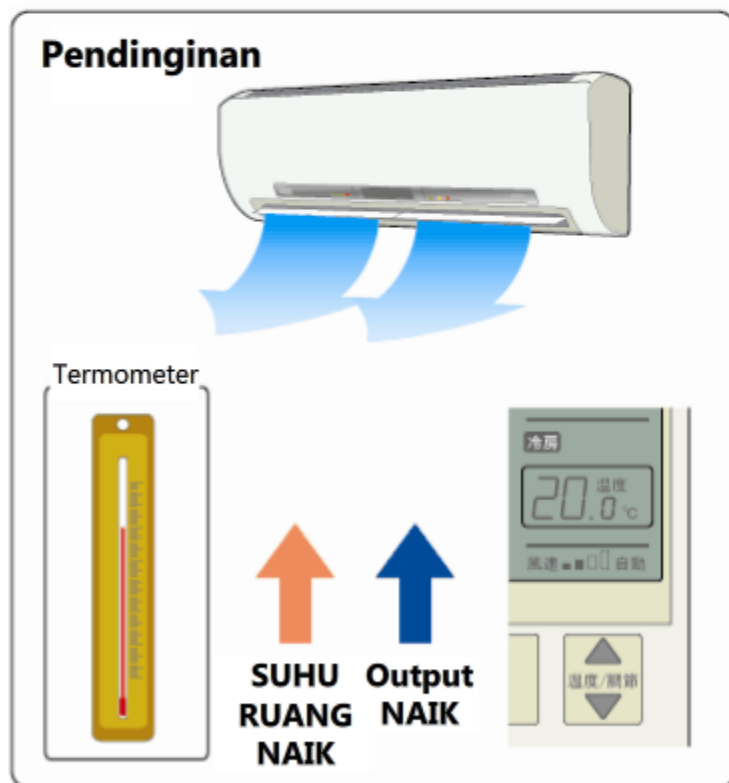
## 2.7 Tindakan Normal dan Arah Terbalik di bawah Kontrol PID

Pada kontrol PID, istilah "tindakan normal" dan "arah terbalik" digunakan bergantung pada arah tempat jumlah operasi berubah sesuai dengan perubahan nilai pengukuran.

Tindakan normal dan arah terbalik dijelaskan di bawah ini menggunakan AC sebagai contoh.

Tindakan normal: Meningkatkan jumlah operasi (output pendinginan) ketika suhu ruangan naik saat pendinginan.

Arah terbalik: Meningkatkan jumlah operasi (output pemanasan) ketika suhu ruangan turun saat pemanasan.



**2.8****Kontrol Konstan dan Kontrol Pelacakan**

Kontrol umpan balik dapat dikelompokkan menjadi dua jenis kontrol tergantung pada mode pengaturan nilai target: kontrol konstan dan kontrol pelacakan.

- Kontrol konstan

Kontrol dengan nilai target konstan, seperti untuk mengontrol tekanan atau suhu agar tetap pada nilai tertentu

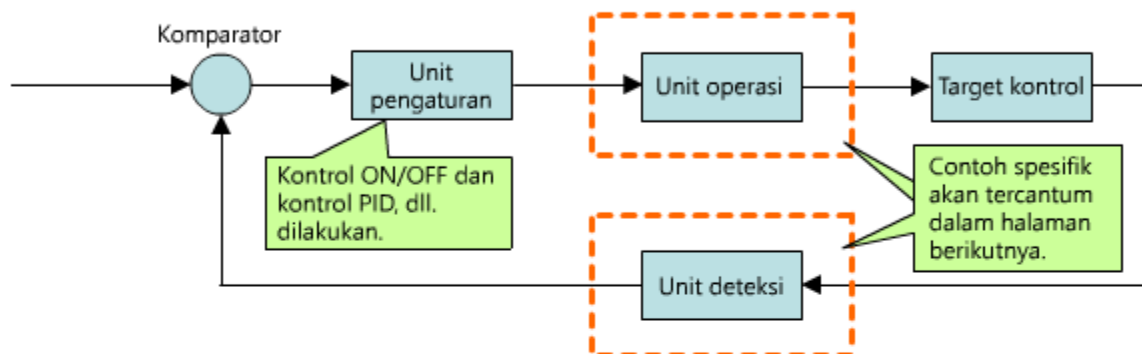
- Kontrol pelacakan

Kontrol dengan nilai target yang berubah seiring waktu. Disebut juga kontrol tindak lanjut.

