

Perancangan dan Analisis Sistem Kendali Kecepatan Putar Motor DC dengan Pengendali Proporsional

Frietz Chrismanto¹, Nicolaus Allu², Hestikah Eirene Patoding³

e-mail: Frietzperdana12@gmail.com¹, nick.allu14@gmail.com²,
hestikah@ukipaulus.ac.id³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia
Paulus Makassar

Jl. Perintis Kemerdekaan No.Km.13, Daya, Kec. Tamalanrea, Kota
Makassar, Sulawesi Selatan 90245

Abstrak: Motor DC sering digunakan di berbagai industri. Kecepatan motor DC biasa mengalami stabil akibat gangguan baik dari luar maupun parameter yang diubah dari pabrikasinya sehingga perlu melakukan rancangan pengendali. Pengendalian dan monitoring kecepatan putar motor DC dalam sebuah sistem proses sangat penting perannya dalam implementasi di industri. Pengendali putaran motor DC dengan metode Proporsional merupakan sebuah sistem yang memanfaatkan pengendalian Proporsional untuk melakukan pengendalian terhadap kecepatan motor DC, agar dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkan apabila diberi beban. Pada penelitian ini dilakukan perancangan pengendali kecepatan motor DC terkendali jangkar dengan metode pengendali Proporsional (K_p) agar putaran motor DC terkendali jangkar tetap konstan ketika terbebani. Dari hasil perancangan dan simulasi dengan Matlab untuk fungsi alih sistem tanpa pengendali diperoleh sistem stabil dengan waktu 3,3 detik dan tidak ada *overshoot* yang terjadi, untuk fungsi alih sistem dengan pengendali proporsional untuk $K_p = 25$ diperoleh sistem stabil dengan waktu 1,8 detik dan tidak ada *overshoot* yang terjadi, untuk fungsi alih sistem dengan pengendali proporsional untuk $K_p = 50$ diperoleh sistem stabil dengan waktu 1,4 detik dan tidak ada *overshoot* yang terjadi, untuk fungsi alih sistem dengan pengendali proporsional untuk $K_p = 75$ diperoleh sistem stabil dengan waktu 1,5 detik dan tidak ada *overshoot* yang terjadi, untuk fungsi alih sistem dengan pengendali proporsional untuk $K_p = 100$ diperoleh sistem stabil dengan waktu 1,3 detik dan tidak ada *overshoot* yang terjadi serta untuk fungsi alih sistem dengan pengendali proporsional untuk $K_p = 125$ diperoleh sistem stabil dengan waktu 2,2 detik dan tidak ada *overshoot* yang terjadi.

Kata-kata Kunci: Motor DC terkendali jangkar, pengendali Proporsional, fungsi alih

TITLE REPRESENTS CONTENTS TEXT, BRIEF, WRITTEN NOT SPECIFIC, AND NOT MORE THAN FOURTEEN WORDS

Abstract: DC motors are often used in various industries.. The speed of DC motors is often unstable due to external disturbances or changes in manufacturing parameters, so it is necessary to design a controller. Controlling and monitoring the rotational speed of DC motors in a process system plays a very important role in industrial implementation. DC motor rotation control using the Proportional method is a system that utilizes Proportional control to control the speed of the DC motor, so that it can maintain the desired speed when given a load. In this research, an anchor-controlled DC motor speed controller was designed using the Proportional (K_p) control method so that the rotation of the anchor-controlled DC motor remains constant when it is loaded. From the results of design and simulation with Matlab for the system transfer function without a controller, it was

obtained that the system was stable with a time of 3.3 seconds and no overshoot occurred, for the system transfer function with a proportional controller for $K_p = 25$, the system was stable with a time of 1.8 seconds and no overshoot occurs, for the transfer function of the system with a proportional controller for $K_p = 50$ a stable system is obtained with a time of 1.4 seconds and no overshoot occurs, for the transfer function of the system with a proportional controller for $K_p = 75$ a stable system is obtained with a time of 1.5 seconds and no overshoot occurs, for the system transfer function with a proportional controller for $K_p = 100$ the system is stable with a time of 1.3 seconds and no overshoot occurs and for the system transfer function with a proportional controller for $K_p = 125$ the system is obtained stable with a time of 2.2 seconds and no overshoot occurred.

Keywords: Armature controlled DC motor, Proportional controller, transfer function

PENDAHULUAN

Industri skala kecil hingga besar berkembang di berbagai negara di seluruh dunia sebagai alat utama untuk mendukung proses produksi karena kebutuhan manusia akan produk yang dihasilkan dan volume produksinya harus seimbang. penggunaan mesin industri, prosedur, dan jumlah yang cukup. Namun, kenyataan tentang penggunaan mesin dapat dipelajari dalam kehidupan sehari-hari, baik di dalam maupun di luar rumah, gedung, atau tempat umum. Misalnya, sistem konveyor dapat menggunakan kontrol, penggulung plastik, dll. Mesin Pemutar dan Kendaraan yang memerlukan kecepatan tetap.

