

SIMULASI PENGENDALIAN PENCAMPURAN TANGKI MENGGUNAKAN METODE ROUTH-HURWITZ DENGAN MATLAB

Oleh : Dody Wahjudi

Abstract

Automation control has significant role in human life, specifically for science and industry. Numerous modern applications are the rockets fire, space plane, robot and many others used system control principle. Control systems are necessary in industry operation, examples temperature control in tank, humidity air control in a room, and concentration control in mixing tank.

The principal process to produce a drink tea is mixing between sugar water and tea water. Level tea at mixture water must be controlled (stable) to have tea concentration equal value in each product. This sensor to monitor output concentration and the information is used to produce error signal. Routh-hurwitz criterion and bode plot are used to get system stability information, while root locus method used to design compensator.

The result of shows that the function of PID and lag-lead compensator are improving transient response and steady-state error. The function of lead compensator and PD are improving transient response, while the function of lag compensator and PI are improving steady-state error. Engineer can used compensator to make system have performs and steady state error appropriate with his specification.

Keyword : routh-hurwitz, bode plot, root locus, compensator.

1. Pendahuluan

Kendali otomatis mempunyai peran yang sangat besar dalam kehidupan manusia terutama dalam bidang ilmu pengetahuan dan industri. Sistem kendali sangat diperlukan dalam operasi-operasi industri contohnya adalah pengaturan suhu sebuah tangki, pengaturan kelembaban udara dan proses pembuatan minuman pada tangki pencampuran. Keuntungan sistem kendali adalah mempermudah dalam mendapatkan unjuk kerja dinamis, mempertinggi kualitas dan menurunkan biaya produksi.

2. Dasar Teori

Kompensasi adalah pengaturan suatu sistem agar memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Pendekatan yang dapat digunakan dalam mendesain dan mengkompensasi sistem kendali adalah pendekatan tempat kedudukan akar dan pendekatan tanggapan frekuensi. Sistem kendali didesain untuk menyelesaikan tugas tertentu yaitu meningkatkan kinerja sistem meliputi ketelitian, kestabilan relatif dan tanggapan kecepatan. Kompensator PD dan

lead berfungsi untuk memperbaiki keadaan transien sistem, sedangkan kompensator PI dan *lag* berfungsi untuk memperbaiki keadaan tunak sistem. Kompensator secara umum dibagi menjadi dua macam yaitu:

1. Kompensator PID

Kompensator PID merupakan kompensator yang menggabungkan karakteristik antara kompensator PI dengan kompensator PD. Dengan kompensator PID akan meningkatkan kesalahan keadaan tunak dan tanggapan transien. Fungsi alih alat kendali PID adalah:

$$G_c(s) = K \frac{(s + z_{PI})(s + z_{PD})}{s} \quad (1.1)$$

2. Kompensator *Lag-Lead*

Sedangkan kompensator *lag-lead* adalah gabungan karakteristik kompensator *lag* dengan kompensator *lead*. Kompensator ini juga akan meningkatkan kesalahan keadaan tunak dan tanggapan transien.

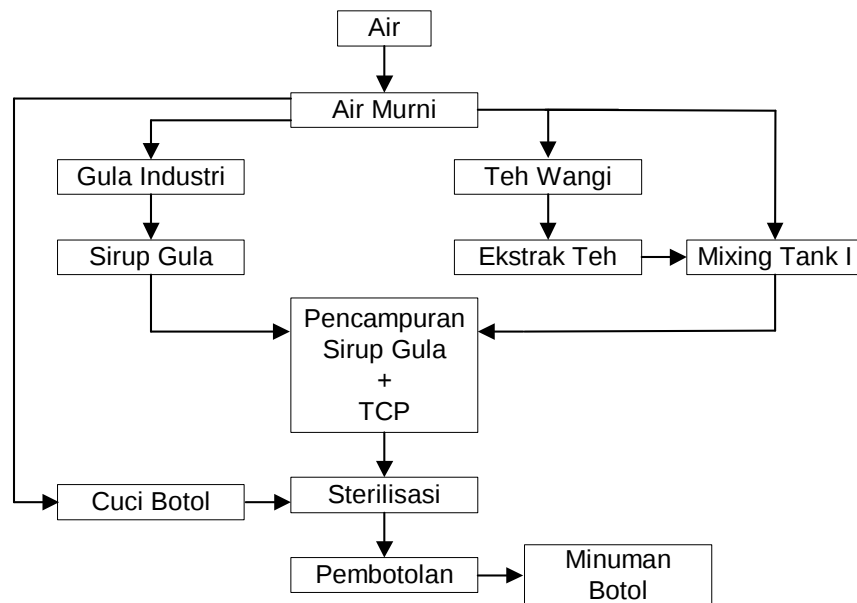
Alat kendali *lag-lead* memiliki fungsi alih:

$$G_c(s) = K \frac{(s + \frac{1}{T_1})(s + \frac{1}{T_2})}{(s + \frac{1}{\alpha T_1})(s + \frac{1}{\beta T_2})} \quad (1.2)$$

