

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG MASALAH

Sistem adalah susunan, himpunan-himpunan atau kumpulan benda-benda yang dihubungkan atau berhubungan sedemikian rupa sehingga membentuk suatu kesatuan atau keseluruhan.

Sistem pengendalian adalah susunan komponen-komponen fisik yang dihubungkan sedemikian rupa sehingga memerintah, menjalankan atau mengatur diri sendiri atau sistem lain.

Sistem pengendalian menetapkan atau mendefinisikan suatu keluaran (output) dan masukan (input).

Masukan (input) adalah rangsangan yang diterapkan ke sebuah sistem pengendalian agar menghasilkan tanggapan-tanggapan tertentu dari sistem pengendalian. Sedangkan output adalah tanggapan yang dilakukan sistem pengendalian.

Contoh 1.

Alat pemanggang roti otomatis adalah sistem pengendalian, karena dikendalikan oleh sebuah pengatur waktu. Waktu yang diperlukan untuk membuat "panggangan bagus" diperkirakan oleh pemakainya. Sebagai masukan adalah menyetel pengatur waktu, sedangkan keluarannya adalah hasil panggangannya.

Contoh2.

Sebuah pemanas atau tungku yang terkendali secara thermostatis yang mengatur suhu ruangan atau ruangan tertutup secara otomatis adalah suatu sistem pengendalian. Masukan ke sistem tersebut adalah suhu acuannya yang bisa disetel secara tepat dengan sebuah thermostat. Keluarannya adalah suhu ruang tertutup yang sebenarnya. Bila thermostat mendeteksi bahwa keluarannya lebih kecil dari masukan, tungku memberikan panas sampai suhu ruangan tertutup menjadi sama dengan masukannya. Kemudian secara otomatis tungku itu mati.

Ada dua golongan sistem pengendalian. Yaitu sistem pengendalian untaian tertutup dan sistem pengendalian untaian terbuka. Perbedaannya terletak pada pengendaliannya. Pada sistem pengendalian untaian terbuka tindakan pengendaliannya bebas dari pengaruh keluarannya. Sedang sistem pengendalian untaian tertutup tindakan pengendaliannya bergantung pada keluarannya.

Pada contoh 1, merupakan suatu sistem pengendalian untaian terbuka, karena dikendalikan oleh sebuah pengatur waktu. Waktu yang diperlukan untuk membuat "panggangan bagus", yang diperkirakan oleh pemakainya, bukan merupakan bagian dari sistem itu. Penghentian alat itu hanya bergantung pada waktu yang telah disetel, bukan pada hasil panggangannya (keluaran). Dengan demikian tindakan pengendalian

tidak bergantung pada masukannya.

Pada contoh 2, merupakan sistem pengendalian untaian tertutup, karena pada tindakan pengendalian merupakan fungsi dari keluarannya.

Umpan balik merupakan sifat dari sistem untaian tertutup yang keluarannya bisa dibandingkan dengan masukannya, sedemikian hingga agar tindakan pengendalian yang tepat sebagai fungsi dari keluaran dan masukannya bisa terjadi.

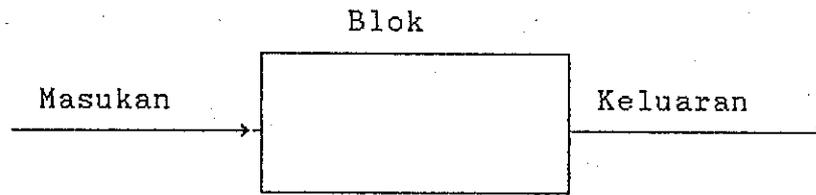
Secara lebih umum, suatu sistem pengendalian dikatakan umpan balik bila ada urutan tertutup dari hubungan sebab akibat antara besaran-besaran sistem.

Studi tentang sistem pengendalian umpan balik pada hakikatnya melakukan analisis suatu konfigurasi sistem pengendalian. Yaitu melakukan penyelidikan sifat-sifat dari suatu sistem yang ada.

