

Uji Kestabilan Kecepatan Putar Motor DC Terkendali Jangkar Dengan Metode Persamaan Karakteristik

Morgant Pongsapan Patabang¹, Nicolaus Allu², Hestikah Eirene Patoding³.

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia Paulus

^{2,3} Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia Paulus

Jalan. Perintis Kemerdekaan Km.13, Daya, Tamalanrea, Makassar 90245

Morgantpongsapan.ixf@gmail.com, nick.allu14@gmail.com, hestikah@ukipaulus.ac.id.

Email korespondensi: Morgantpongsapan.ixf@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi menghadapi peningkatan yang signifikan. Salah satu dari kemajuan teknologi saat ini yaitu motor DC yang sering dipakai dalam keperluan peralatan kantor, industri, maupun rumah tangga. Akan tetapi permasalahan yang sering terjadi pada penggunaan motor DC adalah bagaimana kestabilan kecepatan putar motor DC bisa berjalan dengan baik, melalui tinjauan perilaku atau karakteristik sistem. Untuk mengatasi permasalahan yang ada maka pada penelitian ini menggunakan metode persamaan karakteristik untuk dapat menentukan stabil tidaknya suatu sistem (plant). Dari penelitian ini diperoleh analisis kestabilan dari sistem dengan fungsi alih loop terbuka berhasil dilakukan, terlihat bahwa tidak ada overshoot yang terjadi dan kondisi steady state (sistem stabil) membutuhkan waktu 2,9 detik. Untuk analisis kestabilan dari sistem dengan fungsi alih loop tertutup berhasil dilakukan, terlihat bahwa tidak ada overshoot yang terjadi dan kondisi steady state (sistem stabil) membutuhkan waktu 2,5 detik. Dari pengujian fungsi alih sistem dengan metode persamaan karakteristik dengan Matlab dari model motor DC terkendali jangkar diperoleh bahwa sistem bersifat stabil karena bagian nyata dari akar-akar persamaan karakteristik semuanya memiliki nilai negatif yaitu -9,74 dan -2,25. Kemudian untuk hasil perhitungan dengan analisis matematik dapat dibuktikan untuk mencari akar-akar persamaan karakteristiknya dengan menggunakan rumus ABC yaitu $s_1 = -2,2583$ dan $s_2 = -9,7417$. **Kata kunci:** Motor DC terkendali jangkar, fungsi alih, persamaan karakteristik.

Kata Kunci: Motor DC terkendali jangkar, fungsi alih, persamaan karakteristik.

Abstract

Technological developments face significant improvements. One of the current technological advances is DC motors which are often used for industrial, office and household equipment. However, the problem that often occurs when using DC motors is how stable the rotational speed of the DC motor can run well, through reviewing the behavior or characteristics of the system. To overcome existing problems, this research uses the characteristic equation method to determine whether a system (plant) is stable or not. From this research, it was found that the stability analysis of the system with an open loop transfer function was successfully carried out, it can be seen that no overshoot occurred and the steady state condition (stable system) took 2.9 seconds. For the stability analysis of the system with a closed loop transfer function to be successfully carried out, it can be seen that no overshoot occurs and the steady state condition (stable system) takes 2.5 seconds. From testing the transfer function of the system using the characteristic equation method with Matlab from the anchor controlled DC motor model, it was found that the system is stable because the real parts of the roots of the characteristic equation all have negative values, namely -9.74 and -2.25. Then the calculation results using mathematical analysis can be proven to find the roots of the characteristic equation using the ABC formula, namely $s_1 = -2,2583$ and $s_2 = -9,7417$.

Keywords: Armature controlled DC motor, transfer function, characteristic equation.

1. Pendahuluan

Salah satu kemajuan teknologi saat ini yaitu adanya motor DC yang sering digunakan dalam keperluan peralatan industri, kantor maupun peralatan rumah tangga. Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada penggunaan motor DC adalah bagaimana kestabilan kecepatan putar motor DC bisa berjalan

dengan baik melalui suatu sudut tinjauan perilaku atau karakteristik sistem.

