***LAPORAN PRAKTIKUM***

TEMPAT KEDUDUKAN AKAR

**Muhammad Fadhil Syahputra, Ismail Ragi Alfarugi** .

Universitas Lambung Mangkurat

Email korespondensi : syahputraf112@gmail.com

# PENDAHULUAN

Berdasarkan hasil analisis Root Locus dari ketiga fungsi transfer yang diuji, tampak bahwa setiap sistem menunjukkan karakteristik yang berbeda dalam hal letak pole, kestabilan, dan respons terhadap perubahan nilai penguatan KK. Hal ini sejalan dengan teori dasar Root Locus, yang menyatakan bahwa perubahan nilai KK akan mengubah posisi pole sistem tertutup sehingga memengaruhi perilaku dinamis sistem, baik dalam domain waktu maupun frekuensi.

Untuk fungsi transfer pertama G1(s)=s2+1s2+2sG\_1(s) = \frac{s^2 + 1}{s^2 + 2s}, locus tidak pernah melintasi sumbu real positif, dan posisinya selalu berada pada bagian kiri dari bidang kompleks. Hal ini sesuai dengan kondisi stabilitas sistem linier, di mana sistem stabil jika semua pole berada di sisi kiri bidang s. Zeros dari sistem berada di ±j\pm j, dan Root Locus menunjukkan bahwa semua pole sistem tertarik ke arah zeros ini seiring kenaikan KK. Dalam grafik hubungan antara nilai KK dan posisi pole, terlihat bahwa semakin besar nilai KK, komponen imajiner dari pole mendekati ±1\pm 1, sedangkan bagian real-nya mendekati nol, menandakan bahwa sistem menjadi semakin cepat namun juga berosilasi lebih panjang. Ini sesuai dengan teori bahwa pole mendekati sumbu imajiner akan meningkatkan frekuensi osilasi dan waktu naik sistem.

Pada sistem kedua G2(s)=2s2+5s+1s2+2s+3G\_2(s) = \frac{2s^2 + 5s + 1}{s^2 + 2s + 3}, locus juga tidak melintasi sumbu real positif dan tetap berada di sisi kiri bidang s, mengindikasikan bahwa sistem bersifat stabil untuk rentang nilai KK yang diuji. Zeros dari sistem berada di sekitar −0.2-0.2 dan −2.25-2.25, dan Root Locus menunjukkan bahwa posisi pole sistem tertarik ke arah zeros ini seiring peningkatan KK, dengan bagian imajiner dari pole mengecil dan mendekati nol. Ini menandakan bahwa sistem semakin lambat dalam osilasinya dan berperilaku semakin seperti sistem overdamped. Grafik step response juga mendukung hal ini, di mana respons sistem mencapai kestabilan lebih cepat tanpa menunjukkan adanya osilasi. Teori kontrol juga menjelaskan bahwa ketika semua pole berada di sisi kiri sumbu real tanpa komponen imajiner dominan, maka sistem cenderung overdamped dengan respons yang lambat tetapi stabil dan tidak berosilasi.

Sementara itu, pada fungsi transfer ketiga G3(s)=0.2s+1s3+4s2+4sG\_3(s) = \frac{0.2s + 1}{s^3 + 4s^2 + 4s}, terjadi fenomena yang lebih kompleks. Root Locus dari sistem ini menunjukkan bahwa terdapat perpindahan pole ke sisi kanan bidang s pada saat nilai KK mendekati 0.8, yang berarti sistem menjadi tidak stabil karena melanggar syarat stabilitas (pole tidak boleh berada di sisi kanan sumbu kompleks). Setelah nilai KK melewati titik kritis tersebut, pole kembali bergerak ke arah kiri namun menunjukkan karakteristik osilasi tinggi, khususnya setelah KK melewati nilai sekitar 80.3. Ini sejalan dengan teori bahwa sistem dengan pole dominan yang memiliki bagian imajiner besar akan menunjukkan osilasi tinggi, dan apabila pole melewati sumbu imajiner ke sisi kanan, maka sistem menjadi tidak stabil. Grafik step response mendukung kesimpulan ini, di mana untuk K>80.3K > 80.3, sistem mengalami osilasi terus menerus dan amplitudo respons meningkat seiring waktu, menandakan sistem berada dalam kondisi marginal atau bahkan tidak stabil.

