

## #8

**SISTEM KONTROL KONTINIU DAN DISKRIT****Materi Pertemuan #8 (Online #6)****Kemampuan Akhir Yang Diharapkan**

Mampu mengidentifikasi kebutuhan otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa dan mampu menganalisa aspek teknis dan non teknis perancangan sistem otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa terkait dengan sistem kontrol kontiniu dan diskrit.

**Indikator Penilaian**

Ketepatan dalam mengidentifikasi kebutuhan otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa dan menganalisa aspek teknis dan non teknis perancangan sistem otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa terkait dengan sistem kontrol kontiniu dan diskrit.

**8.1. Sistem Kontrol Kontiniu**

Umumnya bertujuan untuk menjaga agar variabel *output* pada level yang diinginkan, sama seperti operasi sistem kontrol umpan balik. Dalam praktiknya, proses kontiniu terdiri dari banyak jaringan umpan balik, yang semuanya harus dikendalikan dan dikoordinasikan untuk menjaga agar variabel *output* pada nilai yang diinginkan, contoh:

- Pengendalian *output* reaksi kimia yang tergantung pada temperatur, tekanan, dan laju aliran *input* beberapa reaksi. Semua variabel dan/atau parameter adalah kontiniu.
- Pengendalian posisi benda kerja relatif terhadap perkakas potong dalam operasi *frais contour*. Posisi benda kerja ditentukan oleh nilai koordinat x, y, dan z. Pada saat benda kerja bergerak, nilai x, y, dan z dapat dipandang sebagai variabel dan/atau parameter yang berubah setiap saat melakukan permesinan benda kerja.

Beberapa pendekatan sistem kontrol kontiniu yang sering digunakan, antara lain:

**1) Kontrol Dengan Pengaturan (*Regulatory Control*)**

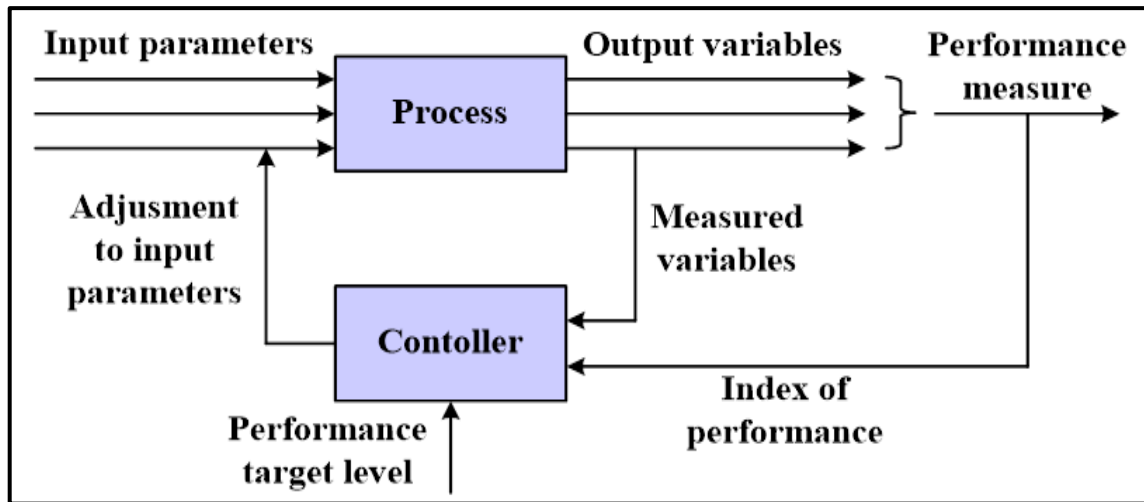
Bertujuan untuk menjaga agar performansi proses pada level tertentu atau berada dalam daerah toleransi yang diberikan pada level tersebut.

Bila performansi tersebut adalah suatu pengukuran kualitas produk, sehingga sangat penting untuk menjaga agar kualitas pada level spesifikasinya atau pada daerah spesifikasinya.

Umumnya, pengukuran performansi proses (umumnya disebut indeks performansi) dihitung berdasarkan beberapa variabel *output* proses.

Kelemahan sistem ini adalah: tindakan perbandingan dilakukan setelah gangguan terjadi pada *output* proses.