Penelitian dan pengembangan teknologi untuk diterapkan pada mesin terus dilakukan hingga tercapai hasil yang efisien dan efektif. Salah satu pengembangan yang sedang berlangsung dalam teknologi motor khususnya di bidang akademik adalah pengendalian motor arus searah (DC).

Agar motor DC dapat berputar dengan stabil, pengendalian sistem gerak pada perangkat beban dan ketepatan kecepatan motor DC sangatlah penting. Metode kontrol yang berlaku untuk kontrol kecepatan motor DC adalah Kontrol Proporsional Loop Tertutup. Pengendalian proporsional merupakan salah satu metode pengendalian yang sering digunakan dalam dunia teknik pengendalian. Kontroler ini sangat mudah diimplementasikan dibandingkan dengan kontroler lainnya dan sering digunakan pada mesin industri.

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, penulis tertarik mencoba melakukan perancangan dan menganalisis kecepatan putar motor DC terkendali jangkar dengan pengendali Proporsional.

Alifa Restu Janwar Wiriawan, dkk (2016), dengan judul penelitiannya "Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID) Berbasis LabView" memerlukan pengaturan parameter pengontrol PID untuk mengetahui nilai proporsional gain (K_p), waktu integral (T_i), dan waktu derivatif (T_d). Pengontrol PID akan memberikan aksi kepada kontrol motor DC berdasarkan *error* yang diperoleh, nilai putaran motor DC yang diinginkan disebut dengan *set point*. [1]

Gustria Emanuela (2019), dengan judul penelitiannya "Desain PID Controller pada Motor DC menggunakan Simulink dengan Metode Ziegler Nichols". Dalam penelitian ini, metode alternatif yang digunakan adalah metode Ziegler Nichols yang diimplementasikan untuk mendapatkan kombinasi parameter K_p , K_i dan K_d dari kontroler PID dalam simulasi pengaturan kecepatan motor arus searah terkendali jangkar untuk mengetahui besar gangguannya sehingga memiliki performa yang lebih optimal. [3]

Merlin (2021), yang berjudul "Analisis Kestabilan Kecepatan Putar Motor DC Terkendali Jangkar dengan Metode Root Locus". Untuk mengatasi permasalahan yang ada maka pada penelitian ini menggunakan metode Root Locus sebagai salah satu metode yang dapat menentukan stabil tidaknya suatu sistem (*plant*). Dari penelitian ini diperoleh hasil dari fungsi alih kecepatan putar motor DC terkendali jangkar dengan analitis secara matematik. [11]

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan penulis masuk dalam penelitian berupa perancangan, karena pada penelitian ini akan dilakukan simulasi menggunakan aplikasi Matlab dan menganalisisnya. Data dianalisa dengan mempertimbangkan penelitian terkait dan dasar teori. Dimulai dengan memeriksa literatur, mengumpulkan data, dan merancang fungsi alih tanpa pengendali dan proporsional. Analisa identifikasi sistem akan dilakukan setelah mendapatkan hasil perancangan. Hasil dan analisis dari perancangan simulasi kemudian dimasukkan ke dalam laporan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Motor Arus Searah

Motor arus searah yang dipakai adalah motor arus searah yang sudah terkendali jangkar. Untuk menentukan fungsi alih dari suatu sistem maka perlu diketahui parameter-parameter dari *plant* yang akan dirancang. Berikut akan ditampilkan parameter-parameter motor arus searah yang sudah terkendali jangkar seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter data motor DC Terkendali Jangkar[4]

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Tegangan Jangkar	Va	220	Volt
Tahanan Jangkar	Ra	1	Ohm
Induktansi jangkar	La	0,5	H
Konstanta gesekan/friction	B	0,1	Nmsec ² /rad
Momen Inersia	J	0,01	Kg.m ²
Konstanta Torsi Motor	K _{TM}	0,01	N.m/A
Konstanta GGL lawan	Kg	0,01	V/rad/s

3.2 Perancangan Fungsi Alih

Fungsi alih persamaan diferensial linier invarian waktu didefinisikan sebagai perbandingan antara tranformasi Laplace keluaran (fungsi tanggapan) terhadap transformasi masukan (fungsi penentu) dengan anggapan bahwa semua syarat awal sama dengan nol.

