

PERBAIKAN UNJUK KERJA SISTEM ORDE SATU DENGAN ALAT KENDALI INTEGRAL MENGGUNAKAN JARINGAN SIMULATOR MATLAB

Endryansyah

Pendidikan Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
syhryanend@yahoo.com

Abstrak

Untuk memperoleh suatu keluaran pada suatu harga tertentu (selain harga awal $U(0)$) pada sistem kendali dengan menggunakan alat kendali proporsional (P) diperlukan sinyal error. Akibatnya, akan menimbulkan adanya kesalahan statis atau offset, yaitu adanya perbedaan antara harga yang diinginkan (*setpoint*) dan harga keluaran sistem yang dikontrol pada kondisi tunak (*steady state*). Deviasi ini tidak dapat dihilangkan sama sekali hanya bisa diminimalkan dengan memperbesar penguatan alat kendali. Alat kendali integral (I) merupakan pengembangan alat kendali proporsional dan juga alat kendali multi posisi. Dibandingkan alat kendali proporsional, alat kendali integral mampu menghilangkan kesalahan statis. Dibandingkan alat kendali multi posisi, kendali ini mempunyai sifat, yang antara keluaran dan masukannya mempunyai hubungan kontinyu. Tidak seperti pada alat kendali dua posisi atau multi posisi yang mempunyai histeresis (daerah netral) yaitu daerah di mana perubahan sinyal masukan (*error*) tidak mempengaruhi sinyal keluaran. Untuk melihat unjuk kerja sistem ini digunakan jaringan simulator matlab.

Kata kunci : Kendali Proporsional, kendali Integral, orde-satu, jaringan simulator matlab.

Abstract

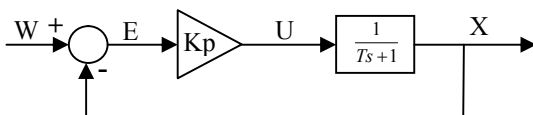
To obtain an output at a certain price (other than the initial price of $U(0)$) in the control system by using a proportional control (P) required error signal. As a result, will cause static error or offset, ie the difference between the desired (*setpoint*) and the output price-controlled systems at steady state. This deviation can not be eliminated altogether can only be minimized by increasing the reinforcement means of control. Tools integral control (I) is a development tool proportional control and also multi-position control device. Compared tool proportional control, integral control device capable of eliminating the static error. Compared to multi-position control device, the control has a nature, that between output and input has a continuous relationship. Unlike the two-position control device or multi-position having hysteresis (neutral area) is the area in which the change of the input signal (*error*) does not affect the output signal. To see the performance of this system is used network simulator matlab.

Keywords: Proportional control, Integral control, order-one, simulink matlab.

PENDAHULUAN

Tujuan utama pengendali adalah untuk menghasilkan keluaran yang membawa variabel terkendali ke dalam suatu besaran yang diinginkan, dengan cepat dan seteliti mungkin serta terhindar dari osilasi akibat adanya gangguan maupun perubahan sinyal referensi.

Pada sistem pengendali orde satu yang sederhana seperti Gambar 1.

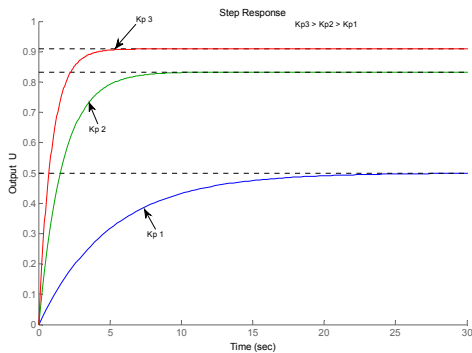


Gambar 1 : Sistem dengan pengendali Proporsional.

Fungsi alih dari sistem pada Gambar 1 adalah :

$$\frac{X(s)}{W(s)} = \frac{K_p}{Ts + K_p + 1} \quad (1)$$

Dengan menggunakan program Matlab, tanggapan undak satuan terhadap penguatan K_p yang berbeda. Dengan menggunakan program Matlab, tanggapan undak satuan terhadap penguatan K_p yang berbeda seperti pada Gambar 2. Dimana nilai $T = 1$, dan $K_{p3} = 10$, $K_{p2} = 5$, $K_{p1} = 1$.



