

## #5

**SISTEM KONTROL****Materi Pertemuan #5 (Online #4)****Kemampuan Akhir Yang Diharapkan**

Mampu mengidentifikasi kebutuhan otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa, mampu menganalisa aspek teknis dan non teknis perancangan sistem otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa, dan mampu membuat formulasi model simulasi dari masalah otomasi terkait dengan sistem kontrol.

**Indikator Penilaian**

Ketepatan dalam mengidentifikasi kebutuhan otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa, mampu menganalisa aspek teknis dan non teknis perancangan sistem otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa, dan mampu membuat formulasi model simulasi dari masalah otomasi terkait dengan sistem kontrol.

**5.1. Sistem Kontrol**

Sistem kontrol adalah sistem pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (variabel, parameter) sehingga berada pada suatu harga atau dalam satu kisaran (*range*) nilai tertentu.

Dalam istilah lain disebut juga teknik pengaturan, sistem pengendalian, atau sistem pengontrolan.

Ditinjau dari segi peralatan, sistem kontrol terdiri dari berbagai susunan komponen fisis yang digunakan untuk mengarahkan aliran energi ke suatu mesin atau proses agar dapat menghasilkan kinerja yang diinginkan.

Tujuan utama dari suatu sistem kontrol adalah untuk mendapatkan optimasi. Dimana hal ini dapat diperoleh berdasarkan fungsi dari pada sistem kontrol itu sendiri, yaitu:

- 1) Pengukuran (*measurement*),
- 2) Perbandingan (*comparison*),
- 3) Pencatatan dan perhitungan, dan
- 4) Perbaikan (*correction*).

Secara umum sistem kontrol dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

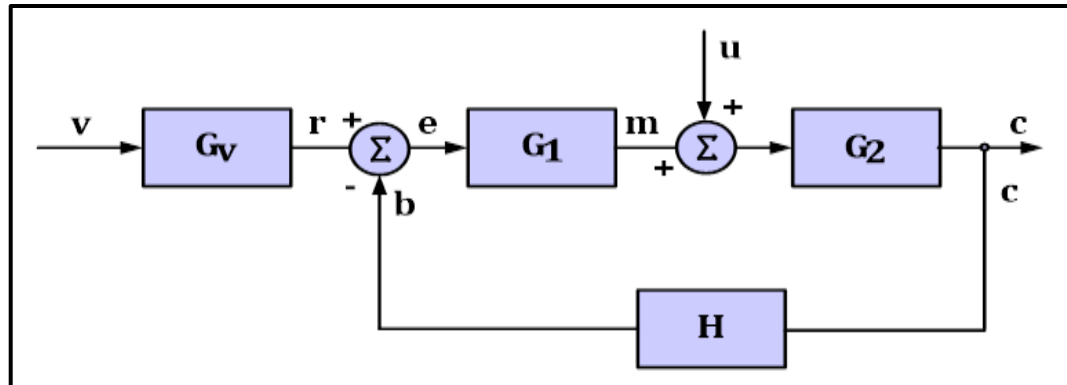
- 1) Dengan operator (manual) dan otomatis.
- 2) Jaringan tertutup (*closed loop*) dan jaringan terbuka (*open loop*).
- 3) Kontiniu (analog) dan diskontiniu (digital, diskrit).
- 4) Servo dan regulator.
- 5) Menurut sumber penggerak: elektrik, pneumatik, hidrolik, dan mekanik.

Pengontrolan secara elektrik dan pneumatik atau kombinasinya lebih banyak ditemukan dalam industri maupun aplikasi teknis lainnya. Hal ini disebabkan beberapa kelebihan yang diberikannya yaitu:

- 1) Pemakaian daya yang lebih kecil,
- 2) Kemampuan untuk pengontrolan jarak jauh,
- 3) Lebih mudah diperoleh dan responnya lebih cepat,
- 4) Dimensi peralatan dapat dibuat lebih kecil.

## 5.2. Konfigurasi Sistem Kontrol

Untuk mengetahui konfigurasi dari sistem kontrol dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi Sistem Kontrol

Berdasarkan Gambar 1, maka terdapat beberapa bagian dalam konfigurasi sistem kontrol, antara lain:

### 1) Elemen Sistem Kontrol

Suatu sistem kontrol dapat dinyatakan dengan diagram blok yang terdiri dari beberapa blok.