Langkah pertama dalam analisis sebuah sistem pengendalian adalah pembuatan model untuk berbagai elemen dalam sistem. Dalam hal ini digunakan diagram blok dan Persamaan Differensial.

Diagram blok adalah urutan pernyataan grafis yang ringkas dari diagram skematis suatu sistem fisis atau himpunan persamaan matematis yang mencirikan bagian sistem itu. Diagram ini menyatakan hubungan sebab akibat antara masukan dan keluaran.

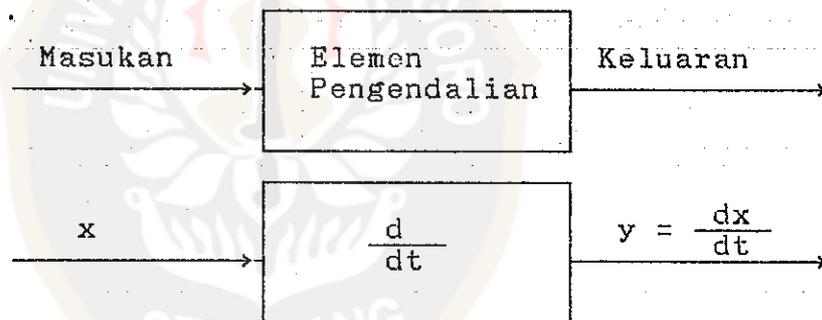
Contoh 3.



Gambar 1

Bagian dalam dari segi empat blok biasanya berisi uraian atau nama elemennya atau simbol untuk operasi matematis yang harus dilakukan pada masukan untuk menghasilkan keluaran. Tanda panah menyatakan arah informasi.

Contoh 4.



Gambar 2

Sistem fisik sering ditampilkan sebagai Persamaan Differensial, yaitu setiap kesamaan aljabar yang mengandung differensial atau turunan.

Contoh 5.

Hukum ohm menetapkan bahwa jika suatu tegangan yang besarnya V diterapkan melintasi sebuah tahanan sebesar R maka arus i yang melalui tahanan tersebut dihubungkan dengan V oleh persamaan $V = R i$.

Pernyataan ini dapat dinyatakan sebagai

berikut :
$$V = R \frac{dq}{dt}$$

dengan $\frac{dq}{dt}$ adalah laju lewatnya muatan q terhadap waktu t .

Suatu persamaan differensial mempunyai jawaban penyelesaian atau tanggapan yang dibedakan menjadi tanggapan bebas atau terpaksa. Tanggapan bebas adalah jawaban persamaan differensial bila masukannya yaitu $x(t)$ sama dengan nol. Sedang tanggapan terpaksa merupakan jawaban persamaan differensial bila syarat-syarat awal :

$$y(0) ; \left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=0} ; \dots ; \left. \frac{d^{n-1}y}{dt^{n-1}} \right|_{t=0}$$

sama dengan nol.

Jumlah keduanya dinamakan tanggapan total.

Tanggapan juga bisa dilihat sebagai jumlahan tanggapan keadaan mantap dan tanggapan sekilas. Dengan tanggapan mantap didefinisikan sebagai bagian dari tanggapan total yang tidak mendekati nol ketika waktu mendekati tak terhingga. Sedang tanggapan sekilas adalah bagian yang mendekati nol ketika waktu mendekati tak terhingga.

Contoh 6.