Gambar 2 : Kurva tanggapan terhadap Kp

Dari Gambar 2, terlihat bahwa agar keluaran sistem akan mendekati nilai yang diinginkan maka nilai Kp harus diperbesar. Untuk mengatasi permasalahan ini digunakan alat kendali integral.

Alat kendali integral (I)

Pada alat kendali integral seperti di tunjukan pada Gambar 3, nilai masukan pengendali $u(t)$ diubah pada laju proporsional dari sinyal galat aktuasi $e(t)$, sehingga,

$$\frac{du(t)}{dt} = K_i e(t) \quad \text{atau} \quad u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \quad (2)$$

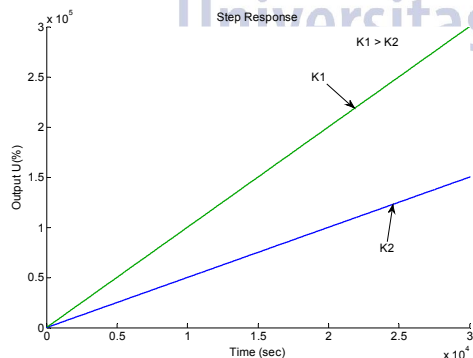
Dengan K_i adalah konstanta yang dapat diubah. Fungsi alih dari pengendali integral adalah :

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s} \quad (3)$$

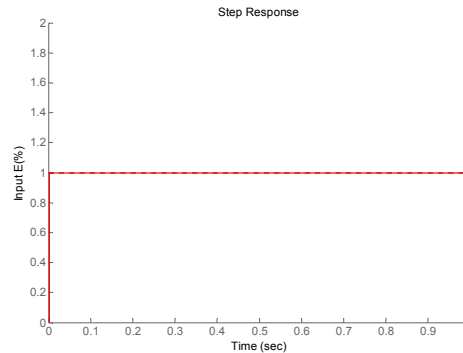


Gambar 3 : Pengendali Integral.

Hubungan antara masukan dan keluaran alat kendali integral adalah :



Gambar 4: Tanggapan alat kendali integral terhadap error tetap.



Gambar 5: Sinyal input alat kendali integral terhadap error tetap.

Pada Gambar 4, menunjukkan bahwa untuk sinyal error positif dan konstan, keluaran alat kendali akan naik terus. Kenaikan sinyal kendali akan tetap berlangsung sampai batas maksimum yang telah ditetapkan atau sesuai dengan kapasitas perangkat keras.

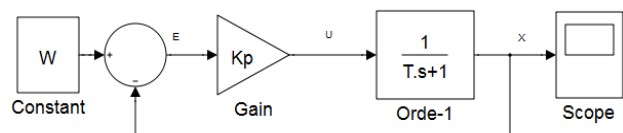
Diagram Percobaan

Penelitian unjuk kerja sistem orde-satu menggunakan jaringan simulator (*simulink*). Jaringan simulator (*simulink*) adalah salah satu alat bantu dalam matlab khusus untuk merancang, mensimulasikan, menerapkan, dan menguji berbagai sistem yang berbeda-beda, termasuk komunikasi, kontrol, pemrosesan sinyal, pemrosesan video, dan pengolahan gambar dalam bentuk diagram blok.

a) Percobaan sistem tanpa alat kendali integral

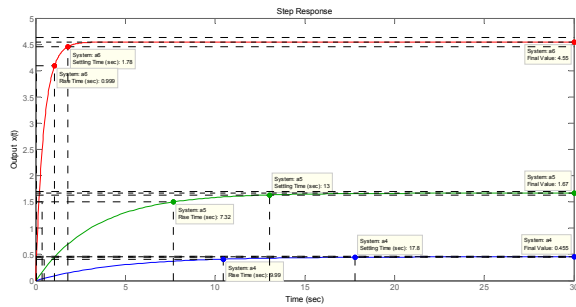
Dalam melakukan percobaan dengan jaringan simulator seperti Gambar 6, dilakukan pengamatan terhadap tanggapan sistem dengan pengesetan-pengesetan sebagai berikut:

- $T = 5s$; $w = 5V$; $K_p = 0,1$; $0,5$; dan 10
- $T = 0,5s$; $w = 5V$; $K_p = 0,1$; 1 ; dan 5
- $T = 10s$; $w = 5V$; $K_p = 0,1$; 1 ; dan 10

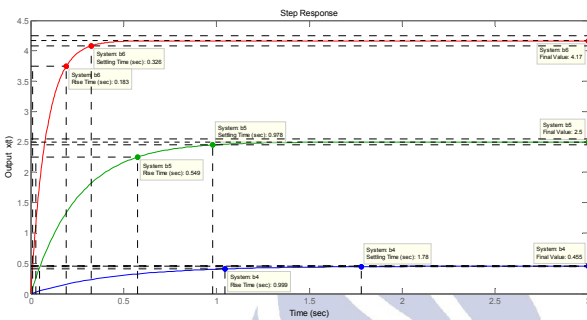


Gambar 6 : Sistem orde-1 tanpa kendali Integral

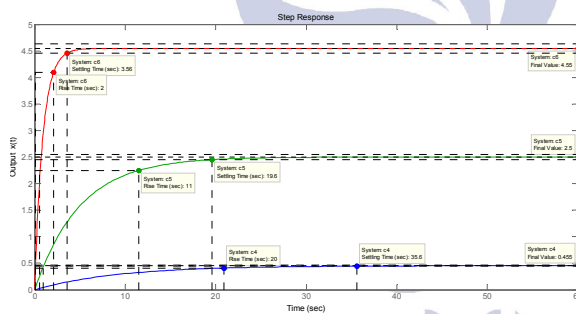
Hasil percobaannya seperti pada Gambar 7, 8 dan 9 serta Tabel 1.



Gambar 7: Keluaran sistem pada Gambar 6, dengan $T = 5s$; $w = 5V$; $K_p = 0, 0,5$; dan 10



Gambar 8: Keluaran sistem pada Gambar 6, dengan $T = 0,5s$; $w = 5V$; $K_p = 0,1$; 1 ; dan 5

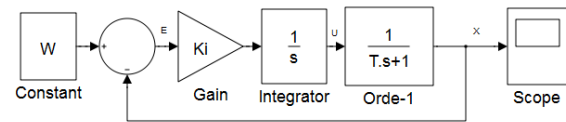


Gambar 9: Keluaran sistem pada Gambar 6, dengan $T = 10s$; $w = 5V$; $K_p = 0,1$; 1 ; dan 10

Tabel 1. Sistem orde-1 tanpa kendali Integral

K_p	$T(\text{det})$	$e(t)$	$t_r(\text{det})$	$t_s(\text{det})$	MO (%)	$x(t)$
0,1	5	4,55	9,99	17,8	0	0,455
0,5	5	3,33	7,32	13	0	1,67
10	5	0,45	0,99	1,78	0	4,55
0,1	0,5	4,55	0,99	1,78	0	0,455
1	0,5	2,5	0,549	0,978	0	2,5
5	0,5	0,83	0,183	0,326	0	4,17
0,1	10	4,55	20	35,6	0	0,455
1	10	2,5	11	19,6	0	2,5
10	10	0,45	2	3,56	0	4,55

Percobaan sistem dengan alat kendali integral

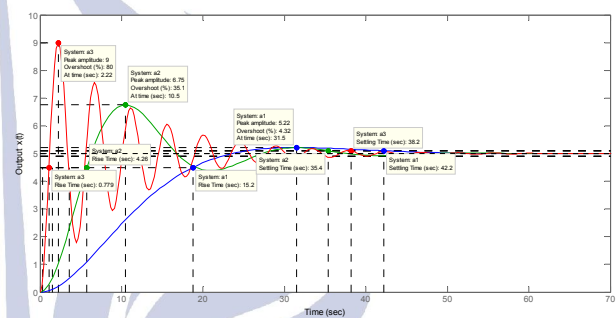


Gambar 10 : Sistem orde-1 dengan kendali Integral

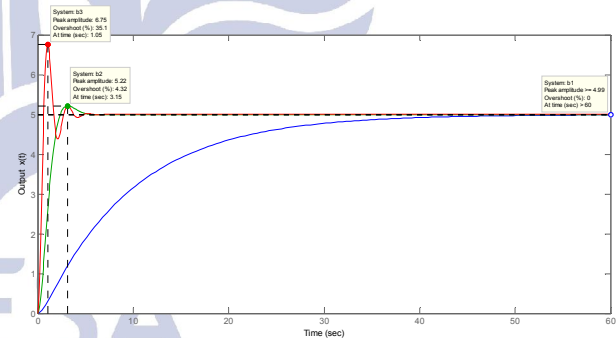
Pengamatan terhadap tanggapan sistem Gambar 10, dengan pengesetan-pengesetan berikut:

- $T = 5s$; $w = 5V$; $K_i = 0,1 \text{ s}^{-1}$; $0,5 \text{ s}^{-1}$; dan 10 s^{-1}
- $T = 0,5s$; $w = 5V$; $K_i = 0,1 \text{ s}^{-1}$; 1 s^{-1} ; dan 5 s^{-1}
- $T = 10s$; $w = 5V$; $K_i = 0,1 \text{ s}^{-1}$; 1 s^{-1} ; dan 10 s^{-1}

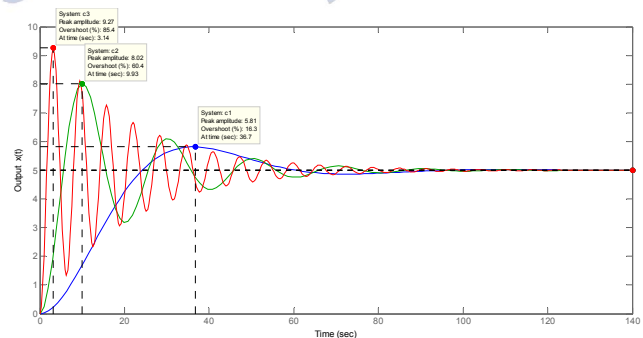
Hasil percobaannya seperti pada Gambar 11, 12 dan 13 serta Tabel 2.



Gambar 11: Keluaran sistem pada Gambar 10, dengan $T = 5s$; $w = 5V$; $K_i = 0,1 \text{ s}^{-1}$; $0,5 \text{ s}^{-1}$; dan 10 s^{-1}



Gambar 12: Keluaran sistem pada Gambar 5, dengan $T = 0,5s$; $w = 5V$; $K_i = 0,1 \text{ s}^{-1}$; 1 s^{-1} ; dan 5 s^{-1}



Gambar 13: Keluaran sistem pada Gambar 6, dengan $T = 10s$; $w = 5V$; $K_i = 0,1 \text{ s}^{-1}$; 1 s^{-1} ; dan 10 s^{-1}

Tabel 2. Sistem orde-1 dengan kendali Integral

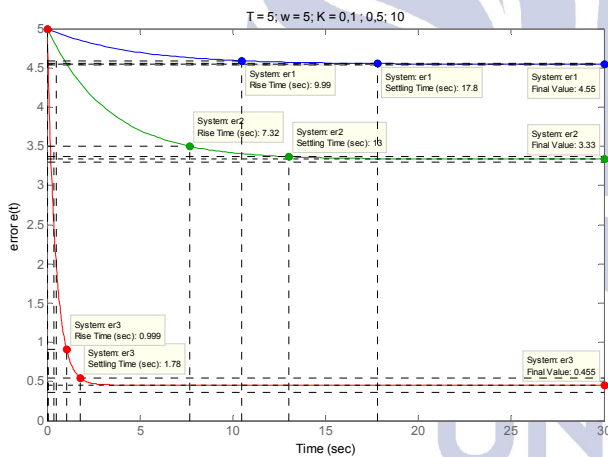
K_i	$T(\text{det})$	$e(t)$	$t_r(\text{det})$	$t_s(\text{det})$	MO (%)	$t_{MO}(\text{det})$	$x(t)$
0,1	5	0,04	9,99	17,8	4,32	31,5	5,04
0,5	5	0,35	7,32	13	35,1	10,5	5,35
10	5	0,8	0,999	1,78	80	2,22	5,8
0,1	0,5	0,09	20,9	37,6	0	>60	4,91
1	0,5	0,04	1,52	4,22	4,32	3,15	5,04
5	0,5	0,35	0,42	3,54	35,1	1,05	5,35
0,1	10	0,16	16,4	80,8	16,3	36,7	5,16
1	10	0,6	3,74	73,1	60,4	9,93	5,6
10	10	0,85	1,08	76	85,4	3,14	5,85

Analisa Percobaan.