Dari Gambar 1, dapat diketahui bahwa secara umum elemen sebuah sistem kontrol jaringan tertutup terdiri dari:

#### a) Elemen input acuan (*reference input element, $G_v$* )

Elemen ini berfungsi sebagai pengkonversi/pengubah besaran yang dikendalikan menjadi **signal input acuan (r)** sehingga dapat dipakai oleh sistem kontrol.

#### b) Kontroler (*controller, $G_1$* )

Elemen ini berfungsi untuk memproses **kesalahan (error, e)** yang terjadi dan kemudian digunakan untuk mengendalikan proses.

#### c) Proses ( *$G_2$* )

Elemen ini dapat berupa proses mekanis, listrik, hidrolis, pneumatik, maupun kombinasinya.

#### d) Elemen umpan balik (*feed back element, H*)

Elemen ini berfungsi untuk mengukur output yang dikendalikan dan kemudian mengubahnya menjadi signal umpan balik.

### 2) Variabel/Parameter Sistem Kontrol

Berdasarkan jumlah elemen yang menyusun suatu sistem kontrol, terdapat beberapa variabel/parameter.

Dari Gambar 1, dapat diketahui parameter sebuah sistem kontrol jaringan tertutup terdiri dari:

- a) **Set point ( $v$ )**  
Adalah parameter input yang diatur, yang nilainya sesuai dengan nilai variabel output yang diinginkan.
- b) **Input acuan (*reference input*,  $r$ )**  
Signal aktual yang masuk ke dalam sistem kontrol, yang merupakan hasil konversi **signal  $v$**  oleh **elemen  $G_v$**  sehingga dapat dipakai oleh sistem kontrol.
- c) **Output yang dikontrol (*controlled output*,  $c$ )**  
Nilai aktual variabel output yang ditunjukkan oleh alat pencatat, yang harus dikendalikan oleh sistem kontrol agar sesuai dengan nilai yang diharapkan.
- d) **Variabel yang dimanipulasi (*manipulated variable*,  $m$ )**  
Signal yang keluar dari elemen kontroler dan berfungsi sebagai signal pengontrol agar signal output yang dihasilkan sesuai dengan nilai yang diinginkan. Dalam hal ini belum diperhitungkan adanya **gangguan ( $u$ )**.
- e) **Signal umpan balik (*feedback signal*,  $b$ )**  
Signal yang dirubah oleh elemen umpan balik yang merupakan fungsi dari signal output.
- f) **Kesalahan (*error*,  $e$ )**  
Merupakan selisih antara **signal acuan ( $r$ )** dengan **signal umpan balik ( $b$ )**. Signal ini adalah signal yang dimasukkan ke dalam elemen kontroler  **$G_1$**  dan dirubah menjadi signal  **$m$** .
- g) **Signal gangguan (*disturbance*,  $u$ )**; merupakan signal tambahan yang tidak diinginkan. Gangguan ini disebabkan oleh perubahan beban sistem, misalnya perubahan kondisi lingkungan, derau (*noise*), getaran, dan lain-lainnya.

**Catatan:**

Dalam diagram yang terdapat pada Gambar 1, variabel/parameter dinyatakan dengan huruf kecil, sedangkan elemen dinyatakan dengan huruf besar.

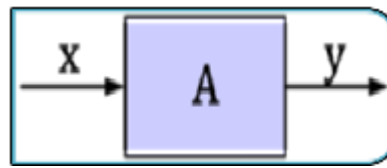
**5.3. Fungsi Alih (*Transfer Function*)**

Fungsi alih untuk sistem linear atau komponen suatu sistem didefinisikan sebagai rasio *output* terhadap *input*. Fungsi alih untuk berbagai komponen sistem dapat digabungkan menjadi bentuk fungsi alih keseluruhan sistem. Metode yang bisa digunakan untuk menentukan fungsi alih sistem adalah **aljabar diagram blok**.

