



EET620208-DASAR SISTEM KENDALI

Analisis Kestabilan Sistem Routh Hurwitz – Root Locus

Pengampu :

Umi Murdika, S.T., M.T.

Muhammad Fikri, M.Eng.

Ir. Anisa Ulya Darajat, S.T. M.T.

Sumadi, S.T., M.T.

Pustaka

1. Katsuhiko Ogata, Modern Control Engineering, Prnetice Hall, 2010, 5h edition,
2. Norman S. Nise, Control System Engineering, John Wiley, 2011, 6h edition
3. Made Santo Gitakarma, S.T., M.T., Sistem Kendali Disertai Contoh Soal dan Penyelesaian, Graha Ilmu (2013)

Kegiatan Perkuliahan Berdasarkan RPS

9	Mampu merancang, menganalisis, dan mengevaluasi sistem kendali dengan menggunakan metode klasik (Root Locus, Bode, Routh).	Analisis Sistem: Sistem orde dua	Bentuk: Kuliah Metode: • Ceramah • Diskusi Media: Proyektor, Komputer Sumber Belajar: vclass.unila.ac.id, PU: 1, 2, 3 PP: 3, 4	<u>TM</u> : 3x50' <u>PT</u> : 3x50' <u>BM</u> : 3x60'	Menganalisis sistem orde dua dan menjelaskan hasil analisisnya.	Non tes: • Tanya jawab Tes: • UTS • Tugas Terstruktur (Mandiri)	Ketepatan menganalisis sistem dan ketepatan penjelasannya.	5
---	--	----------------------------------	---	--	---	--	--	---

Konsep Kestabilan

- Suatu sistem dinyatakan stabil jika semua kutub loop tertutup berada pada sebelah kiri bidang s
- Analisa kestabilan Routh digunakan untuk menentukan jumlah kutub loop tertutup yang berada pada bidang sebelah kanan bidang s

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{b_0s^m + b_1s^{m-1} + \dots + b_{m-1}s + b_m}{a_0s^n + a_1s^{n-1} + \dots + a_{n-1}s + a_n} = \frac{B(s)}{A(s)}$$

- a_i, b_i adalah konstanta, $m < n$
- Pole loop tertutup diperoleh dengan memfaktorkan polinomial $A(s)$
- Pe $a_0s^n + a_1s^{n-1} + \dots + a_{n-1}s + a_n = 0$

Langkah Analisa Kestabilan Routh

1. Tulis persamaan karakteristik sistem :

$$a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n = 0$$

Anggap bahwa $a_n \neq 0$ sehingga terdapat akar nol yang dihilangkan.

2. Pastikan bahwa semua koefisien harus *positip*.

Jika terdapat koefisien nol atau negatif terdapat akar atau akar imajiner yang mempunyai bagian real positip. Dalam hal ini, sistem tidak stabil.

Langkah Analisa Kestabilan Routh

- Jika semua koefisien > 0 , susun ke- n baris dan kolom sesuai pola berikut

s^n	a_0	a_2	a_4	a_6	...
s^{n-1}	a_1	a_3	a_5	a_7	...
s^{n-2}	b_1	b_2	b_3	b_4	...
s^{n-3}	c_1	c_2	c_3	c_4	...
s^{n-4}	d_1	d_2	d_3	d_4	...
...	...	...			...
s^2	e_1	e_2			
s^1	f_1				
s^0	g_1				

Langkah Analisa Kestabilan Routh

- Koefisien $b_1, b_2, b_3, \dots$, dan seterusnya dihitung sebagai berikut :

$$b_1 = \frac{a_1 a_2 - a_0 a_3}{a_1} \quad b_2 = \frac{a_1 a_4 - a_0 a_5}{a_1} \quad b_3 = \frac{a_1 a_6 - a_0 a_7}{a_1}$$

dan seterusnya sampai semua sisa nol

- Pola yang sama digunakan untuk perhitungan c's, d's, e's dan seterusnya.