Persamaan differensial

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 3\frac{dy}{dt} + 2y = 1$$

dengan syarat awal $y(0) = 0$ dan $\left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=0} = 1$

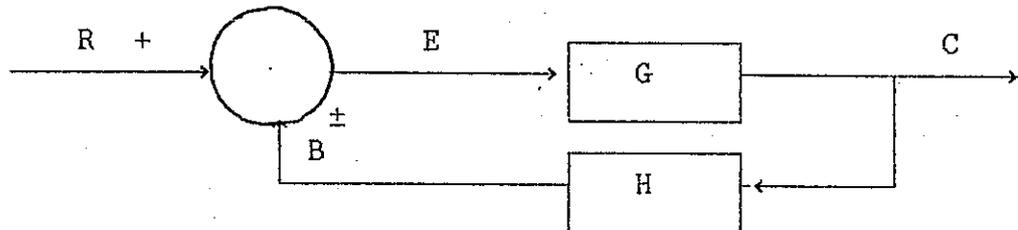
tanggapan totalnya adalah $y(t) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} e^{-2t}$

tanggapan mantapnya adalah $y_{ss} = \frac{1}{2}$

sedangkan tanggapan sekilasnya adalah $y = -\frac{1}{2} e^{-t}$

karena $\lim_{t \rightarrow \infty} \left(-\frac{1}{2} e^{-t}\right) = 0$

Konfigurasi suatu sistem umpan balik sederhana dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 3

dengan definisi-definisi sebagai berikut :

$G \frac{df}{dt}$ Fungsi alih langsung = fungsi alih maju.

$H \frac{df}{dt}$ Fungsi alih umpan balik.

$GH \frac{df}{dt}$ Fungsi untaian = Fungsi alih untaian terbuka.

$\frac{C}{R} \frac{df}{dt} = \frac{G}{1 \pm GH}$ = Fungsi alih untaian tertutup
= Perbandingan pengendalian.

Suatu besaran yang sangat penting dalam analisa sistem pengendalian umpan balik adalah fungsi alih. Fungsi alih merupakan faktor yang bila dikalikan dengan ($X(s)$) akan menghasilkan keluaran / tanggapan ($Y(s)$). Dengan kata lain terdapat hubungan :

$$Y(s) = P(s).X(s)$$

dengan $P(s)$ adalah fungsi alih.

Dengan demikian Fungsi alih merupakan perbandingan antara keluaran dengan masukan.

$$P(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}$$

Fungsi alih merupakan suatu Fungsi variabel kompleks s , dengan s didefinisikan $s = \frac{df}{dt} \sigma + j\omega$

dengan σ dan ω adalah variabel-variabel riil dan may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIK-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation;

$j = \sqrt{-1}$, ω menyatakan frekuensi.

Bila variabel kompleks s diganti dengan $j\omega$ maka akan terbentuk fungsi alih tanggapan frekuensi. Fungsi alih tanggapan frekuensi ini menggambarkan tingkah laku keadaan mantap sistem terhadap masukan sinusoidal, dan hanya merupakan fungsi variabel kompleks $j\omega$. Fungsi ini mempunyai besar dan sudut fasa yang dapat dilukiskan secara grafis.

Fungsi alih maju $G(s)$ dapat dilukiskan pada wawasan frekuensi dengan hubungan :

$$G(j\omega) = G(s) \Big|_{s=j\omega} = R(j\omega) + j X(j\omega)$$

dengan

$$R(j\omega) = \text{Re} (G(j\omega))$$

dan
$$X(j\omega) = \text{Im} (G(j\omega))$$

Penggambaran grafis tanggapan frekuensi dilakukan dengan pemetaan kutub dengan absisnya bagian nyata dan ordinatnya bagian khayal, sedang ω adalah parameter.

Untuk menyederhanakan pemetaan grafis pada tanggapan frekuensi, dapat digunakan pemetaan logaritma yang disebut pemetaan Bode.

Dalam diagram Bode pemetaan dilakukan dengan menggunakan besaran Penguatan Logaritmik (Log. Magnitude) versus frekuensi, dan sudut fasa terhadap frekuensi.

Logaritma Magnitude / LM didefinisikan sebagai $20 \text{ Log } |G(j\omega)|$ dinyatakan dalam satuan desibel.