Untuk aljabar diagram blok ditentukan melalui **diagram blok**. Terkait dengan diagram blok, maka terdapat beberapa elemen dasar dari suatu diagram blok adalah sebagai berikut:

**1) Blok**

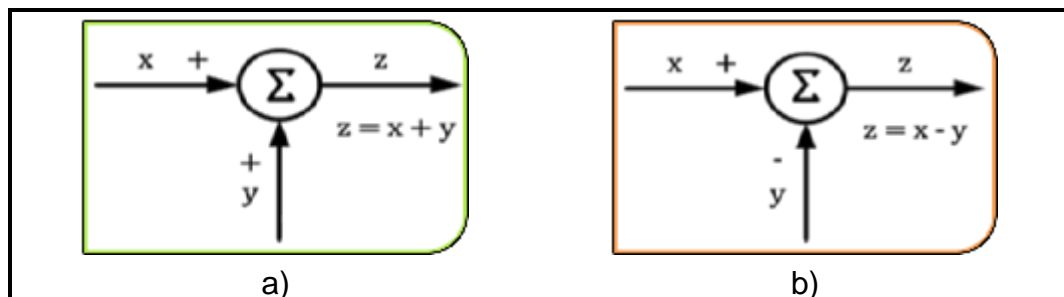
Menunjukkan komponen sistem yang diberikan dan berisi fungsi alih untuk komponen tersebut, seperti tersaji pada Gambar 2.



**Gambar 2. Blok**

**2) Titik penjumlahan (*summing point*),**

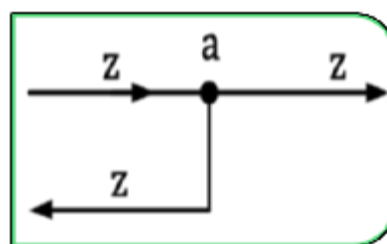
Digunakan untuk menjumlahkan seperti pada Gambar 3.a) atau untuk mengurangkan seperti pada Gambar 3.b) dari beberapa signal yang masuk.



**Gambar 3. Titik Penjumlahan (*Summing Point*)**

**3) Titik tinggal landas (*takeoff point*)**

Menunjukkan bahwa variabel digunakan untuk lebih dari satu tempat, seperti tersaji pada Gambar 4.



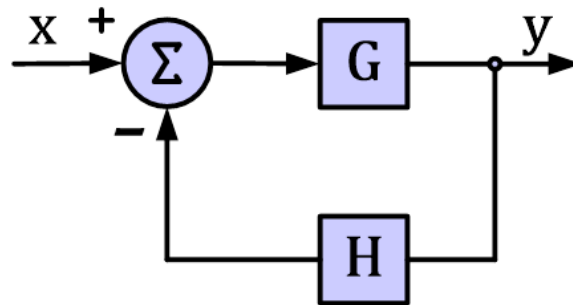
**Gambar 4. Titik Tinggal Landas (*Takeoff Point*)**

**4) Tanda panah**

Menunjukkan arah signal atau variabel.

**Aljabar diagram blok** merupakan cara yang mungkin untuk merubah suatu diagram blok yang rumit menjadi suatu blok tunggal yang berisi fungsi alih untuk keseluruhan sistem dari diagram blok. Proses untuk mengurangi diagram blok yang rumit tersebut disebut dengan **Aljabar Diagram Blok**.

Untuk contoh dari penggunaan aljabar diagram blok dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



**Gambar 5. Diagram Blok Contoh Penggunaan Aljabar Diagram Blok**

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa signal yang masuk ke titik penjumlahan adalah **signal input x** dan **signal Hy**. Signal yang masuk tersebut dikalikan dengan **fungsi alih G** untuk mendapatkan *output* sistem. Sehingga bentuk matematika dari diagram blok tersebut adalah sebagai berikut.