Kontrol pelacakan selanjutnya diklasifikasikan menjadi dua jenis: kontrol program yang mengubah suhu target dari waktu ke waktu sesuai dengan pola yang ditentukan, dan kontrol rasio yang menjaga rasio tetap konstan, seperti rasio bahan bakar udara dalam rasio pembakaran dan cairan saat mencampur dua atau lebih cairan.

## 3.1 Unit Deteksi dan Unit Operasi

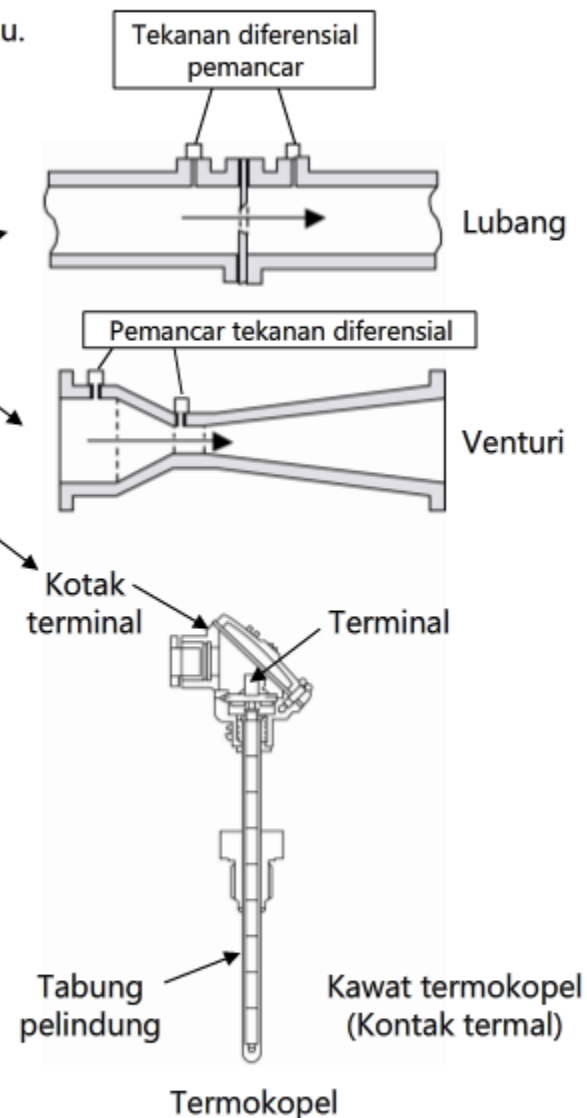
Contoh umum dari unit deteksi dan unit operasi dijelaskan untuk diagram blok loop kontrol berikut.



## 3.1 Unit Deteksi

Tabel di bawah ini menuliskan sensor khusus untuk mendeteksi laju aliran dan suhu.

Target deteksi	Metode deteksi
Laju aliran	Tekanan diferensial: Mekanisme trotel (lubang, venturi, dll.) Elektromagnetik: Pengukur aliran elektromagnetik Perpindahan positif: Tipe akar dan tipe roda gigi oval Lainnya (Coriolis, ultrasonik, pusran, dll.)
Suhu	Termokopel, termometer resistansi, termometer radiasi
Tekanan, tekanan diferensial	Listrik: Kawat resistansi dan tipe piezoelektrik Elastis: Tipe tabung Bourdon, diafragma, dan tipe bellow Kolom cairan: Tabung berbentuk U dan tipe tabung tunggal
Ketinggian cairan	Tekanan diferensial, pelampung, kapasitansi elektrostatik, dan tipe ultrasonik
Senyawa kimia	Pengukur pH, pengukur oksigen, pengukur klorin residual, pengukur COD, pengukur $H_2$ , pengukur $CO_2$ , kromatografi gas, dll.