3. Metodologi Penelitian

Proses utama pembuatan minuman khususnya air teh adalah proses pencampuran air gula dan TCP (Teh Cair Pahit). Secara umum, teh terbuat dari seduhan teh wangi melati, difilter dan dicampur dengan sirup gula cair yang diperoleh dengan melarutkan gula pasir putih. Kadar teh dalam air campuran ini harus diatur agar memiliki konsentrasi yang tetap dan sesuai dengan yang diinginkan oleh konsumen.

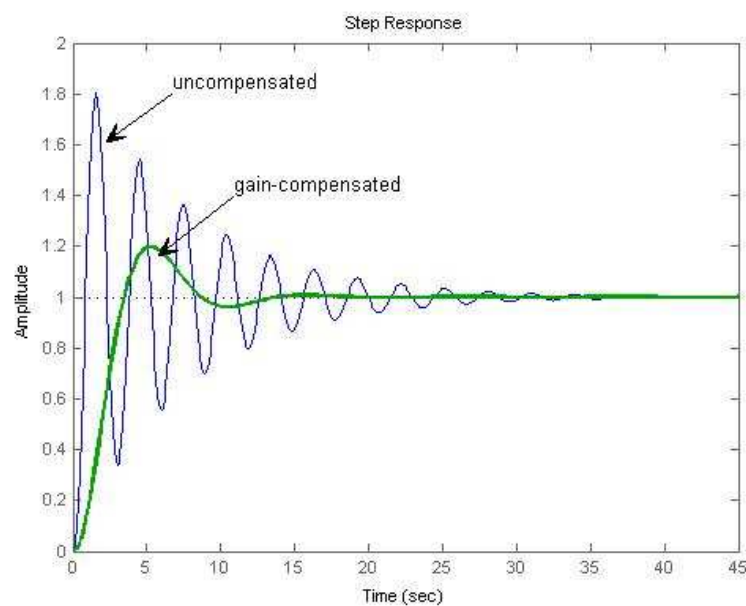
Proses pembuatan minuman dapat ditunjukkan pada gambar 1. dari gambat tersebut, dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan minuman yang memiliki kadar teh yang tetap, maka plant *mixing tank 1* yang merupakan tempat pencampuran ekstrak teh dengan air murni harus dikendalikan. Air campuran dari *mixing tank I* ini kemudian dipompakan menuju *mixing tank II*.



Gambar 1 Proses pembuatan minuman.

4. Pembahasan

Langkah awal yang dilakukan dalam perancangan kinerja suatu sistem adalah dengan perancangan penyesuaian *gain*. Apabila hasil dari perancangan gain belum memenuhi spesifikasi kinerja yang perancang harapkan, maka dapat dilakukan perancangan dengan menambahkan kompensator, dapat berupa kompensator PID maupun kompensator *lag-lead*.



Gambar 2 Perbandingan tanggapan sistem terhadap masukan undak

Tabel 1 Perbandingan kinerja dan kesalahan keadaan tunak sistem

	Uncompensated	Simulation	Gain-compensated K=0.099
Plant	$\frac{55,56}{s(s + 0,6667)(s + 11,7667)}$		$\frac{5,5004}{s(s + 0,6667)(s + 11,7667)}$
Kutub dominan	$-0,1347 \pm j2,1329$		$-0,311 \pm j0,607$
ζ	0,063		0,456
ω_n	2,1371		0,682
%OS	82%	80,5%	20%
T_s	29,71 s	28,3 s	12,3 s
T_p	1,473 s	1,59 s	5,3 s
T_r	0,461 s	0,515 s	2,3 s
K_v	7,0822		0,7011
$e(\infty)$	0,1412		1,4263
Kutub ketiga	-12,1639		-11,8114
Zero	Tidak ada		Tidak ada
Keterangan	Dapat didekati dengan sistem orde kedua		Dapat didekati dengan sistem orde kedua