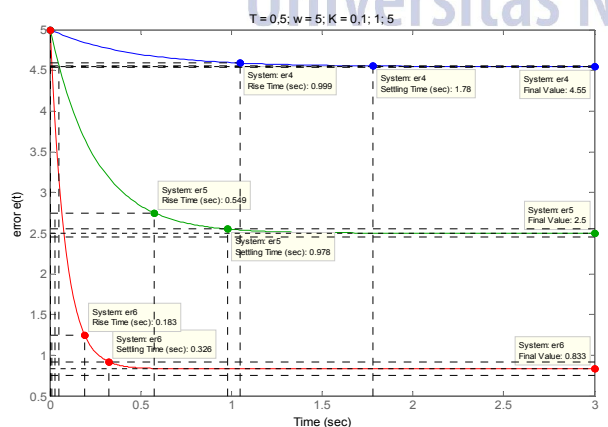
Sistem tanpa alat kendali integral.

Berdasarkan data hasil pengukuran pada Tabel 1, terlihat bahwa dengan konstanta waktu T konstan, maka keluaran sistem $x(t)$ akan semakin naik dengan menaikkan harga K_p . Sebaliknya, apabila K_p konstan dan nilai T berubah, maka keluaran $x(t)$ konstan dengan waktu naiknya t_r akan semakin cepat apabila nilai T semakin kecil.

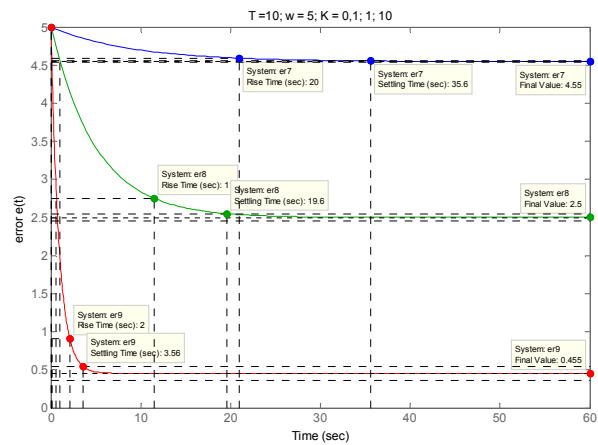
Semakin besarnya keluaran sistem $x(t)$, maka error $e(t)$ semakin kecil.



Gambar 14: Error sistem $e(t)$ pada Gambar 6, dengan $T = 5s$; $w = 5V$; $K_p = 0,1 ; 0,5$; dan 10



Gambar 15: Error sistem $e(t)$ pada Gambar 6, dengan $T = 0,5s$; $w = 5V$; $K_p = 0,1 ; 1$; dan 5.



Gambar 16: Error sistem $e(t)$ pada Gambar 6, dengan $T = 10s$; $w = 5V$; $K_p = 0,1 ; 1$; dan 10.

Sistem dengan alat kendali integral

Dari gambar 9, fungsi alih antara sinyal galat $E(s)$ dan sinyal masukan $W(s)$ adalah :

$$\frac{X(s)}{W(s)} = \frac{K_i}{Ts^2 + s + K_i} \quad (4)$$

$$\frac{E(s)}{W(s)} = \frac{W(s) - C(s)}{W(s)} \quad (5)$$

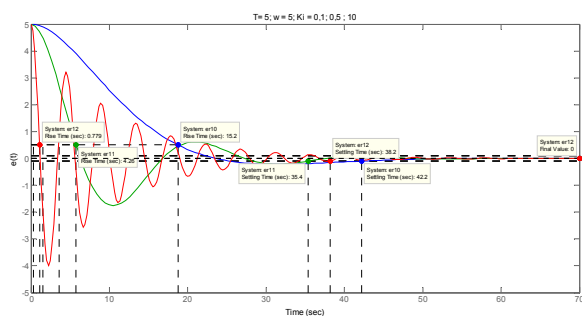
$$\frac{E(s)}{W(s)} = \frac{Ts^2 + s}{Ts^2 + s + K_i} \quad (6)$$