$$c_1 = \frac{b_1 a_3 - a_1 b_2}{b_1} \quad c_2 = \frac{b_1 a_5 - a_1 b_3}{b_1} \quad c_3 = \frac{b_1 a_7 - a_1 b_4}{b_1}$$

Langkah Analisa Kestabilan Routh

$$d_1 = \frac{c_1 b_2 - b_1 c_2}{c_1} \quad d_2 = \frac{c_1 b_3 - b_1 c_3}{c_1} \quad \text{dst...}$$

- Proses ini diteruskan sampai baris ke-n secara lengkap.
 - Susunan lengkap dari koefisien berbentuk segitiga (triangular)
4. Jumlah akar persamaan karakteristik dengan bagian real positif sama dengan jumlah perubahan tanda dari koefisien kolom pertama.

Note

- Harus diperhatikan bahwa nilai yang tepat pada kolom pertama tidak dipentingkan, hanya **perubahan tanda** yang harus diperhatikan. Syarat perlu dan syarat cukup agar sistem stabil, adalah semua koefisien pada kolom pertama mempunyai tanda positif

Contoh

Diberikan sistem dinamik sbb:

$$a_0 s^3 + a_1 s^2 + a_2 s + a_3 = 0$$

Buat Tabel Routh:

s^3	a_0	a_2
s^2	a_1	a_3
s^1	$\frac{a_1 a_2 - a_0 a_3}{a_1}$	
s^0	a_3	

Terlihat bahwa sistem stabil bila:

$$a_1 a_2 > a_0 a_3$$

Tugas

Periksa kondisi kestabilan persamaan polinomial berikut,

$$s^4 + 10s^3 + 35s^2 + 50s + 24 = 0$$

$$s^4 + 4s^3 - 7s^2 - 22s + 24 = 0$$

$$s^4 - 5s^2 + 20s + 24 = 0$$

Dengan menggunakan kriteria kestabilan Routh.

ROOT LOCUS

- ROOT = akar-akar
- LOCUS = tempat kedudukan
- ROOT LOCUS;
- representasi path dari *closed loop pole* ketika nilai K (gain) dirubah..

Untuk apa?

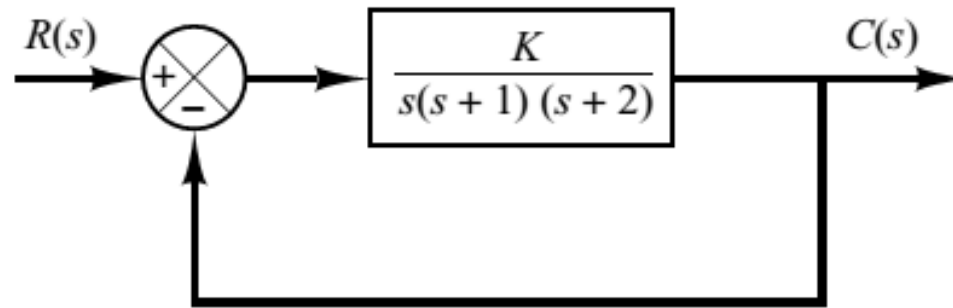
- Tempat kedudukan akar-akar persamaan karakteristik dari sebuah sistem pengendalian proses
- Digunakan untuk menentukan **stabilitas sistem tersebut**: selalu stabil atau ada batas kestabilannya?

Dua Cara Penggambaran ROOT LOCUS

- Cara 1: Mencari akar-akar persamaan karakteristik pada tiap inkremen harga K_c (controller gain)
- Cara 2: Didasarkan pada pengalaman
 - Mencari harga *pole* dan *zero*
 - Menentukan harga *breakaway point*, *center of gravity*, asimtot
 - Mencari harga ω_u (titik potong dengan sumbu imajiner, menggunakan substitusi langsung)

Latihan

- Gambarkan root locus dari sistem di bawah ini



Terimakasih