Gambar 8.1 merupakan kontrol dengan pengaturan dilakukan terhadap keseluruhan proses dimana kontrol umpan balik dalam proses ini merupakan jaringan kontrol individual.



Gambar 8.1. Kontrol Dengan Pengaturan

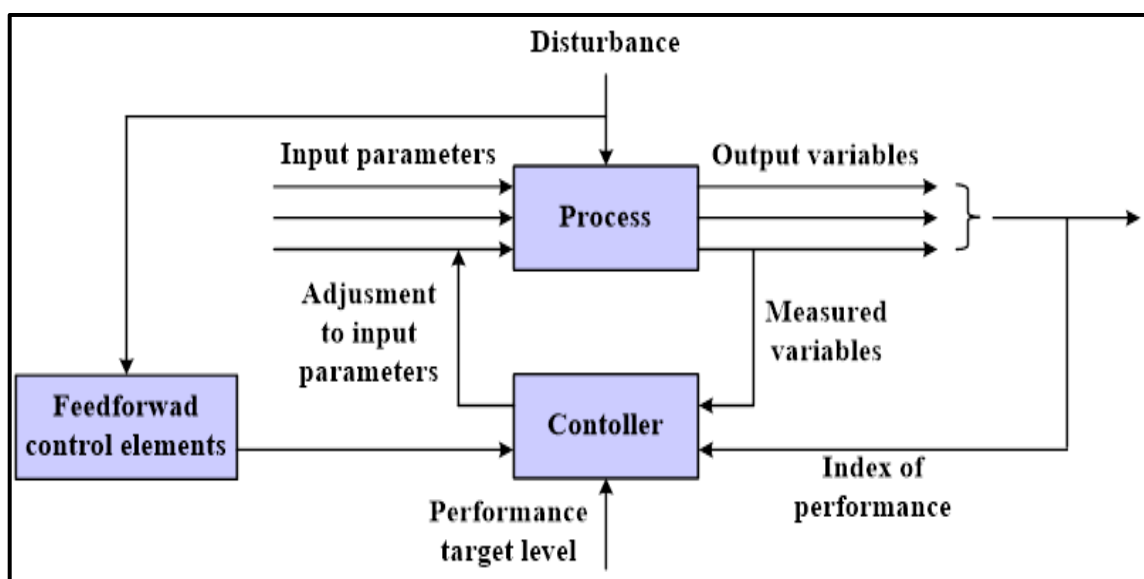
## 2) Kontrol Hantaran Kedepan (*Feedforward Control*)

Bertujuan untuk mengantisipasi efek gangguan yang akan mengacaukan proses dengan cara mensensor dan mengkompensasinya sebelum gangguan tersebut mempengaruhi proses.

Dalam kondisi ideal, kompensasi ini sangat efektif, tetapi pada kenyataannya sering terjadi penyimpangan dalam pengukuran umpan balik, operasi aktuator, dan algoritma pengendalian.

Umumnya sistem kontrol ini dikombinasikan dengan kontrol umpan balik. Sistem ini lebih sesuai digunakan untuk industri proses dari pada manufaktur produk diskrit.

Gambar 8.2 menunjukkan elemen-elemen kontrol hantaran kedepan mensensor gangguan yang ada dan melakukan koreksi dengan mengatur parameter proses dan mengkompensasinya untuk setiap gangguan yang terjadi pada proses.