Untuk blok diagram untuk sistem kendali loop tertutup dapat dilihat seperti pada Gambar 1 berikut ini,

Gambar 1. Gambar blok diagram loop tertutup[3]

Dari blok diagram seperti pada Gambar 1 diatas, maka diperoleh fungsi alih loop tertutup seperti berikut,

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

$$\text{untuk: } G(s) = \frac{K_{TM}}{(L_a s + R_a)(J s + B)} \quad (2)$$

$$H(s) = K_g \quad (3)$$

$$\frac{\omega(s)}{V_a(s)} = \frac{K_{TM}}{L_a J s^2 + (L_a B + R_a J) s + (R_a B + K_{TM} K_g)} \quad (4)$$

Dengan memasukkan parameter yang ada di Tabel 1 pada Persamaan (4) untuk fungsi alih loop tertutup, sebagai berikut:

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

$$\frac{\omega(s)}{V_a(s)} = \frac{0,01}{0,005s^2 + 0,06s + 0,1} \quad (5)$$

3.3 Analisis Tanggapan Sistem Tanpa Pengendali dan Menggunakan Pengendali Proporsional

Sebelum program dijalankan, terlebih dahulu dimasukkan parameter-parameter motor DC terkendali jangkar seperti pada Tabel 1 ke dalam Persamaan (4)

untuk fungsi alih loop tertutup sehingga diperoleh fungsi alih loop tertutup seperti Persamaan (5). Selanjutnya program dapat dijalankan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Untuk Kp = 25:

Tampilan *listing* program untuk fungsi alih loop tertutup untuk Kp = 25 seperti berikut,

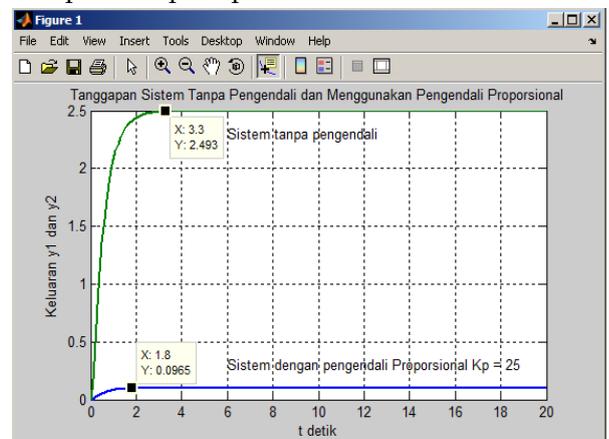
```

1 % Data-data Parameter
2 Ka = 220;
3 Ra = 1;
4 La = 0,5;
5 B = 0,1;
6 J = 0,01;
7 Ktm = 0,01;
8 Kg = 0,01;
9 % Data Pengendali
10 Kp = 25;
11 % Sistem Kendali Loop Tertutup Tanpa Pengendali
12 disp('Fungsi Alih Loop Tertutup Tanpa Pengendali');
13 num1 = [0 Ktm];
14 den1 = [(La*J) (La*B)+(Ra*J) (Ra*B)+(Ktm*Kg)];
15 sy1=tf(num1,den1);
16 % Sistem Kendali Loop Tertutup Dengan Pengendali Proporsional
17 disp('Fungsi Alih Loop Tertutup Dengan Pengendali Proporsional');
18 num2 = [0 (Kp*Ktm)];
19 den2 = [(La*J) (La*B)+(Ra*J) (Ra*B)+(Ktm*Kg)];
20 sy2 = tf(num2,den2);
21 % Tanggapan Sistem Loop Tertutup
22 t = 0:0,1:20;
23 [y1,x1,t] = step(num1,den1,t);
24 [y2,x2,t] = step(num2,den2,t);
25 plot(t,y1,t,y2);
26 text(6,0,3,'Sistem tanpa pengendali');
27 text(6,0,3,'Sistem dengan pengendali Proporsional Kp = 25');
28 grid on
29 title('Tanggapan Sistem Tanpa Pengendali dan Menggunakan Pengendali Proporsional');
30 xlabel('t detik');
31 ylabel('Keluaran y1 dan y2');

```

Gambar 2. Gambar tampilan *listing* program untuk Kp = 25

Setelah *listing* program di *running* maka akan muncul grafik fungsi alih loop tertutup tanpa pengendali dan fungsi alih loop tertutup dengan pengendali Proporsional untuk Kp = 25 seperti pada Gambar 3 berikut,

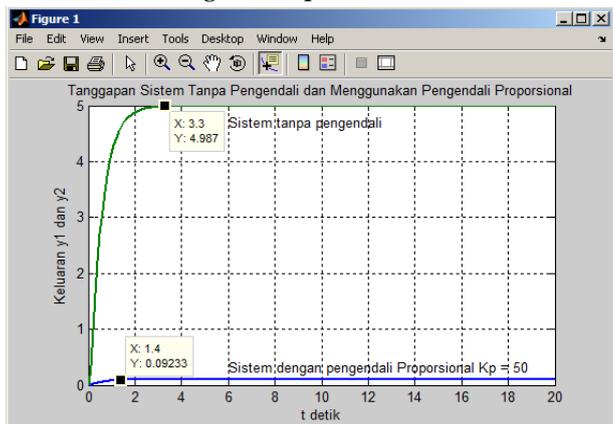


Gambar 3. Grafik fungsi alih loop tertutup tanpa pengendali dan fungsi alih loop tertutup dengan pengendali Proporsional untuk Kp = 25