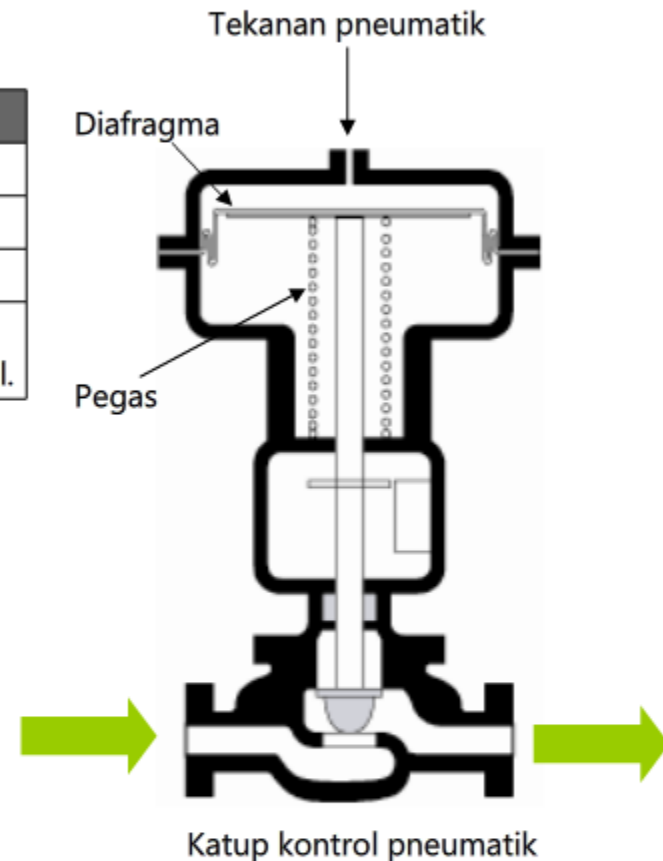


## 3.1

## Unit Operasi

Contoh unit operasi ditunjukkan di bawah ini.

Tipe		Mekanisme
Katup kontrol	Pneumatik	Katup kontrol pneumatik
	Listrik	Katup listrik, katup solenoid, dll.
	Lainnya	Katup kontrol hidrolik, dll.
Lainnya		Sistem kontrol kecepatan (inverter, dll.) Solid State Relay (SSR), pengondisi daya, dll.



Sekarang setelah Anda menyelesaikan semua pelajaran Peralatan FA untuk Pemula (Sistem Kontrol Proses), kini Anda siap mengikuti tes akhir. Jika Anda masih kurang memahami salah satu topik yang dibahas, gunakan kesempatan ini untuk mengulas topik tersebut.

Total ada 9 pertanyaan (24 item) dalam Tes Akhir ini.

Anda dapat mengikuti tes akhir sesering mungkin.

### Cara menilai tes

Setelah memilih jawaban, pastikan untuk mengklik tombol **Jawab**. Jawaban akan hilang jika Anda melanjutkan tanpa mengklik tombol Jawab. (Dianggap sebagai pertanyaan belum dijawab.)

### Hasil penilaian

Jumlah jawaban yang benar, jumlah pertanyaan, persentase jawaban yang benar, dan hasil lulus/gagal akan ditampilkan pada halaman nilai.

Jawaban yang benar:	5
Jumlah total pertanyaan:	5
Persentase:	100%

Agar lulus tes, Anda harus menjawab **60%** pertanyaan dengan benar.

Lanjutkan

Tinjau

- Klik tombol **Lanjutkan** untuk keluar dari tes.
- Klik tombol **Tinjau** untuk meninjau tes. (Jawaban yang benar dicentang)
- Klik tombol **Coba lagi** untuk mengulang tes.

**Tes****Tes Akhir 1****Kontrol sistem instrumentasi**

Proses produksi di pabrik bir mencakup proses yang berpusat pada kontrol sekuens dan proses yang berpusat pada kontrol umpan balik. Pilih opsi yang berlaku pada masing-masing kotak.

Kontrol sekuens Kontrol umpan balik 

Jawab

Kembali

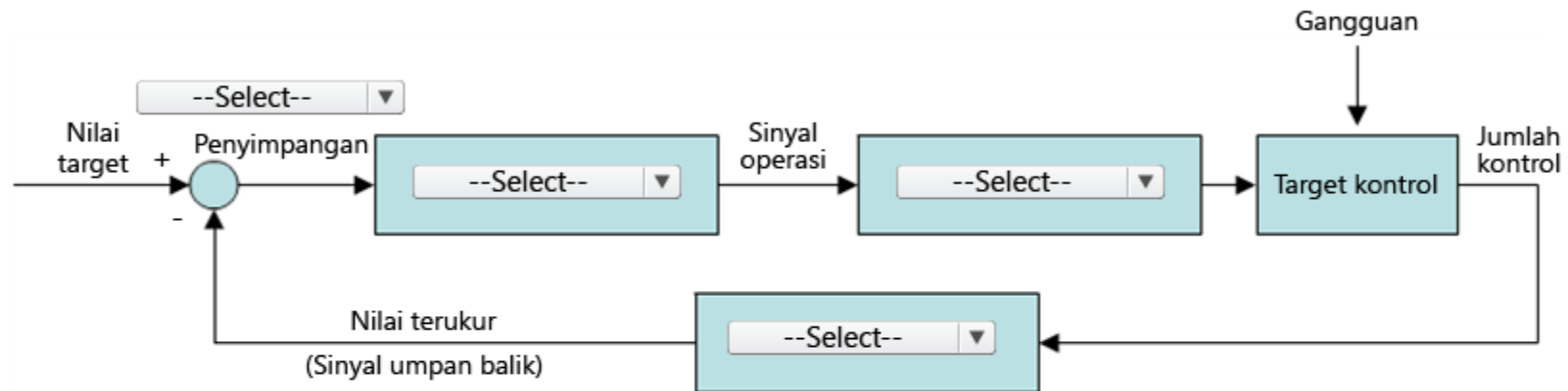


## Tes

## Tes Akhir 2

## Kontrol umpan balik

Pilih opsi yang tepat di setiap kotak yang sesuai dengan Q1 sampai Q4 dalam diagram blok kontrol umpan balik.