Gustria Imanuella (2019) yang berjudul "Sistem Kendali Motor DC dengan Metode Ziegler Nichols" PID sering digunakan dalam dunia industri disebabkan ketangguhannya dalam mengatasi permasalahan. [1]

Merlin (2021) yang berjudul “Analisis Kestabilan Kecepatan Putar Motor DC Terkendali Jangkar dengan Metode Root Locus”. [2]

Nuwolo & Kusmanto (2014). Pengendalian posisi menggunakan motor menjadi hal yang penting saat ini, terutama di industri. [3]

Dalam penelitian Elisabeth (2022), yang berjudul “Uji Kestabilan Kecepatan Putar Motor DC dengan Metode Routh”. Untuk mengatasi permasalahan yang ada maka penelitian ini menggunakan Kriteria Routh dengan menggunakan Matlab sebagai salah satu metode yang dapat menentukan stabil tidaknya suatu sistem (plant). [4]

Waluyo, Fitriansyah, & Syahrial (2013). Kecepatan motor DC sering tidak stabil akibat gangguan dari luar maupun perubahan parameter dan torsi beban sehingga perlu dilakukan rancangan kontroler. [5]

Tujuan dari analisis ini agar dapat mengetahui perilaku dari motor DC tersebut saat beroperasi apakah sistem stabil atau tidak, untuk mengetahui stabil tidaknya putaran motor maka dapat diuji dengan metode persamaan karakteristik. Metode Ziegler Nichols yang diimplementasikan untuk mendapatkan kombinasi parameter Kp, Ki dan Kd dari kontroler PID namun memiliki kekurangan yaitu ketika terjadi perubahan sistem maka harus dilakukan penalaan kembali terhadap parameter-parameter PID dan Metode analisa yang menggunakan berbagai formula untuk dianalisa dalam mendapatkan hasil yang sesuai namun juga membutuhkan waktu yang lama.

Dari analisis yang telah dilakukan, maka penulis tertarik menjalankan uji kestabilan menggunakan metode persamaan karakteristik terhadap kinerja motor DC terkendali jangkar untuk menagani masalah atau persoalan-persoalan yang mungkin terjadi karena metode ini memiliki penalaan dalam menentukan stabil tidaknya sebuah sistem.

2. Metode

Tentunya untuk memperoleh suatu sistem yang baik maka metode dan teknik yang ada dalam menjalankan proses penelitian tidak dapat dipisahkan. Tiga metode penelitian digunakan dalam artikel ini:

1. Penelitian Perpustakaan
Dalam metode ini, tinjauan pustaka bertujuan untuk membahas konsep-konsep yang digunakan.
2. Pengumpulan data
Metode ini dilakukan pengumpulan data berupa parameter dari motor DC terkendali jangkar yang bersumber dari dosen pembimbing.
3. Perancangan dan simulasi
Metode ini dilakukan dengan memasukkan parameter dari motor DC terkendali jangkar kemudian dan hasilnya dibandingkan dengan analisis matematik.

3. Hasil dan Pembahasan

Perancangan dan simulasi memakai motor DC terkendali jangkar.

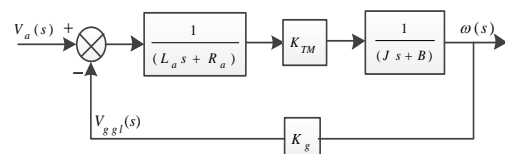
3.1 Memasukkan Parameter Motor DC Terkendali Jangkar, dan Blok Diagram

Untuk menentukan fungsi alih dari suatu sistem maka perlu diketahui parameter-parameter dari plant yang akan dirancang. Berikut akan ditampilkan parameter-parameter motor DC terkendali jangkar.