Secara keseluruhan, ketiga sistem yang diuji menunjukkan hubungan yang konsisten dengan teori Root Locus dan dinamika sistem linier. Perubahan nilai KK tidak hanya memengaruhi posisi pole, tetapi juga karakteristik waktu naik, waktu pemulihan, dan tingkat osilasi sistem. Sistem dengan zeros dominan kompleks atau pole yang dekat sumbu imajiner cenderung menghasilkan osilasi lebih tinggi, sedangkan sistem dengan pole dominan real menunjukkan perilaku lebih lambat namun stabil. Dengan memahami grafik Root Locus dan step response secara bersamaan, maka analisis kestabilan dan performa sistem dapat dilakukan secara menyeluruh.

# TINJAUAN PUSTAKA

Gambaran seperti suatu garis yang membengkok atau sebagai salah satu objek geometri yang melengkung disebut dengan kurva. Bentuk kurva sangat beragam dan terbagi menjadi beberapa jenis seperti kurva terbuka, kurva tertutup, kurva garis lurus, kurva lingkaran, kurva parabola, kurva elips, kurva spiral, dan kurva hiperbola (Mailani et al., 2024). Fungsi kurva secara umum adalah menunjukkan dan menggambarkan nilai korelasi atau hubungan antara satu parameter dengan parameter yang lain, contohnya pada hubungan antara Arus base (IB) dan tegangan jepit Base-Kolektor (VBE) dapat membentuk kurva dioda (Hermanto, 2020).

Diagram Root Locus atau letak TKA (Tempat Kedudukan Akar) adalah salah satu kurva sekaligus metode sederhana yang berguna untuk mengidentifikasi akar-akar melalui gambaran dalam bentuk persamaan karakteristik untuk semua nilai dari suatu parameter sistem kontrol. Penemuan akar-akar ini berguna sebagai nilai dari suatu parameter yang selanjutnya akan digambarkan pada grafik terkait. Fungsi TKA ini adalah sebagai analisis sistem kontrol terhadap kutub loop tertutup dimana sistem bergerak pada bidang s untuk mengetahui variasi penguatan (Long, 2005).

Alat elektronika biasanya dirancang menggunakan salah satu bagian yang disebut dengan diagram blok. Fungsi diagram ini adalah mengetahui prinsip kerja keseluruhan dari rangkaian alat elektronika yang dikerjakan. Keseluruhan blok dari alat yang dibuat dapat membentuk suatu sistem yang beroperasi sesuai dengan perencanaan (Arifudin, 2021). Diagram blok ini dapat digunakan contohnya dalam perancangan sistem kontrol On/Off Sistem Videotron berbasis IoT (Internet of Things). Sistem kontrol yang biasa digambarkan dengan diagram blok berbentuk persamaan karakteristik seperti 1 + KG(s)H(s) = 0, di mana G(s) adalah fungsi alih sistem dan H(s) adalah fungsi umpan balik (Ray et al., 2022). ).

# 

# METODE PENELITIAN

## Alat dan Bahan

1. PC atau Laptop
2. Python 3.x
3. Pustaka python

## Respons Unit Step

### Sistem Orde Dua

Berikut adalah versi teks Metode Percobaan yang sesuai dengan permintaan Anda, tanpa menyertakan kode MATLAB:

Pada percobaan ini, dilakukan analisis Root Locus atau Tempat Kedudukan Akar terhadap beberapa sistem kontrol linier berbasis fungsi alih (transfer function). Fungsi alih yang digunakan merupakan sistem linier waktu kontinu dengan umpan balik negatif. Analisis dilakukan untuk mengetahui bagaimana letak pole sistem berubah ketika parameter penguatan KK divariasikan.