Dari Gambar 10, 11 dan 12 terlihat sistem stabil, maka kesalahan keadaan tunak untuk tanggapan undak satuan (*unit step*) diperoleh dengan menggunakan teorema nilai akhir sebagai berikut :

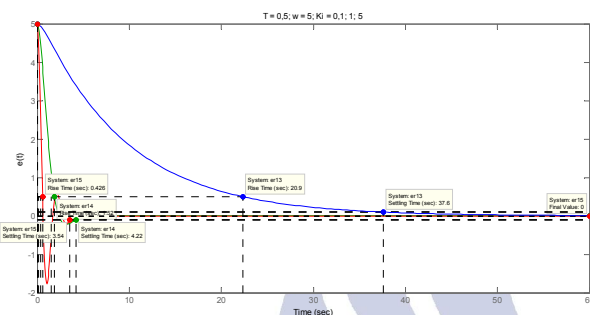
$$e(s)_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} sE(s) \quad (7)$$

$$e(s)_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s(Ts + s)}{Ts^2 + s + K_i} \cdot \frac{1}{s} = 0$$

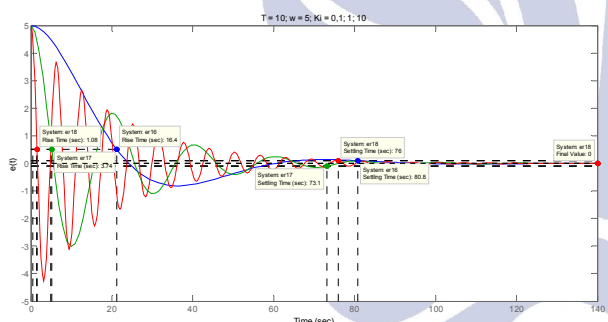
Jadi kendali integral pada sistem orde satu meniadakan galat keadaan tunak pada tanggapan terhadap masukan undak (*step*). Ini merupakan perbaikan yang penting dari kendali proporsional yang menimbulkan *offset*.



Gambar 17: Error sistem $e(t)$ pada Gambar 10, dengan $T = 5s$; $w = 5V$; $K_i = 0,1$; $0,5$; dan 10



Gambar 18: Error sistem $e(t)$ pada Gambar 10, dengan $T = 0,5s$; $w = 5V$; $K_i = 0,1$; 1 ; dan 5 .



Gambar 19: Error sistem $e(t)$ pada Gambar 10, dengan $T = 10s$; $w = 5V$; $K_i = 0,1$; 1 ; dan 10

Pengontrol integral dimanfaatkan untuk menghindari timbulnya sinyal galat tetap juga dapat memperbesar overshoot dan memperlambat tanggapan waktu transien.

DAFTAR PUSTAKA

Benyamin C, Kuo, 2000. *Automatic Control System*, Prentice Hall.

Joseph J Distefano. 1992. *Sistem Pengendalian dan Umpanbalik*. Jakarta. Penerbit Erlangga.

Kartono W, dkk. 1996. *Petunjuk Praktikum Teknik Pengendalian*. Bandung. Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik.

Ogata, 1997. *Modern Control System* 3rd Ed, Prentice Hall International.Inc.

Raven, G. 1995. *Automatic Control Engineering*, McGraw-Hill.

Tarmukan. 1995. *Teknik Pengaturan Otomatis*. Bandung. Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik.

Kesimpulan

Sistem kendali orde satu tanpa alat kendali integral mempunyai keluaran sebanding dengan sinyal galat (*error*) yang diberikan dan waktu yang diperlukan oleh tanggapan (t_r) untuk naik dari 10%-90% serta waktu untuk mencapai dan tinggal dalam daerah sekitar nilai akhir (t_s) (biasanya 2% atau 5%) akan lebih cepat dengan harga K_p yang diperbesar.

Sistem kendali orde satu dengan alat kendali integral mempunyai perubahan keluaran yang tergantung pada penguatan K_i . Dengan error yang sama waktu yang diperlukan oleh tanggapan (t_r) untuk naik dari 10%-90% serta waktu untuk mencapai dan tinggal dalam daerah sekitar nilai akhir (t_s) (biasanya 2% atau 5%) akan lebih cepat dengan harga K_i yang diperbesar.