Tabel 1. Parameter motor DC terkendali jangkar Type 73186 class

No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1.	Tegangan Jangkar	Va	220	Volt
2.	Tahanan Jangkar	Ra	1	Ohm
3.	Induktansi jangkar	La	0,5	H
4.	Konstanta gesekan/friction	B	0,1	Nmsec ² /rad
5.	Momen Inersia	J	0,01	Kg.m ²
6.	Konstanta Torsi Motor	K _{TM}	0,01	N.m/A
7.	Konstanta GGL lawan	K _g	0,01	V/rad/s

Untuk blok diagram dapat dilihat seperti gambar 2 sebagai berikut



Gambar 1. Blok diagram model motor DC terkendali jangkar

Sehingga diperoleh fungsi alih seperti berikut,

$$\frac{\omega(s)}{V_a(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

misalkan: $G(s) = \frac{K_{TM}}{(L_a s + R_a)(J s + B)}$

$$H(s) = K_g$$

$$\frac{\omega(s)}{V_a(s)} = \frac{K_{TM}}{L_a s^2 + (L_a B + R_a J)s + (R_a B + K_{TM} K_g)} \quad (1)$$

3.2 Perancangan Fungsi Alih Loop Terbuka

Untuk fungsi alih loop terbuka dapat diperlihatkan blok diagram seperti pada berikut:



Gambar 2. Blok diagram loop terbuka

Dengan memasukkan parameter yang ada pada tabel 1 pada persamaan (1.1) diperoleh model matematis sebagai berikut:

$$\frac{\omega(s)}{V_a(s)} = \frac{0,01}{0,005s^2 + 0,06s + 0,1} \times \frac{200}{200} \quad (\text{Note: Dikalikan 200 agar nilainya tidak desimal})$$

$$G(s) = \frac{\omega(s)}{V_a(s)} = \frac{2}{s^2 + 12s + 20} \quad (2)$$

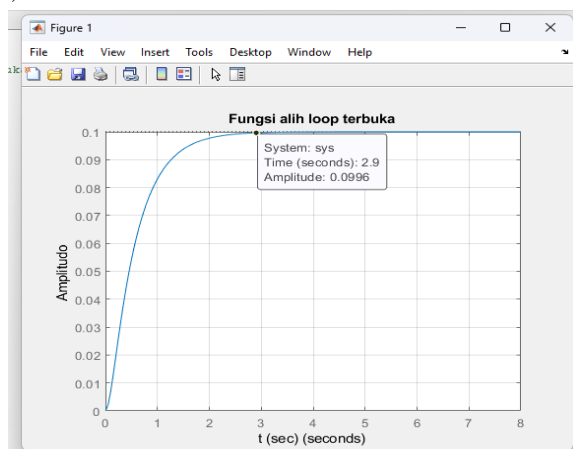
Selanjutnya menuliskan listing program persamaan (2) seperti gambar (3) berikut,

```

Editor: DiDebug/MatlabSim_1.m
1 - clear all
2 - clc
3 % Menentukan Fungsi Alih Loop Terbuka
4 - num = [0 0 2];
5 - den = [1 12 20];
6 - v = [0 5 0 1 4];
7 - axis([v]);
8 - t = 0:0.05:8;
9 - step(num,den,t);
10 - grid
11 - title('Fungsi alih loop terbuka');
12 - xlabel('t (sec)');
13 - ylabel('Amplitudo');
    
```

Gambar 3. Listing Program

Maka akan muncul hasil program berupa gambar grafik fungsi alih loop terbuka dari kecepatan putar motor DC terkendali jangkar seperti pada gambar (3)

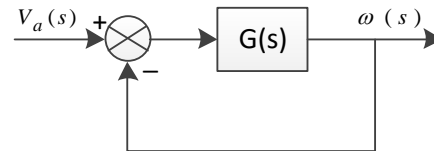


Gambar (4). Grafik fungsi alih loop terbuka

Dari grafik fungsi alih loop terbuka dari Gambar 4 di atas, terlihat bahwa tidak ada overshoot yang terjadi dan kondisi steady state (sistem stabil) membutuhkan waktu 2,9 detik.