Tabel 2 Perbandingan kinerja dalam kawasan frekuensi

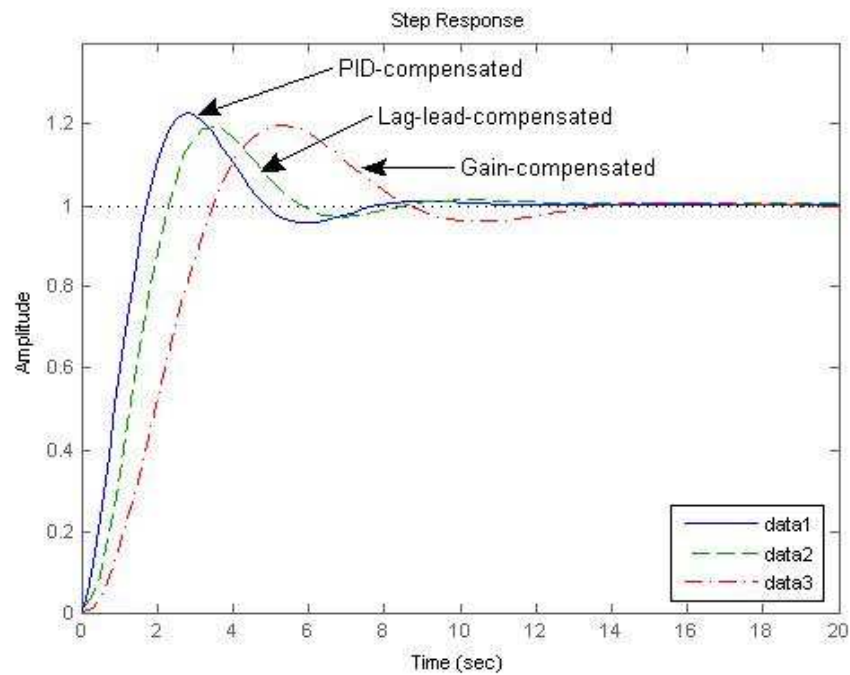
	Uncompensated	Gain-compensated K=0.099
Plant	$\frac{55,56}{s(s + 0,6667)(s + 11,7667)}$	$\frac{5,5004}{s(s + 0,6667)(s + 11,7667)}$
G_M	4,89 dB	25 dB
Φ_M	$7,43^0$	$48,2^0$
ω_G	2,8 rad/s	2,8 rad/s
ϖ_P	2,11 rad/s	0,543 rad/s
M_r	17,9 dB	1,78 dB
ϖ_r	2,13 rad/s	0,52 rad/s
BW	3,29 rad/s	0,893 rad/s

Tabel 3 Perbandingan kinerja *lead* dan *lag-lead*

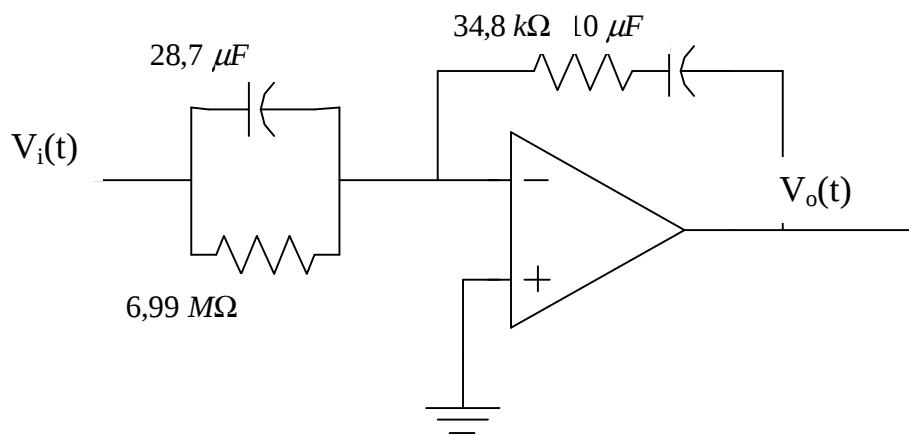
	Lead-compensated	Lag-lead-compensated
Plant	$\frac{55,56K}{s(s+1,1116)(s+11,7667)}$	$\frac{55,56(s+0,0093)K}{s(s+0,001)(s+1,1116)(s+11,7667)}$
Kutub dominan	$-0,496 \pm j0,968$	$-0,479 \pm j0,934$
K	0,254	0,242
ζ	0,456	0,456
ω_n	1,09	1,05
%OS	20%	20%
T_s	7,71 s	7,49 s
T_p	3,31 s	3,65 s
T_r	1,44 s	1,52 s
K_v	1,0789	9,56
$e(\infty)$	0,9269	0,1046
Kutub ketiga	-11,8863	-11,8723 -0,0094
Zero	Tidak ada	-0,0093