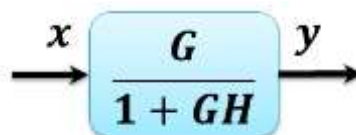
$$y = G(x - Hy) = Gx - GHy$$

$$y = Gx - GHy$$

$$y + GHy = Gx$$

$$\frac{y}{x} = \frac{G}{1 + GH}$$

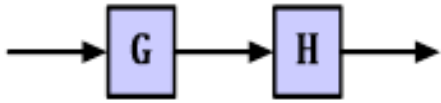

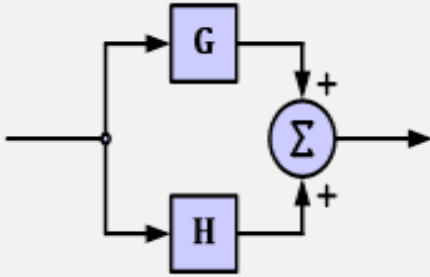
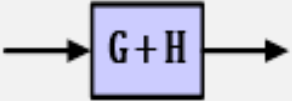
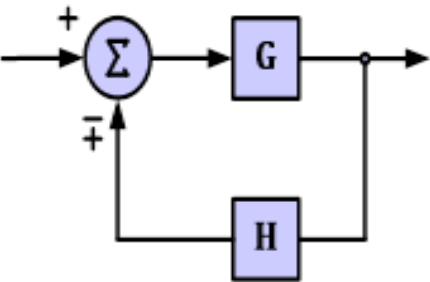
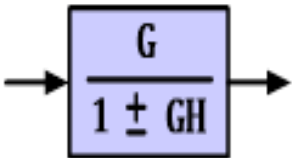
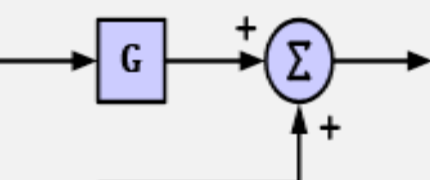
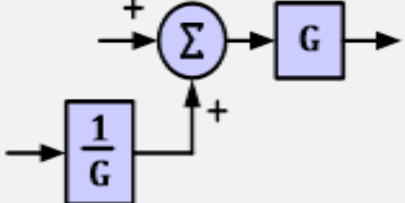
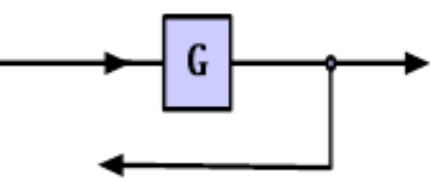
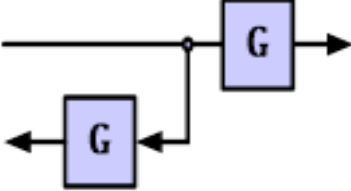
Jadi diagram blok umpan balik pada Gambar 5 dapat dirubah menjadi diagram blok tunggal, seperti pada Gambar 6 berikut.



**Gambar 6. Diagram Blok Tunggal Hasil Reduksi Gambar 5**

Tahapan mereduksi diagram blok dapat dilakukan dengan menggunakan bentuk-bentuk ekuivalen diagram blok seperti yang tersaji pada Tabel 1.

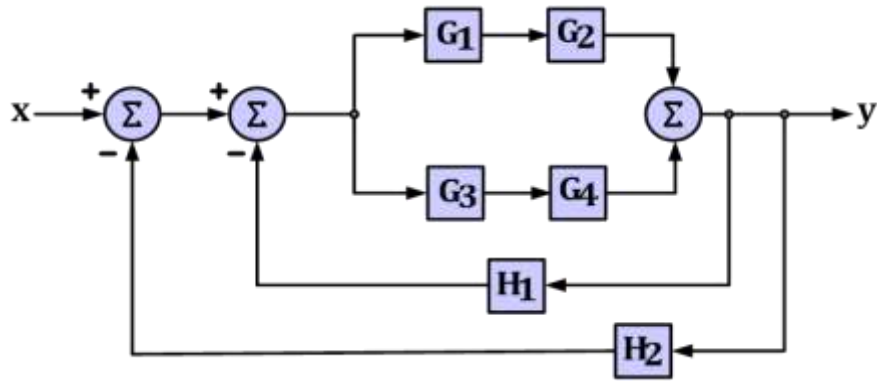
Tabel 1. Bentuk-bentuk Ekuivalen Diagram Blok

Operasi	Bentuk Asal	Bentuk Ekuivalen
(a)		
(b)		
(c)		
(d)		
(e)		

**Contoh #1**

Reduksi digram blok pada Gambar 7 hingga menjadi diagram blok ekuivalen tunggal.

Terdapat dua cara untuk dapat mereduksi diagram blok: (1) Menggunakan tabel bentuk ekuivalen, dan (2) Menggunakan bentuk matematika.