3.3 Perancangan Fungsi Alih Loop Tertutup

Untuk fungsi alih loop tertutup dapat diperlihatkan blok diagram seperti pada Gambar 4 berikut:



Gambar 5. Blok diagram loop tertutup

Persamaan fungsi alih loop tertutup dituliskan sebagai berikut:

$$G(s) = \frac{\omega(s)}{V_a(s)} = \frac{\frac{2}{s^2 + 12s + 20}}{1 + \frac{2}{s^2 + 12s + 20}} = \frac{2}{s^2 + 12s + 22} \quad (3)$$

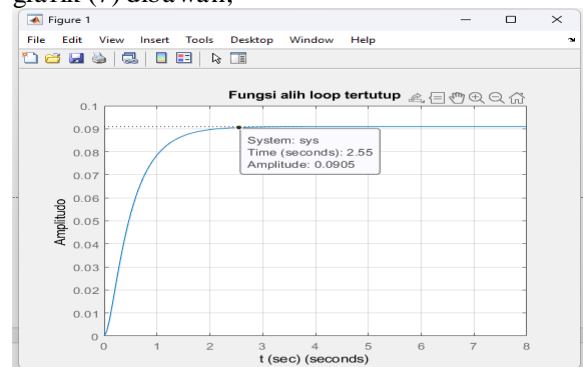
Selanjutnya menuliskan listing program persamaan (3) seperti gambar (6) berikut,

```

Editor: DiDebug/MatlabSim_2.m
1 - clear all
2 - clc
3 % Menentukan Fungsi Alih Loop Tertutup
4 - num = [0 0 2];
5 - den = [1 12 22];
6 - v = [0 5 0 1 4];
7 - axis([v]);
8 - t = 0:0.05:8;
9 - step(num,den,t);
10 - grid
11 - title('Fungsi alih loop tertutup');
12 - xlabel('t (sec)');
13 - ylabel('Amplitudo');
    
```

Gambar 6. Listing Program

Maka akan muncul hasil program berupa gambar grafik fungsi alih loop tertutup dari kecepatan putar motor DC terkendali jangkar seperti pada gambar grafik (7) di bawah,



Gambar (7). Grafik fungsi alih loop tertutup

Dari grafik fungsi alih loop tertutup dari Gambar 7 di atas, terlihat bahwa tidak ada overshoot yang terjadi dan kondisi steady state (sistem stabil) membutuhkan waktu 2,55 detik.

3.4 Perancangan Kendali Dengan Metode Persamaan Karakteristik dengan Matlab

3.5

3.4.1 Pembuktian Dengan Matlab

Dalam perancangan kendali dengan kriteria persamaan karakteristik ini dimana dalam menganalisis digunakan program Matlab dengan fungsi alih dari model motor DC terkendali jangkar.

Fungsi alih loop terbuka yang ditulis dalam program matlab sebagai berikut:

$$G(s) = \frac{\omega(s)}{V_a(s)} = \frac{2}{s^2 + 12s + 20}$$

Selanjutnya menuliskan listing program fungsi alih loop terbuka seperti pada persamaan (2)

```

1 -> cdc
2 -> clear all
3 -> close all
4 -> close all hidden
5
6 -> num = [0 0 2];
7 -> den = [1 12 20];
8
9 % Fungsi Alih Loop Terbuka
10 -> sys_ol = tf(num,den);
11
12 % Fungsi Alih Loop Tertutup
13 -> sys_cl = feedback(sys_ol,1);
14
15 % Akar-akar Persamaan Karakteristik
16 -> p = pole(sys_cl)
    
```

Gambar 8. Listing Program

Maka akan muncul hasil program berupa akar-akar persamaan karakteristik dari kecepatan putar motor DC terkendali jangkar sebagai berikut,

```

Command Window

p =
    -9.7417
    -2.2583
    >>
    
```

Gambar 9. Akar-Akar Persamaan Karakteristik Sistem pada Gambar 4.18 stabil karena bagian nyata dari akar-akar persamaan karakteristik semuanya bernilai negatif yaitu $-9,7417$ dan $-2,2583$.

3.4.2 Pembuktian Dengan Analisis Matematik

Untuk membuktikannya dengan analisis matematik untuk mencari akar-akar persamaan karakteristik dapat dilakukan dengan rumus ABC sebagai berikut:

Diketahui fungsi alih loop tertutup dari motor DC terkendali jangkar sebagai berikut,

$$G(s) = \frac{2}{s^2 + 12s + 22}$$

dimana: $a = 1$, $b = 12$, $c = 22$

$$\begin{aligned} \text{Rumus ABC: } s^2 &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-12 \pm \sqrt{12^2 - 4(1)(22)}}{2(1)} \\ &= \frac{-12 \pm \sqrt{144 - 88}}{2} = \frac{-12 \pm 7,4833}{2} \end{aligned}$$

$s_1 = -2,2583$ dan $s_2 = -9,7417$

Dari hasil perhitungan dengan analisis matematik, dapat dibuktikan untuk mencari akar-akar persamaan karakteristiknya dengan rumus ABC dan hasilnya sama dengan menggunakan metode persamaan karakteristik dengan menggunakan program Matlab.

4. Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan, permodelan, dan pengujian simulasi menggunakan Matlab, maka disimpulkan sebagai berikut:

1. Dengan memodelkan sistem dari model matematis ke fungsi alih loop tertutup untuk kecepatan putar motor DC terkendali jangkar berhasil dilakukan.
2. Dari hasil perhitungan dengan analisis matematik, dapat dibuktikan untuk mencari sistem stabil dengan akar-akar persamaan karakteristiknya dengan rumus ABC dan hasilnya sama dengan menggunakan metode persamaan karakteristik dengan menggunakan program Matlab yaitu $s_1 = -2,2583$ dan $s_2 = -9,7417$. Karena kedua akar-akarnya negatif maka sistem tersebut stabil.

Ungkapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat. Baik itu pimpinan program studi, dosen-dosen, staff pegawai Program Studi Teknik Elektro UKI Paulus Makassar dan juga keluarga yang telah memberi dukungan.

Daftar Pustaka

- [1] Dimas Prasetyo (2020), Desain Pengendali Model Reference Adaptive Control (MRAC) Dengan Kombinasi PD Untuk Mengendalikan Keseimbangan Pada Sistem Ball And Beam. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- [2] Elisabeth (2022). Uji Kestabilan Kecepatan Putar Motor DC dengan Metode Routh. Skripsi Teknik elektro UKIP Makassar.
- [3] Gustria Emanuela (2019). Desain PID Controller pada Motor DC menggunakan Simulink dengan

- Metode Ziegler Nichols. Skripsi Teknik Elektro UKIP Makassar.
- [4] Gunaidi Abdia Away (2010), MATLAB Programming, Penerbit Informatika Bandung.
 - [5] Harifuddin (2008). Pemodelan dan Pengendalian Motor DC Terkendali Jangkar. Jurnal MEDIA ELEKTRIK, Volume 3 (Nomor 1, Juni).
 - [6] <https://rahasiabelajar.com/pengertian-motor-dc/>. Diakses pada tgl 30 Oktober 2023 jam 18.00 Wita.
 - [7] Juhari (2017), Modul Praktikum Matlab. Pengantar ilmu Komputer SAINTEK UIN-Malang.
 - [8] Katsuhiko, O. (1994). *Solving Control Engineering Problems with MATLAB*. Prentice Hall International, Inc : Prentice Hall.
 - [9] Katsuhiko, O. (1970). Teknik Kontrol Automatik, Edisi 2 Jilid 1. Jakarta: Prentice Hall.
 - [10] Merlin (2021), Analisis Kestabilan Kecepatan Putar Motor DC dengan Metode Root Locus. Skripsi Teknik Elektro UKIP Makassar.
 - [11] Nicolaus Allu (2018), Sistem Kendali (Teori dan Contoh Soal Dilengkapi dengan Penyelesaian Menggunakan Matlab), Penerbit Deepublish CV. Budi Utama.
 - [12] Nuwolo, A. and Kusmanto, A. (2014) 'Pengendali posisi Motor DC dengan PID menggunakan Metode Root Locus', Jurnal MEDIA ELEKTRIKA, pp. 1–7.
 - [13] Pinem, A. (2009) Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan Integral Siklus Kontrol (Aplikasi Pada Laboratorium Konversi Energi Listrik FT-USU). Skripsi Universitas Sumatera Utara Medan.
 - [14] Rosalina, dkk (2017) 'Analisis Pengaturan Kecepatan Motor DC menggunakan Kontrol PID', *Seminar Nasional TEKNOKA*, pp. 89–94.
 - [15] Wahyu Caesarendra (2016), Panduan Belajar mandiri Matlab, Penerbit PT. Elex Media Komputindo.