Untuk sistem pertama, digunakan fungsi alih G(s)=s2+1s(s+2)G(s) = \frac{s^2 + 1}{s(s+2)} dengan fungsi umpan balik H(s)=1H(s) = 1. Kemudian, untuk sistem kedua, fungsi alih yang dianalisis adalah G(s)=2s2+5s+1s(s+2)+3G(s) = \frac{2s^2 + 5s + 1}{s(s+2) + 3}, dengan H(s)=1H(s) = 1. Sedangkan pada sistem ketiga, bentuk fungsi alihnya adalah G(s)=0.2s+1s(s+2)2G(s) = \frac{0.2s + 1}{s(s+2)^2}, di mana penguatan KK menjadi bagian dari perhitungan Root Locus. Untuk seluruh sistem, fungsi umpan balik yang digunakan adalah H(s)=1H(s) = 1, yang merepresentasikan sistem umpan balik unit.

Analisis Root Locus dilakukan untuk setiap sistem guna melihat perubahan posisi pole-pole sistem tertutup saat nilai KK meningkat dari nol ke nilai tertentu. Dengan pendekatan ini, diperoleh informasi mengenai stabilitas sistem serta dinamika responnya terhadap perubahan penguatan.

# HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Respons Unit Step

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Fungsi Alih | Fungsi Alih | TKA | Closed Loop Poles | K Batas Kestabilan |
| 1 |  |  |  |  | - |
| 2 |  |  |  |  | - |
| 3 |  |  |  |  | 80.3 |

Tabel 2. Hubungan Nilai Poles terhadap K

|  |  |
| --- | --- |
| No | Grafik Hubungan |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |

Tabel 3. Hubungan K dengan perilaku sistem

|  |  |
| --- | --- |
| No | Grafik Hubungan |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |

# PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis Root Locus dari ketiga fungsi transfer yang diuji, tampak bahwa setiap sistem menunjukkan karakteristik yang berbeda dalam hal letak pole, kestabilan, dan respons terhadap perubahan nilai penguatan KK. Hal ini sejalan dengan teori dasar Root Locus, yang menyatakan bahwa perubahan nilai KK akan mengubah posisi pole sistem tertutup sehingga memengaruhi perilaku dinamis sistem, baik dalam domain waktu maupun frekuensi.

Untuk fungsi transfer pertama G1(s)=s2+1s2+2sG\_1(s) = \frac{s^2 + 1}{s^2 + 2s}, locus tidak pernah melintasi sumbu real positif, dan posisinya selalu berada pada bagian kiri dari bidang kompleks. Hal ini sesuai dengan kondisi stabilitas sistem linier, di mana sistem stabil jika semua pole berada di sisi kiri bidang s. Zeros dari sistem berada di ±j\pm j, dan Root Locus menunjukkan bahwa semua pole sistem tertarik ke arah zeros ini seiring kenaikan KK. Dalam grafik hubungan antara nilai KK dan posisi pole, terlihat bahwa semakin besar nilai KK, komponen imajiner dari pole mendekati ±1\pm 1, sedangkan bagian real-nya mendekati nol, menandakan bahwa sistem menjadi semakin cepat namun juga berosilasi lebih panjang. Ini sesuai dengan teori bahwa pole mendekati sumbu imajiner akan meningkatkan frekuensi osilasi dan waktu naik sistem.