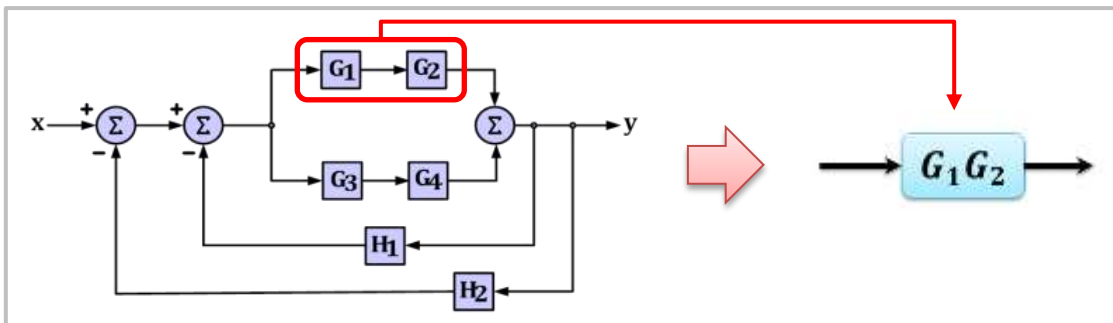


Gambar 7. Diagram Blok Contoh #1

**Penyelesaian Contoh #1 (Cara 1)**

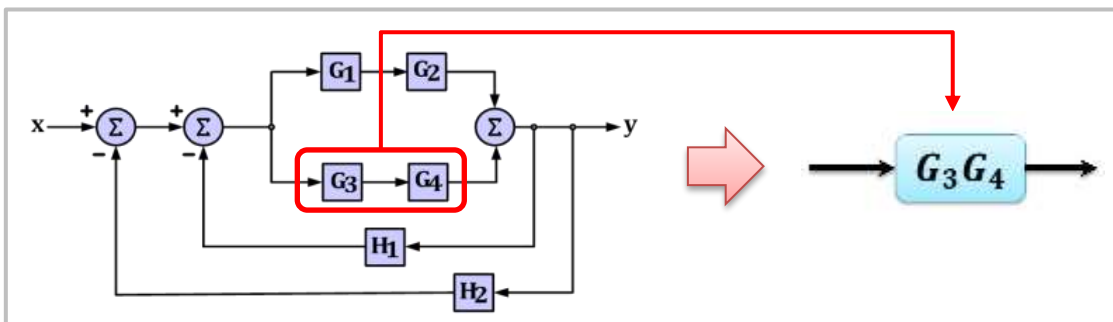
Cara 1 untuk mereduksi diagram blok adalah dengan menggunakan tabe bentuk ekuivalen diagram blok. Untuk menyelesaikan contoh #1, maka tahapannya adalah sebagai berikut.

- 1) Lihat konfigurasi elemen  $G_1$  ke  $G_2$  pada Gambar 7 yang disusun secara seri, kemudian cari bentuk ekuivalen nya pada Tabel 1. Hasilnya menjadi seperti Gambar 8.



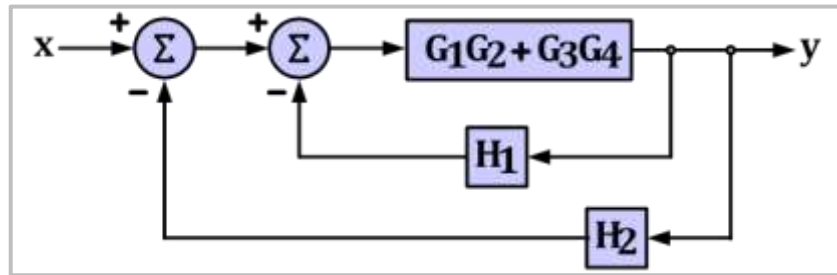
Gambar 8. Tahap Pertama Mereduksi Diagram Blok Contoh #1 Cara 1

- 2) Hal yang sama juga terjadi pada konfigurasi  $G_3$  ke  $G_4$ . Hasilnya seperti pada Gambar 9.



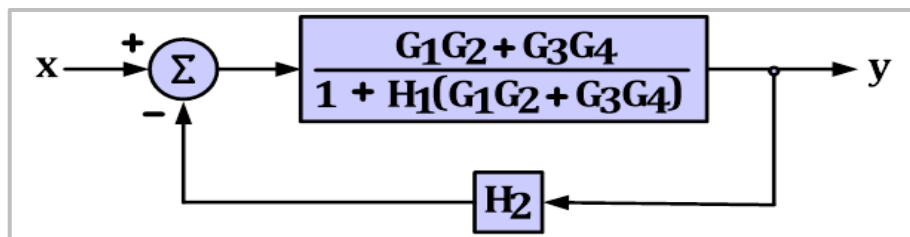
Gambar 9. Tahap Kedua Mereduksi Diagram Blok Contoh #1 Cara 1

- 3) Gabungkan hasil tahap 1 dan tahap d2 dengan melihat bentuk ekuivalen pada Tabel 1. Hasilnya seperti pada Gambar 10.