Gambar 8.2. Kontrol Hantaran Kedepan

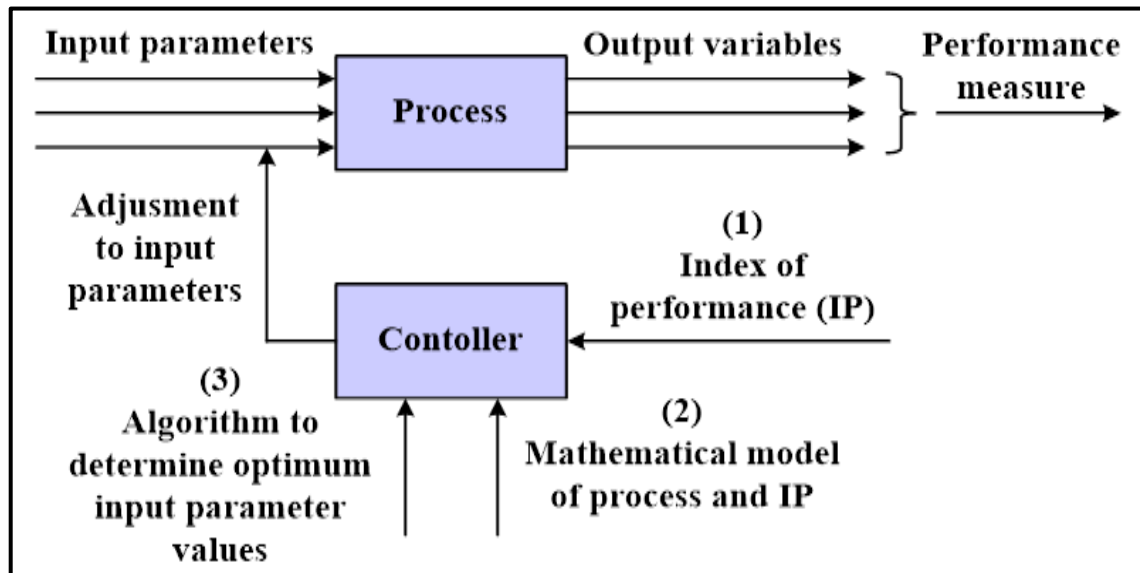
### 3) Optimasi Keadaan Tetap (*Steady State Optimization*)

Istilah optimisasi keadaan tetap mengacu pada kelas teknik optimisasi dimana proses menunjukkan karakteristik sebagai berikut:

- Terdapat indeks performansi yang telah didefinisikan dengan baik, seperti biaya produksi, laju produksi, atau hasil proses;
- Hubungan antara variabel proses dan indeks performansi diketahui (dalam model matematik);
- Nilai parameter sistem yang mengoptimasi indeks performansi tersebut dapat ditentukan secara matematik.

Bila karakteristik ini diaplikasikan, maka dapat dilakukan pengaturan (*adjustment*) terhadap input parameter proses hingga dicapai keadaan optimal.

Sistem kontrol ini adalah jaringan terbuka. Sistem ini akan bekerja sempurna bila tidak ada gangguan diluar hubungan yang diketahui antara parameter proses dan performansi proses. Gambar 8.3 merupakan sistem kontrol optimasi keadaan tetap.



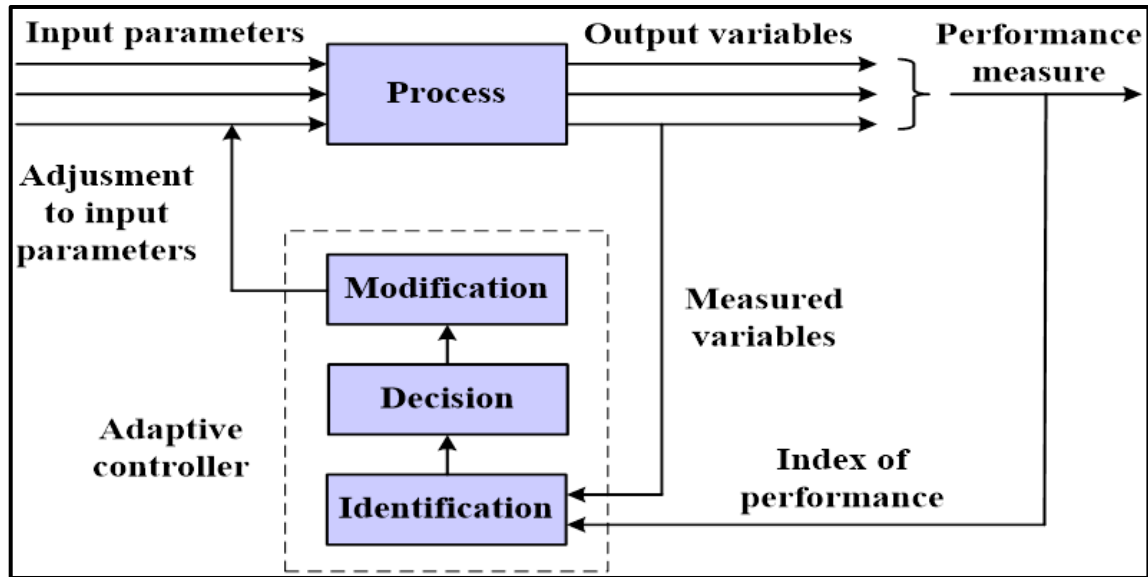
Gambar 8.3. Optimasi Keadaan Tetap

### 4) Kontrol Adaptif (*Adaptive Control*)

Bila dalam aplikasi optimasi keadaan tetap terdapat gangguan, maka untuk optimalisasi kontrol dibutuhkan bentuk koreksi sendiri, yang disebut kontrol adaptif.