Tabel 4 Perbandingan kinerja PD dan PID-compensated

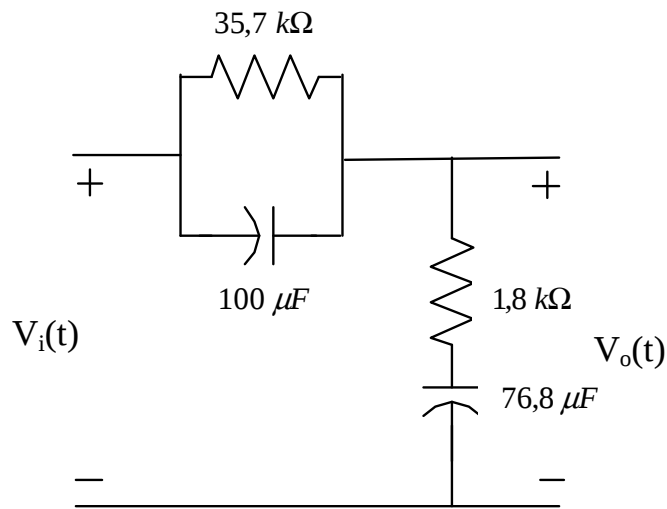
	PD-compensated	PID-compensated
Plant	$\frac{55,56(s+2,8687)K}{s(s+0,6667)(s+11,7667)}$	$\frac{55,56(s+2,8687)(s+0,005)K}{s^2(s+0,6667)(s+11,7667)}$
Kutub dominan	$-0,524 \pm j1,02$	$-0,514 \pm j1$
K	0,0944	0,0912
ζ	0,456	0,456
ω_n	1,15	1,13
%OS	20%	20%
T_s	7,02 s	7,07 s
T_p	2,78 s	2,83 s
T_r	1,21 s	1,23 s
K_v	1,9179	∞
$e(\infty)$	0,5214	0
Kutub ketiga	-11,3854	-11,4054 -0,005
Zero	-2,8687	-2,8687 -0,005



Gambar 3 Perbandingan tanggapan undak untuk ketiga buah sistem



Gambar 4 Rangkaian aktif kompensator PID yang dirancang



Gambar 5 Rangkaian pasif kompensator *lag-lead* yang dirancang

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Metode tempat kedudukan akar dan tanggapan frekuensi dapat digunakan untuk merancang suatu kompensator.
2. Secara umum kompensator berfungsi untuk memperbaiki keadaan transien dan kesalahan keadaan tunak sistem. Dimana kompensator *lead* dan PD berfungsi untuk memperbaiki keadaan transien, sedangkan kompensator *lag* dan PI lebih berfungsi untuk memperbaiki keadaan kesalahan tunak sistem.
3. Penggunaan kompensator dapat membuat sistem ke kinerja dan kesalahan keadaan tunak yang diinginkan.
4. Penggunaan kompensator PID dapat mengurangi kesalahan keadaan tunak menjadi nol, tetapi membutuhkan biaya relatif mahal, karena dibutuhkannya rangkaian aktif seperti *operational amplifiers*. Sedangkan pada kompensator *lag-lead* tidak dapat menghasilkan kesalahan keadaan tunak menjadi nol, tetapi memiliki biaya yang relatif murah.

6. Daftar pustaka

- Hanselman, D. & Littlefield, B. (Penerjemah Edyanto, J.), 1997, *Matlab Bahan Komputasi Teknis*, Andi, Yogyakarta.
- Kuo, B.C., 1995, *Automatic Control Systems*, Seventh Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Nise, N.S., 2004, *Control Systems Engineering*, Third Edition, John Willey & Sons, Inc., Amerika.
- Nagrath, I.J. & Gopal, M., 1982, *Control Systems Engineering*, Second Edition, Willey Eastern Limited, New Delhi Bangalore Bombay Calcutta Madras Hyderabad.
- Ogata, K., (Penerjemah Laksono, E.), 1996, *Teknik Kontrol Automatik Jilid I*, Erlangga, Jakarta.
- Ogata, K., (Penerjemah Laksono, E.), 1996, *Teknik Kontrol Automatik Jilid II*, Erlangga, Jakarta.
- Sukamto, S., 2005, *Perancangan Kendali PID dengan Matlab*, Jurnal Teknik Elektro Volume 5 Nomor 1, Jakarta.