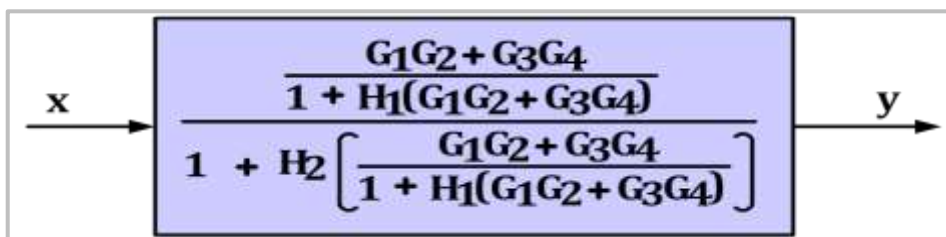
**Gambar 10. Tahap Ketiga Mereduksi Diagram Blok Contoh #1 Cara 1**

- 4) Gabungkan hasil tahap 3 dengan elemen  $H_1$  yang disesuaikan dengan bentuk ekuivalen pada Tabel 1. Hasilnya seperti pada Gambar 11.



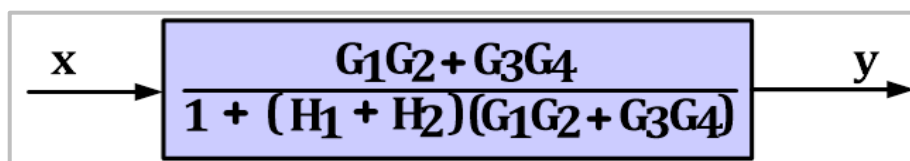
**Gambar 11. Tahap Keempat Mereduksi Diagram Blok Contoh #1 Cara 1**

- 5) Gabungkan hasil tahap 4 dengan elemen  $H_2$  yang disesuaikan dengan bentuk ekuivalen pada Tabel 1. Hasilnya seperti pada Gambar 12.



**Gambar 12. Tahap Kelima Mereduksi Diagram Blok Contoh #1 Cara 1**

- 6) Sederhanakan hasil dari tahap 5. Sehingga diperoleh hasil akhir dari reduksi diagram blok seperti pada Gambar 13.

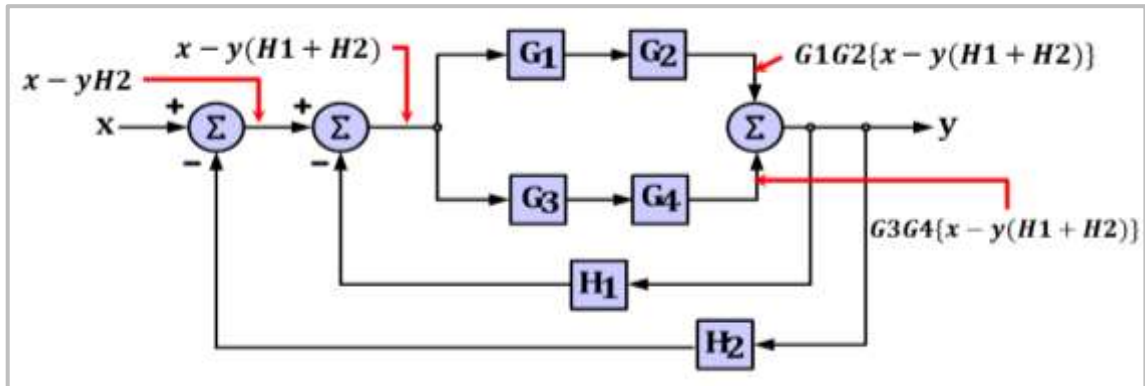


**Gambar 12. Hasil Akhir Mereduksi Diagram Blok Contoh #1 Cara 1**



**Penyelesaian Contoh #1 (Cara 2)**

Cara 2 untuk mereduksi diagram blok adalah dengan menggunakan bentuk persamaan matematika. Untuk menyelesaikan contoh #1, maka terlebih dahulu dibuat persamaan matematika seperti pada Gambar 13.



**Gambar 13. Tahap Pertama Mereduksi Diagram Blok Contoh #1 Cara 2**

Kemudian buat persamaan matematika dengan memasukkan semua persamaan yang terdapat pada Gambar 13.