Kontrol adaptif mengkombinasikan kontrol umpan balik dan kontrol optimal dengan cara pengukuran variabel proses yang terkait selama operasi (sepaimana dalam kontrol umpan balik) dan penggunaan algoritma kontrol untuk mengoptimalkan beberapa indeks performansi (sepaimana dalam kontrol optimal).

Konfigurasi umum sistem kontrol adaptif dapat dilihat dalam Gambar 8.4.



**Gambar 8.4. Kontrol Adaptif**

Dalam konfigurasi kontrol adaptif terdapat 3 (tiga) fungsi, antara lain:

**a) Fungsi Identifikasi**

Dalam fungsi identifikasi (*identification*), nilai arus indeks performansi sistem ditentukan berdasarkan pada pengumpulan hasil pengukuran dari proses.

Karena kondisi lingkungan berubah setiap saat, maka performansi sistem juga akan berubah.

Sehubungan dengan hal tersebut, fungsi identifikasi harus lebih kurang kontiniu setiap saat selama operasi sistem.

**b) Fungsi Keputusan**

Dalam fungsi pengambilan keputusan (*decision function*), pada saat performansi sistem telah ditentukan, fungsi berikutnya adalah menetapkan perubahan apa yang harus dibuat untuk memperbaiki performansi.

Fungsi pengambilan keputusan dilaksanakan dengan memakai algoritma terprogram dari sistem adaptif.

Berdasar algoritma tersebut, keputusan mungkin merubah satu atau lebih parameter *input* ke proses, untuk merubah beberapa parameter *internal controller*, atau perubahan-perubahan yang lain.

**c) Fungsi Modifikasi**

Fungsi modifikasi (*modification*) digunakan untuk melaksanakan keputusan yang merupakan fungsi logika, dan modifikasi yang menyangkut perubahan fisik dalam sistem.

Jadi modifikasi lebih kepada perubahan piranti keras dibandingkan dengan piranti lunak.

Dalam modifikasi, parameter sistem atau input proses dirubah menggunakan aktuator yang ada untuk menjalankan sistem pada kondisi yang lebih optimal.

## 8.2. Sistem Kontrol Diskrit

Dalam kontrol diskrit, parameter dan variabel diskrit suatu sistem dirubah pada saat-saat tertentu dengan memakai program instruksi (contoh: program siklus kerja).

Perubahan dilakukan baik karena kondisi sistem telah selesai dirubah atau karena waktu tertentu telah dicapai.

Berdasarkan hal tersebut, maka perubahan dapat dibedakan atas:

### 1) Perubahan gerak-kejadian (*event-drive changes*).

Dilakukan oleh kontroler sebagai respon terhadap beberapa kejadian (*event*) yang telah menyebabkan keadaan sistem berubah.

Perubahan dapat terjadi pada saat awal operasi atau pada saat akhir operasi, menjalankan motor atau menghentikan motor, membuka katup atau menutup katup, dsb.

Contoh dari perubahan gerak-kejadian, antara lain:

- Suatu robot memasang benda kerja kedalam pemegang, dan *part* disensor dengan sebuah saklar batas. Pensoran keberadaan *part* menunjukkan kejadian yang merubah keadaan sistem. Perubahan gerak-kejadian menunjukkan bahwa siklus pemesinan otomatis sudah dapat dimulai.
- Level pengurangan bahan plastik dalam corong isi (*hopper*) mesin cetak injeksi menarik saklar batas-bawah sehingga katup terbuka dan memulai pengisian bahan plastik baru ke dalam corong isi. Bila level pengisian plastik pada ketinggian tertentu telah dicapai, maka saklar batas-atas akan ditarik sehingga katup tertutup, jadi aliran bahan plastik ke dalam corong isi terhenti.
- Penghitungan pergerakan *part* sepanjang konveyor melewati sensor optik adalah sistem gerak-kejadian. Setiap *part* yang melewati sensor merupakan kejadian yang menggerakkan penghitung.

