

DISAIN KOMPENSATOR UNTUK PLANT MOTOR DC ORDE SATU

TUGAS PAPER ANALISA DISAIN SISTEM PENGATURAN

Oleh: FAHMIZAL(2209 105 010)

Teknik Sistem Pengaturan, Teknik Elektro ITS Surabaya

Identifikasi plant

Identifikasi *plant* ditujukan untuk mendapatkan model matematis berupa fungsi alih yang digunakan untuk proses perancangan kontroler nantinya. Untuk jenis *plant* yang dibahas berupa *motor DC* sistem orde satu. Orde sistem menentukan jenis kontroler yang akan dipakai dan mencari nilai parameter kontroler untuk hasil respon yang diinginkan.

Persamaan (1) memperlihatkan bentuk umum fungsi alih dari sistem orde satu.

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{\tau s + 1} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan demikian dapat diketahui keluaran sistem terhadap masukan *unit step* atau biasa disebut *unit step response*. Transformasi Laplace untuk masukan sinyal berupa *unit step* adalah $1/s$, dengan mensubstitusikan kedalam persamaan (1) maka didapatkan persamaan (2) untuk keluaran sistem.

$$C(s) = \frac{K}{\tau s + 1} \frac{1}{s} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan metode pecahan parsial maka didapat persamaan (3) untuk nilai $K = 1$.

$$C(s) = \frac{1}{s} - \frac{1}{s + (1/\tau)} \dots\dots\dots (3)$$

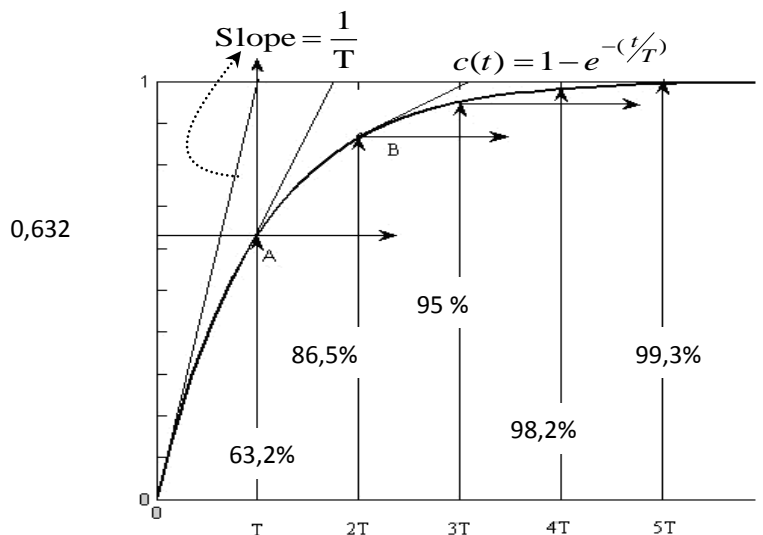
Dengan mentransformasikan persamaan (3) kedalam domain waktu maka didapatkan persamaan (4). Persamaan ini menyatakan bahwa kondisi awal keluaran sistem $C(t)$ adalah nol dan

pada akhirnya mendekati suatu nilai tertentu. Salah satu kriteria penting dari keluaran sistem

adalah ketika nilai $t = \tau$, yaitu keluaran sistem pada saat mencapai nilai 63,2 % dari total perubahan keluaran sistem. Semakin kecil nilai dari τ atau biasa disebut konstanta waktu maka semakin cepat kondisi transien dari sistem tersebut.

untuk $t \geq 0$ (4)

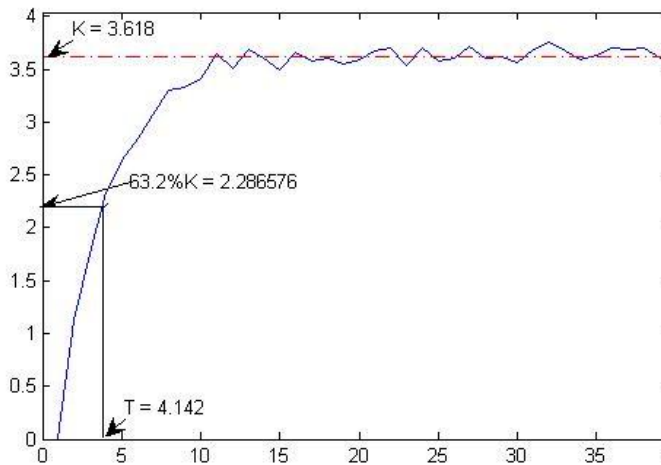
Karakteristik penting lainnya adalah nilai dari kemiringan kurva keluaran sistem pada saat $t = 0$ adalah $1/\tau$. Dapat dilihat pada Gambar 1 bahwa setelah kurva keluaran sistem telah melewati nilai $t = \tau$ maka nilai kemiringan kurva menurun begitu cepat.