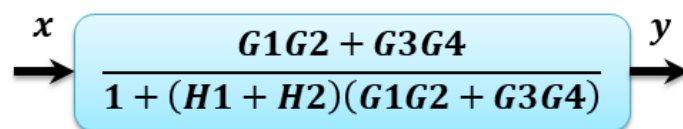
$$y = G1G2\{x - y(H1 + H2)\} + G3G4\{x - y(H1 + H2)\}$$

$$y = (G1G2 + G3G4)\{x - y(H1 + H2)\}$$

$$y = (G1G2 + G3G4)x - y(H1 + H2)(G1G2 + G3G4)$$

$$\frac{y}{x} = \frac{G1G2 + G3G4}{1 + (H1 + H2)(G1G2 + G3G4)}$$

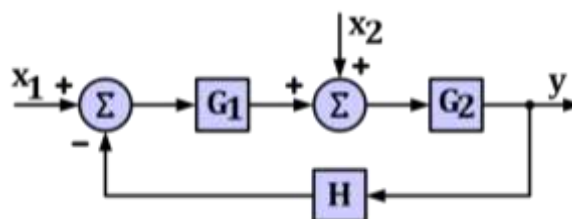
Hasil akhir dari reduksi diagram blok contoh #1 adalah seperti pada Gambar 14.



**Gambar 14. Hasil Akhir Mereduksi Diagram Blok Contoh #1 Cara 2**

**Contoh #2**

Diagram blok pada Gambar 15 memiliki dua input  $x_1$  dan  $x_2$ . Tentukan respon sistem  $y$  yang merupakan hasil dari dua input tersebut!

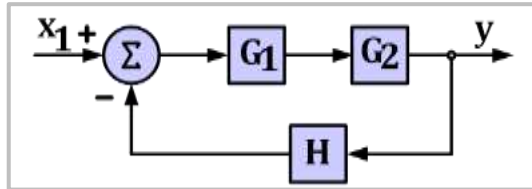


**Gambar 15. Diagram Blok Contoh #2**

**Penyelesaian Contoh #2 Cara 1**

Pertama anggap  $x_2 = 0$  dan  $x_1 \neq 0$ , maka diagram blok ekuivalennya seperti pada Gambar 16 dan persamaan matematika nya sebagai berikut.

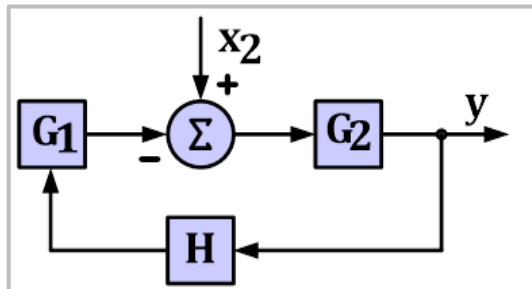
$$\frac{y}{x} = \frac{G_1G_2}{1 - G_1G_2H}$$



**Gambar 16. Tahap Pertama Mereduksi Diagram Blok Contoh #2 Cara 1**

Kemudian anggap  $x_1 = 0$  dan  $x_2 \neq 0$ , maka diagram blok ekuivalennya seperti pada Gambar 17 dan persamaan matematika nya sebagai berikut.

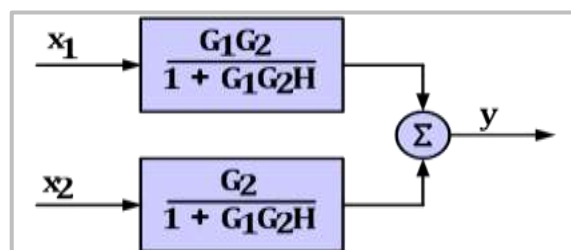
$$\frac{y}{x} = \frac{G_2}{1 - G_1G_2H}$$



**Gambar 17. Tahap Kedua Mereduksi Diagram Blok Contoh #2 Cara 1**

Selanjutnya gabungkan hasil tahap 1 dan tahap 2, sehingga hasil akhir diagram blok ekuivalennya seperti pada Gambar 18 dan persamaan matematika nya sebagai berikut.