### 2) Perubahan gerak-waktu (*time-drive changes*).

Dilakukan oleh sistem kontrol sebagai respon terhadap pencapaian suatu kondisi tertentu dalam waktu tertentu atau dalam selang waktu tertentu telah terjadi suatu kondisi tertentu.

Seperti pada perubahan gerak-kejadian, perubahan biasanya terdiri dari memulai sesuatu atau menghentikan sesuatu, dan waktu saat perubahan terjadi merupakan sesuatu yang utama.

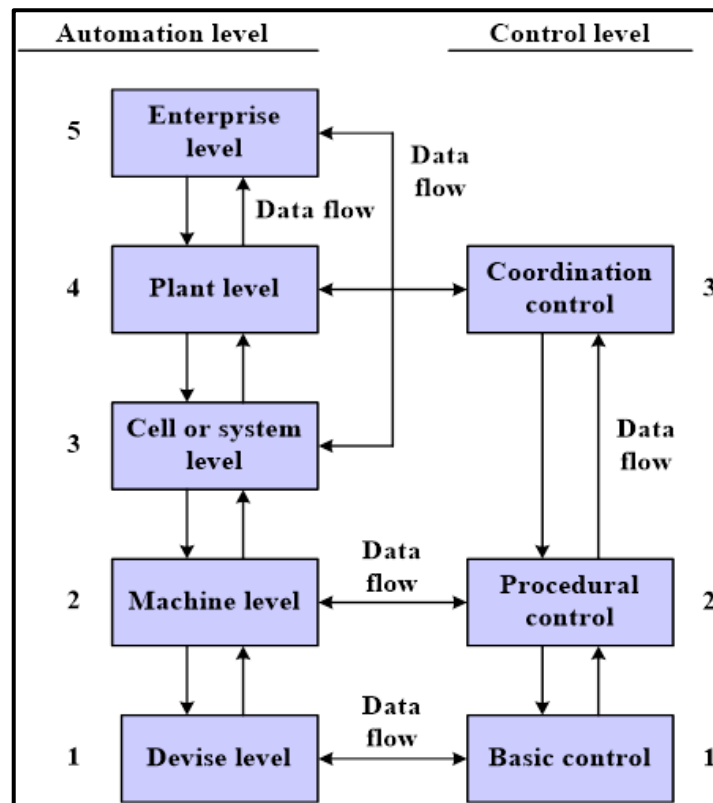
Contoh dari perubahan gerak-waktu, antara lain:

- Dalam pabrik dengan waktu memulai dan waktu mengakhiri untuk kerja sift dan istirahat bersama bagi semua pekerja, jam diatur untuk membunyikan bel dalam saat tertentu selama hari tersebut untuk menyatakan waktu mulai dan berhenti bekerja.
- Operasi perlakuan panas harus dilaksanakan selama selang waktu tertentu. Siklus otomatis perlakuan panas terdiri dari memasang *part* ke dalam tungku (mungkin dengan robot) dan mengambil *part* tersebut setelah dipanaskan dalam selang waktu tertentu.
- Dalam operasi mesin cuci, sewaktu bak pencucian telah diisi air dengan ketinggian tertentu, dilanjutkan dengan siklus pengadukan untuk selang waktu

tertentu yang diatur pada kendali. Bila waktu telah habis, *timer* menghentikan pengadukan dan kemudian air dalam bak dikosongkan (dalam hal ini pengisian air dalam bak merupakan *event-driven*, sedang selang waktu pengadukan merupakan *time-driven*).

### 8.3. Level Kontrol Proses Industri

Secara umum level kontrol proses industri hampir sama dengan level kontrol otomasi, seperti yang tertera pada Gambar 8.5.



Gambar 8.5. Level Kontrol Proses Industri

Level kontrol proses industri terdiri dari 3 (tiga) level, yaitu:

#### 1) Kontrol dasar (*basic control*)

Merupakan kontrol level terendah, berhubungan dengan level peralatan (*device level*) dalam hirarki otomasi.

Dalam industri proses, level ini dinyatakan dengan kontrol umpan balik dalam jaringan kontrol dasar.

Dalam industri manufaktur diskrit, kontrol dasar dinyatakan dengan pengarahannya servomotor dan aktuator yang lain mesin produksi.