Gambar 1. Kemiringan kurva keluaran sistem orde satu

Identifikasi *plant* motor DC menggunakan perangkat lunak LabVIEW. Kemudian diberi masukan sebesar *step* 1 volt dengan waktu *sampling* 1 ms.

Hasil identifikasi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Identifikasi *plant* motor DC dengan waktu *sampling* sebesar 1ms.

Dari grafik respon diperoleh fungsi alih Plant Motor DC ialah

$$K = \text{gain overall} = 3,618$$

$$\tau = 4,142 * 1 \text{ ms} = 0,004142 \text{ detik}$$

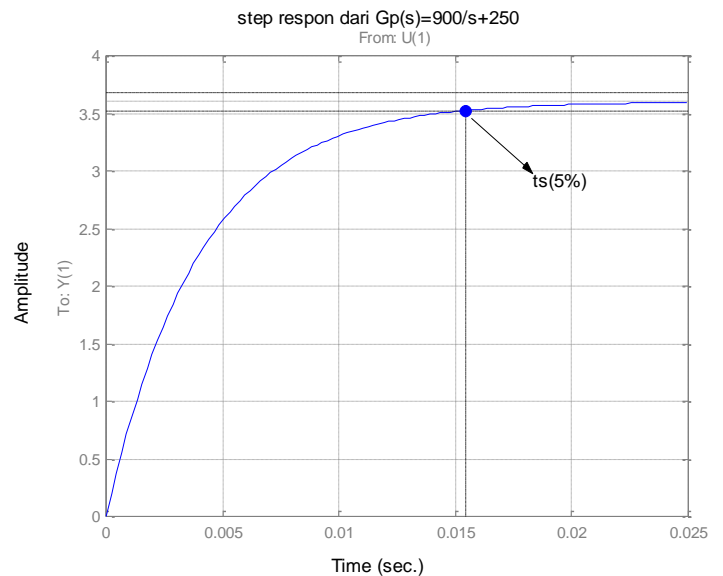
$$Gp(s) = \frac{3.618}{0.004142s + 1}$$

Untuk kemudahan dalam menganalisa maka dilakukan pembulatan data matematis dari fungsi alih, berikut hasil pembulatan fungsi alih dari Plant:

$$Gp(s) = \frac{3.6}{0.004s + 1} = \frac{900}{s + 250}$$

Dengan menggunakan matlab dapat digambarkan step respon sebagai berikut:

```
%plot step respon Gp(s)
num=900;
den=[1 250];
step(num,den)
title ('step respon dari
Gp(s)=900/s+250')
```

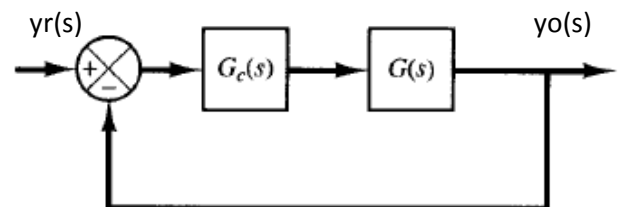


Dari hasil step respon didapat settling time (*ts* 5%) mendekati nilai 0,015 detik.

Kompensator

Ialah komponen sistem yang berfungsi untuk melakukan kompensasi pada sejumlah variabel sistem sedemikian rupa sehingga perilaku dinamik sub sistem atau sistem secara keseluruhan memenuhi kriteria tertentu.

Sistem dengan kompensator digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3. Blok sistem kompensator terhadap sistem.

Fungsi Alih:

$$\frac{Y_o(s)}{Y_r(s)} = \frac{G_c(s)G_p(s)}{1 + G_c(s)G_p(s)}$$

Langkah-langkah disain kompensator ialah sebagai berikut:

1. Dapatkan diagram Bode magnitude dari plant, tentukan spek desain dan model yang diinginkan $G^*(s)$
Spek desain orde satu:
-spek transient: nyatakan dalam τ^*
-spek steady state: %Ess=0

$$G^*(s) = \frac{1}{\tau^*s + 1}$$

2. Menghitung $G_o(s)$

$$G_o(s) = \frac{G^*(s)}{1 - G^*(s)}$$

3. Menggambar diagram Bode dari $G_o(s)$
4. Kurangkan diagram Bode $G_p(s)$ dengan $G_o(s)$ untuk mendapatkan $G_c(s)$

$$20 \log |G_c(j\omega)| = 20 \log \frac{|G_p(j\omega)|}{|G_o(j\omega)|}$$

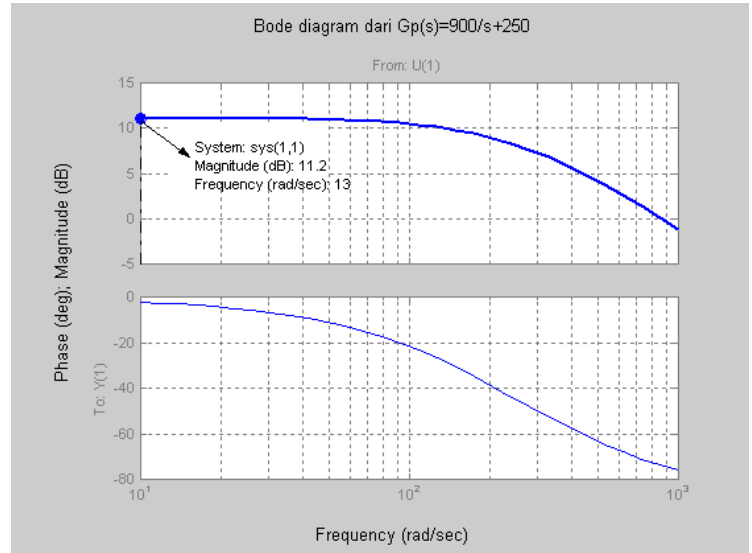
$$20 \log |G_c(j\omega)| = 20 \log |G_p(j\omega)| - 20 \log |G_o(j\omega)|$$

Diagram Bode Plant Motor DC dengan model matematis:

$$G_p(s) = \frac{3.6}{0.004s + 1} = \frac{900}{s + 250}$$

```
%plot bode diagram Gp(s)
num=[900];
den=[1 250];
```

```
bode (num, den)
title ('Bode diagram dari
Gp(s)=900/s+250')
```



Gambar 4. Bode diagram dari $G_p(s)$

diinginkan kompensator sehingga output hasil desain menjadi dua kali lebih cepat dari respon awal $\tau = 0,004142$ detik = 0,004 detik menjadi $\tau^* = 0,002$ detik.

spek desain orde 1 $\tau^* = 0,002$ detik, error steady state %Ess=0

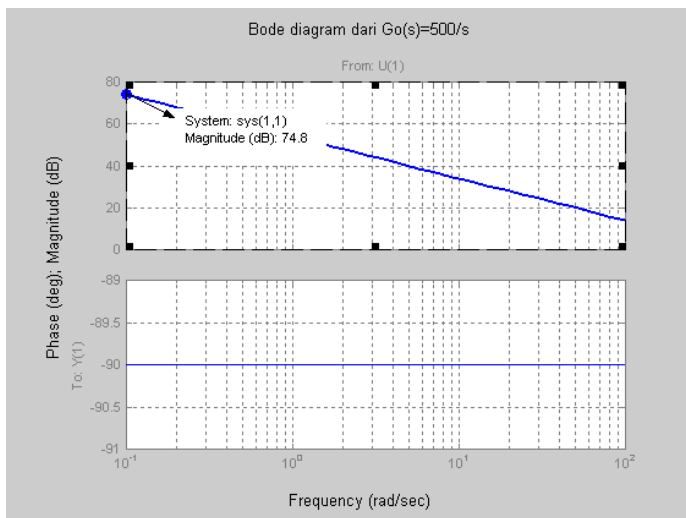
$$G^*(s) = \frac{1}{\tau^*s + 1} = \frac{1}{0,002s + 1}$$

Menghitung $G_o(s)$:

$$G_o(s) = \frac{G^*(s)}{1 - G^*(s)} = \frac{1}{1 - \frac{1}{0,002s + 1}} = \frac{1}{\frac{0,002s}{0,002s + 1}} = \frac{0,002s + 1}{0,002s} = \frac{500}{s} + 1$$

```
%plot bode diagram Go(s)
num=[500];
den=[1 0];
bode (num, den)
title ('Bode diagram dari Go(s)=500/s')
```

Bode Diagram dari $G_o(s)$:



Gambar 5. Bode diagram dari $G_o(s)$

Sehingga diperoleh kompensator

$$20 \log |G_c(j\omega)| = 20 \log \frac{|G_p(j\omega)|}{|G_o(j\omega)|}$$

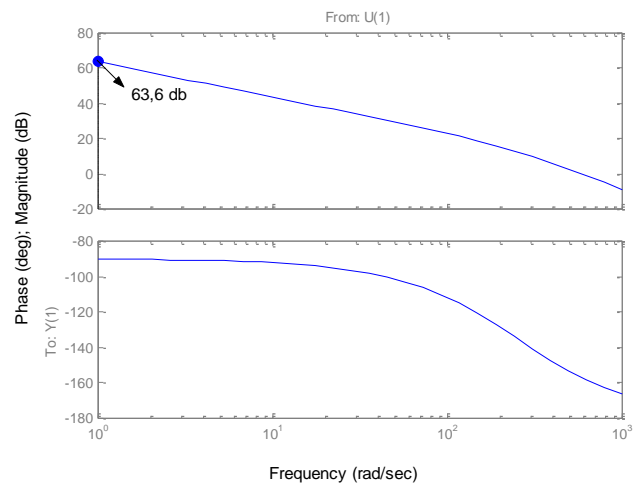
$$20 \log |G_c(j\omega)| = 20 \log |G_p(j\omega)| - 20 \log |G_o(j\omega)|$$

$$K = 10^{\frac{74,8-11,2}{20}} = 1513,56$$

$$G_c(s) = \frac{K}{s(0,004s+1)} = \frac{1513,56}{0,004s^2+s}$$

```
%plot bode diagram Gc(s)
num=[ 1513.56];
den=[0.004 1 0];
bode (num,den)
title ('Bode diagram dari
Gc(s)=1513,56/0,004s^2+s')
```

Bode diagram dari $G_c(s)=1513,56/0,004s^2+s$



Gambar 6. Bode diagram dari $G_c(s)$

Jika pada pembahasan sebelumnya menggunakan kompensator, maka selanjutnya akan di gunakan kontroler Proportional, Integrator (PI) sebagai pembanding, dalam kasus ini diinginkan kontroler PI sedemikian rupa sehingga output hasil desain menjadi dua kali lebih cepat dari respon awal $\tau = 0,004142$ detik = 0,004 detik menjadi $\tau^*=0,002$ detik.

Model matematis Plant:

$$G_p(s) = \frac{3.618}{0.004142s+1}$$

τ^* yang diinginkan ialah

$$\tau^* = \frac{1}{2} \tau = \frac{1}{2} 0.004 = 0.002$$

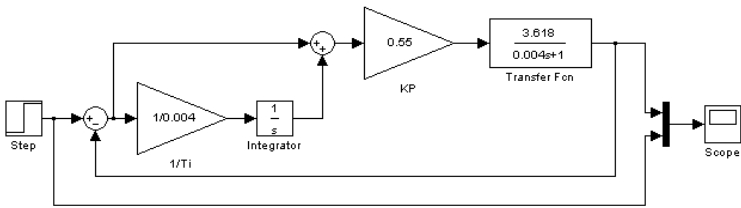
Parameter kontroler:

$$K = \text{gain overal} = 3,618$$

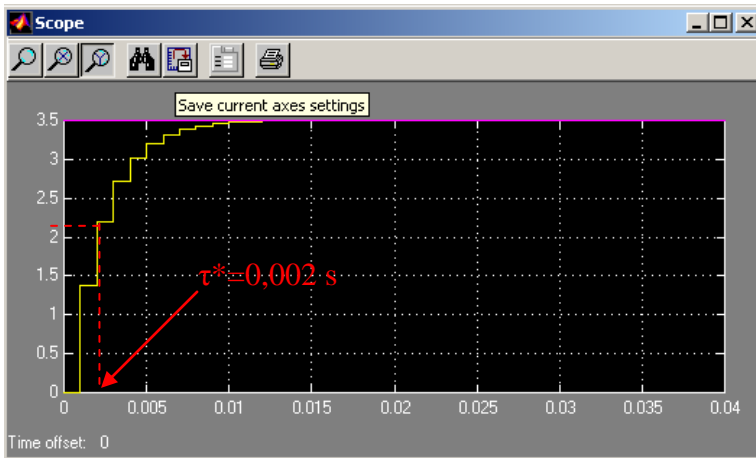
$$a_i = \tau = 0,004$$

$$K_p = \frac{\tau}{\tau^* K} = \frac{0,004}{0,002(3,618)} = 0,55$$

Berikut hasil simulasi simulink:



Gambar 7. Simulink diagram dari kontroler PI



Gambar 8. Hasil scope simulink diagram dari kontroler PI

Kesimpulan

1. kompensator pada pembahasan ini berfungsi sebagai perubah sifat dari plant, dalam hal ini plant berupa motor DC orde satu dengan tujuan output hasil desain menjadi dua kali lebih cepat dari respon awal.
2. Selain menggunakan kompensator kontroler PI juga dapat diterapkan pada pembahasan ini.