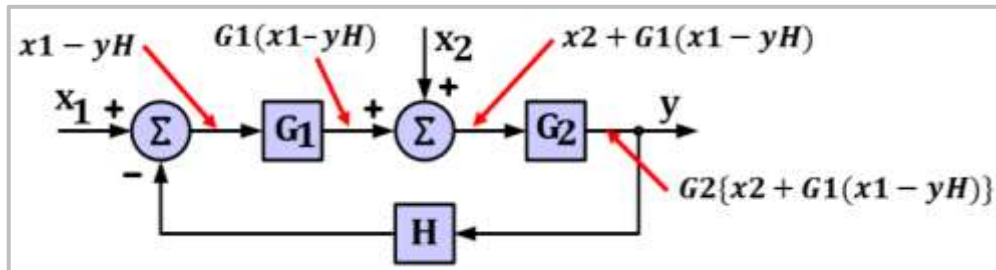
$$y = \frac{G_1G_2}{1 - G_1G_2H}x_1 + \frac{G_2}{1 - G_1G_2H}x_2$$



**Gambar 18. Hasil Akhir Mereduksi Diagram Blok Contoh #2 Cara 1**

**Penyelesaian Contoh #1 (Cara 2)**

Cara 2 untuk mereduksi diagram blok adalah dengan menggunakan bentuk persamaan matematika. Untuk menyelesaikan contoh #1, maka terlebih dahulu dibuat persamaan matematika seperti pada Gambar 19.



**Gambar 19. Tahap Pertama Mereduksi Diagram Blok Contoh #2 Cara 2**

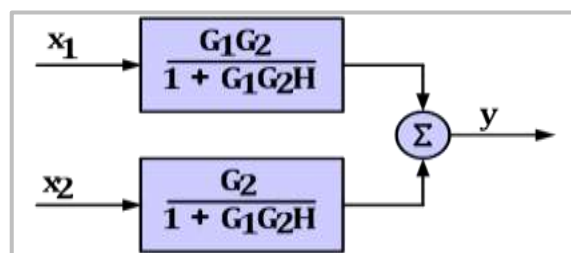
Kemudian buat persamaan matematika dengan memasukkan semua persamaan yang terdapat pada Gambar 19.

$$y = G_2\{x_2 + G_1(x_1 - yH)\}$$

$$(1 - G_1G_2H)y = G_1G_2x_1 + G_2x_2$$

$$y = \frac{G_1G_2}{1 - G_1G_2H}x_1 + \frac{G_2}{1 - G_1G_2H}x_2$$

Hasil akhir dari reduksi diagram blok contoh #2 adalah seperti pada Gambar 20.



**Gambar 20. Hasil Akhir Mereduksi Diagram Blok Contoh #2 Cara 2**

**Forum**

Tuliskan judul jurnal yang terdapat pada link di pertemuan ini. Selain itu jika terdapat pertanyaan atau apapun yang terkait dengan materi ke-5 serta tugas pertemuan #5 (online #4) dapat juga dituliskan pada Forum ini.

**Link Jurnal**

Untuk memahami materi ke 5 ini, silahkan baca jurnal yang terkait dengan pembahasan materi ke-5 yang dapat dilihat pada link berikut.

<http://journals.itb.ac.id/index.php/joki/article/view/3932/1991>

**Kuis**

Jawab pertanyaan berikut dengan memilih jawaban yang paling sesuai.

1. Yang **bukan** merupakan istilah lain untuk sistem kontrol, adalah:
  - a. Teknik pengaturan
  - b. Sistem pengaturan
  - c. Sistem Pengendalian
  - d. Sistem pengontrolan
  
2. Yang merupakan tujuan utama dari sistem kontrol, adalah:
  - a. Mendapatkan optimasi
  - b. Mendapatkan perbandingan
  - c. Mendapatkan pencatatan
  - d. Mendapatkan perhitungan
  
3. Yang merupakan elemen sebuah sistem kontrol jaringan tertutup, adalah:
  - a. Kontroler
  - b. Input Acuan
  - c. Signal gangguan
  - d. Kesalahan
  
4. Yang merupakan variabel/parameter sebuah sistem kontrol jaringan tertutup, adalah:
  - a. *Set point*
  - b. Elemen input acuan
  - c. Proses
  - d. Elemen umpan balik
  
5. Yang merupakan elemen dasar diagram blok, adalah:
  - a. Titik penjumlahan
  - b. Elemen input acuan
  - c. Elemen umpan balik
  - d. Proses

**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