Kontrol dasar meliputi fungsi umpan balik, pengumpulan, *interlocking*, interupsi, dan kegiatan penanganan khusus.

Fungsi kontrol dasar dapat diaktifkan, dideaktifkan, atau dimodifikasi baik oleh level kontrol yang lebih atas (kontrol prosedur atau kontrol koordinasi) atau oleh perintah operator.

## 2) Kontrol prosedur (*procedural control*)

Merupakan kontrol level medium ke level kontrol dengan pengaturan unit operasi dalam otomasi industri proses dan ke level mesin dalam otomasi manufaktur diskrit.

Dalam kendali kontiniu, fungsi kontrol prosedur meliputi penggunaan data yang dikumpulkan untuk menghitung beberapa nilai parameter proses, pengubahan *set-point* dan parameter proses yang lain dalam kendali dasar, dan pengubahan *controller* terhadap konstanta.

Dalam kendali diskrit, fungsinya adalah berkaitan dengan pelaksanaan program siklus kerja, yaitu mengarahkan mesin untuk melakukan aktifitas dalam urutan tertentu.

## 3) Kontrol koordinasi (*coordination control*)

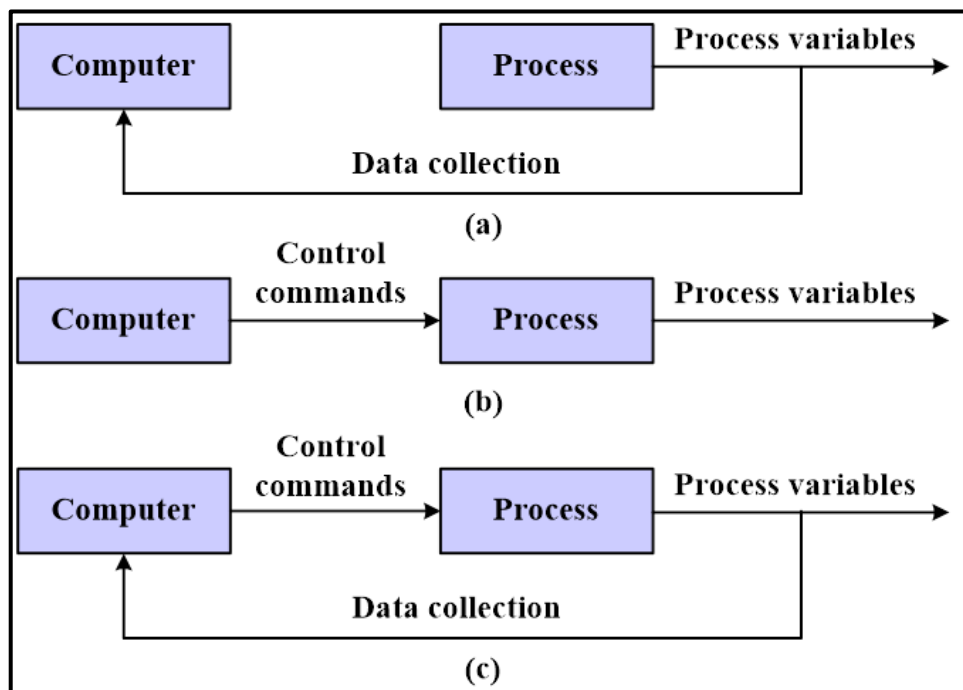
Merupakan kontrol level teratas dalam hirarki kendali. Kontrol ini berhubungan dengan level kontrol pengawasan dalam industri proses dan level sistem sel dalam industri manufaktur diskrit.

Kontrol ini juga berhubungan dengan level pabrik dan level perusahaan. Fungsi koordinasi pada level sel meliputi pengoordinasian aktifitas group peralatan atau mesin, pengoordinasian penanganan material antara mesin.

Pada level pabrik dan perusahaan, kontrol koordinasi berkaitan dengan fungsi pendukung, meliputi perencanaan produksi dan penjadwalan, pengoordinasian peralatan yang digunakan untuk lebih dari satu mesin, dan lain-lain.

## 8.4. Bentuk Kontrol Proses Komputer

Terdapat beberapa bentuk dari kontrol proses komputer, seperti yang tertera pada Gambar 8.6.