Pada sistem kedua G2(s)=2s2+5s+1s2+2s+3G\_2(s) = \frac{2s^2 + 5s + 1}{s^2 + 2s + 3}, locus juga tidak melintasi sumbu real positif dan tetap berada di sisi kiri bidang s, mengindikasikan bahwa sistem bersifat stabil untuk rentang nilai KK yang diuji. Zeros dari sistem berada di sekitar −0.2-0.2 dan −2.25-2.25, dan Root Locus menunjukkan bahwa posisi pole sistem tertarik ke arah zeros ini seiring peningkatan KK, dengan bagian imajiner dari pole mengecil dan mendekati nol. Ini menandakan bahwa sistem semakin lambat dalam osilasinya dan berperilaku semakin seperti sistem overdamped. Grafik step response juga mendukung hal ini, di mana respons sistem mencapai kestabilan lebih cepat tanpa menunjukkan adanya osilasi. Teori kontrol juga menjelaskan bahwa ketika semua pole berada di sisi kiri sumbu real tanpa komponen imajiner dominan, maka sistem cenderung overdamped dengan respons yang lambat tetapi stabil dan tidak berosilasi.

Sementara itu, pada fungsi transfer ketiga G3(s)=0.2s+1s3+4s2+4sG\_3(s) = \frac{0.2s + 1}{s^3 + 4s^2 + 4s}, terjadi fenomena yang lebih kompleks. Root Locus dari sistem ini menunjukkan bahwa terdapat perpindahan pole ke sisi kanan bidang s pada saat nilai KK mendekati 0.8, yang berarti sistem menjadi tidak stabil karena melanggar syarat stabilitas (pole tidak boleh berada di sisi kanan sumbu kompleks). Setelah nilai KK melewati titik kritis tersebut, pole kembali bergerak ke arah kiri namun menunjukkan karakteristik osilasi tinggi, khususnya setelah KK melewati nilai sekitar 80.3. Ini sejalan dengan teori bahwa sistem dengan pole dominan yang memiliki bagian imajiner besar akan menunjukkan osilasi tinggi, dan apabila pole melewati sumbu imajiner ke sisi kanan, maka sistem menjadi tidak stabil. Grafik step response mendukung kesimpulan ini, di mana untuk K>80.3K > 80.3, sistem mengalami osilasi terus menerus dan amplitudo respons meningkat seiring waktu, menandakan sistem berada dalam kondisi marginal atau bahkan tidak stabil.

Secara keseluruhan, ketiga sistem yang diuji menunjukkan hubungan yang konsisten dengan teori Root Locus dan dinamika sistem linier. Perubahan nilai KK tidak hanya memengaruhi posisi pole, tetapi juga karakteristik waktu naik, waktu pemulihan, dan tingkat osilasi sistem. Sistem dengan zeros dominan kompleks atau pole yang dekat sumbu imajiner cenderung menghasilkan osilasi lebih tinggi, sedangkan sistem dengan pole dominan real menunjukkan perilaku lebih lambat namun stabil. Dengan memahami grafik Root Locus dan step response secara bersamaan, maka analisis kestabilan dan performa sistem dapat dilakukan secara menyeluruh.

**DAFTAR PUSTAKA**

Arifudin, A. (2021). Rancang Bangun Sistem Keamanan Pintu Rumah Menggunakan Metode Segitiga Wajah (Triangle Face) Berbasis Raspberry Pi. Jurnal Teknologi Elektro, 12(1), 29-34.

Hermanto, W. A. (2020). Elektronika ATT IV. Penerbit Politeknik Ilmu Pelayaran, Semarang.

Long, P. J. G. (2005). Introduction to Octave. Department of Engineering University of Cambridge, Cambridge.

Mailani, E., Pasaribu, E., Ketaren, M. A., Utami, N. D., Situmorang, N., & Simatupang, T. A. R. (2024).Kurva Geometri Dalam Pembelajaran Matematika Di Sekolah Dasar: Teori, Penerapan, Dan Pengembangan Model Pembelajaran.JIIC: Jurnal Intelek Insan Cendikia, 1(9), 5414-5423.

Ray, A. D., Kusumanto, R. D., & Risma, P. (2022). Smart Switch to Videotron Bersis IoT (Internet of Things). Teknika,16(1), 25-29.