Bentuk umum Fungsi Alih pada wawasan Frekuensi

adalah :

$$G(j\omega) = \frac{K_b \prod_{i=1}^Q (1 + j\omega\tau_i)}{(j\omega)^N \prod_{m=1}^M (1 + j\omega\tau_m) \prod_{k=1}^R \left\{ 1 + \left[\frac{2\zeta_k}{\omega_{n_k}} \right] j\omega + \left[\frac{j\omega}{\omega_{n_k}} \right]^2 \right\}}$$

dengan K_b adalah Faktor Gain.

Karena Diagram Bode menggunakan skala logaritmik maka dapat dilakukan pengubahan dari faktor multiplikatif menjadi faktor penjumlahan.

Penguatan logaritmik $G(j\omega)$ dengan demikian dapat dinyatakan sebagai penjumlahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} 20 \text{ Log } |G(j\omega)| &= 20 \log K_b + 20 \sum_{i=1}^Q \log |1 + j\omega\tau_i| \\ &\quad - 20 \log |(j\omega)^N| - \sum_{m=1}^M \log |1 + j\omega\tau_m| \\ &\quad - 20 \sum_{k=1}^R \log \left| 1 + \left[\frac{2\zeta_k}{\omega_{n_k}} \right] j\omega + \left[\frac{j\omega}{\omega_{n_k}} \right]^2 \right| \end{aligned}$$

Sedang sudut fasanya diperoleh :

$$\begin{aligned} \phi(\omega) &= \sum_{i=1}^Q \tan^{-1} \omega\tau_i - N(90^\circ) - \sum_{m=1}^M \tan^{-1} \omega\tau_m \\ &\quad - \sum_{k=1}^R \tan^{-1} \left[\frac{2\zeta_k \omega_{n_k} \omega}{\omega_{n_k}^2 - \omega^2} \right] \end{aligned}$$

Dengan demikian penguatan logaritmik dan sudut fasa ditentukan oleh empat faktor yang terdapat pada Fungsi Alih yaitu :

1. Penguatan Tetap K_b .
2. Kutub atau nol pada pusat (faktor $j\omega$).
3. Kutub atau nol pada sumbu nyata (faktor $j\omega\tau + 1$).
4. Kutub atau nol-nol yang konjugat kompleks

$$\left(\text{faktor } 1 + \left[\frac{2\zeta_k}{\omega_{n_k}} \right] j\omega + \left[\frac{j\omega}{\omega_{n_k}} \right]^2 \right).$$

1.2. PERMASALAHAN

Fungsi alih pada wawasan Frekuensi dapat digambarkan dalam koordinat polar dan diagram Bode. Diagram Bode menyatakan pemetaan penguatan logaritmik versus frekuensi, dan sudut fasa terhadap frekuensi.

Diagram itu dapat dilukiskan berdasarkan faktor-faktor yang terdapat dalam fungsi alih, yang merupakan besaran yang menentukan karakteristik sistem pengendalian umpan balik.

Dengan demikian Analisis atau penyelidikan sifat-sifat dari suatu sistem pengendalian dapat dilakukan melalui analisis Fungsi alih pada wawasan frekuensi. Dengan kata lain Analisis dapat dilakukan melalui analisis fungsi alih tanggapan frekuensi.

Yang menjadi permasalahan adalah :

Bagaimana bentuk dan karakteristik fungsi alih tanggapan frekuensi.

1.3. SISTIMATIKA PENULISAN

Penulisan ini dibagi dalam 5 Bab, dengan inti Pembahasan pada Bab IV. Secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Bab II Merupakan teori penunjang yang membicarakan

Persamaan differensial, Transformasi Laplace dan Fungsi Variabel Kompleks.

Bab III Membicarakan Sistem Pengendalian Umpan Balik. Didalamnya diuraikan tentang Fungsi Alih, dan Diagram Blok.

Bab IV Menguraikan tentang Analisis Fungsi Alih Tanggapan Frekuensi.

Bab V Merupakan Kesimpulan.