Gambar 8.6. Bentuk Kontrol Proses Komputer

Berdasar Gambar 8.6 dapat diketahui bahwa bentuk kontrol proses komputer terdapat 3 (tiga) jenis, antara lain:

- (a) Pemonitoran proses
- (b) Kendali proses *loop* terbuka.
- (c) Kendali proses *loop* tertutup.

Dalam pemonitoran proses (gambar a), komputer digunakan untuk mengumpulkan data dari proses. Data yang dikumpulkan dalam pemonitoran proses meliputi: data proses, data peralatan, dan data produk.

Dalam kendali proses (gambar b & c), komputer mengatur proses. Dalam beberapa penerapan kontrol proses, aktifitas tertentu yang diterapkan dengan komputer kontrol tidak membutuhkan data umpan balik yang harus dikumpulkan dari proses, yang merupakan ciri jaringan terbuka (gambar b).

Tetapi, pada umumnya beberapa bentuk umpan balik atau *interlocking* dibutuhkan untuk meyakinkan bahwa instruksi kontrol telah dilaksanakan dengan baik, yang merupakan ciri jaringan tertutup (gambar c).

### Forum

Tuliskan judul jurnal yang terdapat pada link di pertemuan ini. Selain itu jika terdapat pertanyaan atau apapun yang terkait dengan materi ke-8 serta tugas pertemuan #8 (online #6) dapat juga dituliskan pada Forum ini.

### Link Jurnal

Untuk memahami materi ke 8 ini, silahkan baca jurnal yang terkait dengan pembahasan materi ke-8 yang dapat dilihat pada link berikut.

<https://jurnal.ugm.ac.id/ijeis/article/view/1963/1768>

### Kuis

Jawab pertanyaan berikut dengan memilih jawaban yang paling sesuai.

1. Bentuk kontrol proses komputer yang membutuhkan *interlocking*, adalah:
  - a. Pemonitoran proses
  - b. Kendali proses *loop* terbuka
  - c. Kendali proses *loop* tertutup
  - d. Semua benar
2. Yang **bukan** termasuk level kontrol proses industri, adalah:
  - a. Kontrol dasar
  - b. Kontrol prosedur
  - c. Kontrol pengawasan
  - d. Kontrol koordinasi
3. Perubahan yang dilakukan oleh sistem kontrol sebagai respon terhadap pencapaian suatu kondisi tertentu dalam waktu tertentu, disebut:
  - a. Perubahan sistem kontrol diskrit
  - b. Perubahan gerak-kejadian
  - c. Perubahan gerak-waktu



- d. Semua benar
4. Jumlah fungsi yang terdapat pada kontrol adaptif, adalah:
- a. 1 (satu)
  - b. 2 (dua)
  - c. 3 (tiga)
  - d. 4 (empat)
5. Pendekatan sistem kontrol kontiniu yang menggunakan jaringan terbuka, adalah:
- a. Kontrol dengan pengaturan
  - b. Kontrol hantaran kedepan
  - c. Optimasi keadaan tetap
  - d. Kontrol Adaptif

### **Tugas**

Jawablah pertanyaan dibawah ini yang bersumber dari jurnal yang ada pada pertemuan ini:

1. Latar belakang dari penelitian tersebut.
2. Tujuan dari penelitian tersebut.
3. Metode yang digunakan pada penelitian tersebut.
4. Hasil dari penelitian tersebut.
5. Manfaat dari hasil penelitian tersebut.

### **Daftar Pustaka**

- Asfahl C. R, 1995, Robot and Manufacturing Automation, Singapore, John Willey & Sons
- D. Bedworth, M. Hendeerson and P. Wolfe, 1991, Computer Integrated Design, McGraw-Hill
- Frank D. Petruzella, 1996, Industrial Electronics, McGraw-Hill
- Groover, Mikell P., 2001, Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing, Second Edition, New Jersey, Prentice Hall Inc.
- Katsuhiko Ogata, 1995, Teknik Kontrol Automatik, Jakarta, Penerbit Erlangga
- Richard C. Dorf, Andrew Kusiak, 1994, Handbook of Design, Manufacturing and Automation, John Wiley & Soons Inc.
- T. C Chang, R Wysk and H. P Wabng, 1998, Computer Aided Manufacturing Integrated Manufacturing, New Jersey, Prentice Hall Inc.
- Thomas O. Bouchery, 1996, Computer Automation in Manufacturing, Chapman & Hall