Jawab

Kembali

Tes

## Tes Akhir 3



## Tindakan proporsional (P)

Pilih opsi yang tepat di setiap kotak berisi teks berikut untuk melengkapi deskripsi tentang tindakan proporsional.

Dalam tindakan proporsional, karena perolehan proporsional menjadi lebih besar, jumlah operasi  namun kemungkinan akan menyebabkan .

Tindakan proporsional juga memiliki masalah yaitu nilai yang terukur tidak sesuai dengan nilai target bahkan setelah beberapa waktu dan  tetap ada.

Tes

## Tes Akhir 4



Tindakan integral (I)

Pilih opsi yang tepat di setiap kotak berisi teks berikut untuk melengkapi deskripsi tentang tindakan integral.

Tindakan integral  efek integrasi ketika waktu integrasi menjadi lebih lama.

Tes

## Tes Akhir 5



## Tindakan diferensial (D)

Pilih opsi yang tepat di setiap kotak berisi teks berikut untuk melengkapi deskripsi tentang tindakan diferensial.

Dalam tindakan diferensial, karena waktu diferensial menjadi lebih panjang, efek diferensial

namun kemungkinan akan menyebabkan  .

Tes

## Tes Akhir 6



## Tipe-tipe kontrol umpan balik

Pilih opsi yang tepat di setiap kotak berisi teks berikut untuk melengkapi deskripsi tentang tipe-tipe kontrol umpan balik.

Kontrol umpan balik mencakup kontrol ON/OFF yang menyalakan atau mematikan unit operasi yang tergantung pada penyimpangan positif/negatif,  yang menggabungkan tindakan proporsional dan tindakan integral, dan  yang menggabungkan tindakan proporsional, tindakan integral, dan tindakan diferensial.

Tes

## Tes Akhir 7



Fitur dari masing-masing Tipe Target Kontrol

Pilih opsi yang tepat di setiap kotak berisi teks berikut untuk melengkapi deskripsi tentang fitur-fitur tipe individual dari target kontrol dan tipe kontrol yang sesuai untuk tipe individual target kontrol.

Umumnya, untuk kontrol aliran dan tekanan, respons kontrol  dan oleh karena itu kontrol

cocok.

Untuk kontrol suhu, respons kontrol  dan oleh karena itu kontrol  cocok.

Tes

## Tes Akhir 8



## Kontrol konstan dan kontrol pelacakan

Pilih opsi yang tepat di setiap kotak berisi teks berikut untuk melengkapi deskripsi tentang kontrol konstan dan kontrol pelacakan.

Tipe kontrol di atas nilai target konstan disebut .

Tipe kontrol di atas nilai target yang bervariasi dari waktu ke waktu disebut  dan selanjutnya dikelompokkan menjadi  dan kontrol rasio.

Tes

## Tes Akhir 9



## Komponen loop kontrol

Pilih opsi yang tepat di setiap kotak berisi teks berikut untuk melengkapi deskripsi tentang komponen loop kontrol.

Pengukur aliran termasuk pengukur aliran  yang memiliki  dan venturi sebagai mekanisme trol dan pengukur aliran perpindahan positif: memiliki tipe akar dan mekanisme



**Tes****Skor Tes**

Anda telah menyelesaikan Tes Akhir. Hasil Anda adalah sebagai berikut.  
Untuk mengakhiri Tes Akhir, lanjutkan ke halaman berikutnya.

Jawaban yang benar: **9**

Jumlah total pertanyaan: **9**

Persentase: **100%**

**Selamat. Anda lulus tes ini.**

Anda telah menyelesaikan Kursus **Peralatan FA untuk Pemula (Sistem Kontrol Proses)**.

Terima kasih telah mengikuti kursus ini.

Kami harap Anda menikmati pelajaran, dan kami harap informasi yang diperoleh dalam kursus ini dapat bermanfaat di masa mendatang.

Anda dapat mengulas kursus ini sesering yang Anda inginkan.

**Tinjau**

**Tutup**