Dari gambar grafik seperti pada Gambar 3 diatas, terlihat bahwa grafik fungsi alih untuk sistem tanpa pengendali diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu 3,3 detik dan tanggapan sistem $c(t) = 2,493$ serta tidak ada *overshoot* yang terjadi, sedangkan untuk sistem dengan pengendali Proporsional untuk Kp = 25 diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu 1,8 detik dan tanggapan sistem $c(t) = 0,0965$ serta tidak ada *overshoot* yang terjadi.

2. Untuk Kp = 50:

Untuk grafik fungsi alih loop tertutup tanpa pengendali dan fungsi alih loop tertutup dengan pengendali Proporsional untuk $K_p = 50$ setelah di *running* maka akan muncul grafik seperti Gambar 4 berikut,

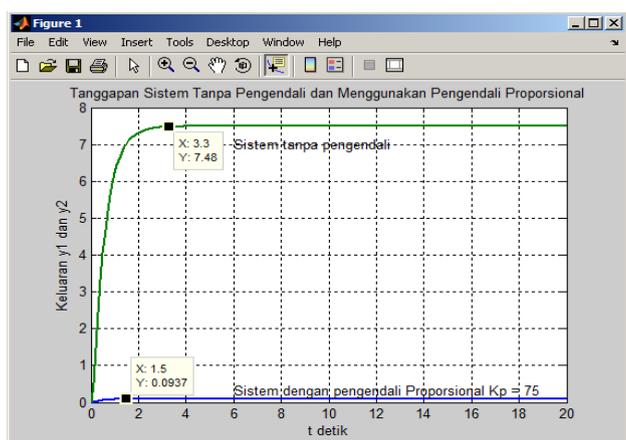


Gambar 4. Grafik fungsi alih loop tertutup tanpa pengendali dan fungsi alih loop tertutup dengan pengendali Proporsional untuk $K_p = 50$

Dari gambar grafik seperti pada Gambar 4.6 diatas, terlihat bahwa grafik fungsi alih untuk sistem tanpa pengendali diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu 3,3 detik dan tanggapan sistem $c(t) = 4,987$ serta tidak ada *overshoot* yang terjadi, sedangkan untuk sistem dengan pengendali Proporsional untuk $K_p = 50$ diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu 1,4 detik dan tanggapan sistem $c(t) = 0,09233$ serta tidak ada *overshoot* yang terjadi.

3. Untuk $K_p = 75$:

Untuk grafik fungsi alih loop tertutup tanpa pengendali dan fungsi alih loop tertutup dengan pengendali Proporsional untuk $K_p = 75$ setelah di *running* maka akan muncul grafik seperti Gambar 5 berikut



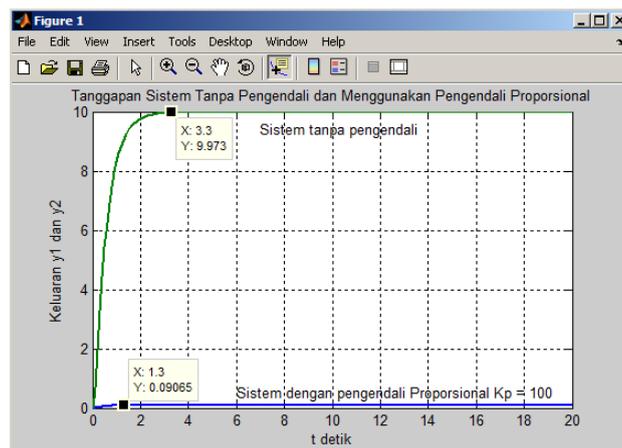
Gambar 5. Grafik fungsi alih loop tertutup tanpa pengendali dan fungsi alih loop tertutup dengan pengendali Proporsional untuk $K_p = 75$

Dari gambar grafik seperti pada Gambar 5 diatas, terlihat bahwa grafik fungsi alih untuk sistem tanpa pengendali diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu 3,3 detik

dan tanggapan sistem $c(t) = 7,48$ serta tidak ada *overshoot* yang terjadi, sedangkan untuk sistem dengan pengendali Proporsional untuk $K_p = 75$ diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu 1,5 detik dan tanggapan sistem $c(t) = 0,0937$ serta tidak ada *overshoot* yang terjadi.

4. Untuk $K_p = 100$:

Untuk grafik fungsi alih loop tertutup tanpa pengendali dan fungsi alih loop tertutup dengan pengendali Proporsional untuk $K_p = 100$ setelah di *running* maka akan muncul grafik seperti Gambar 6 berikut,

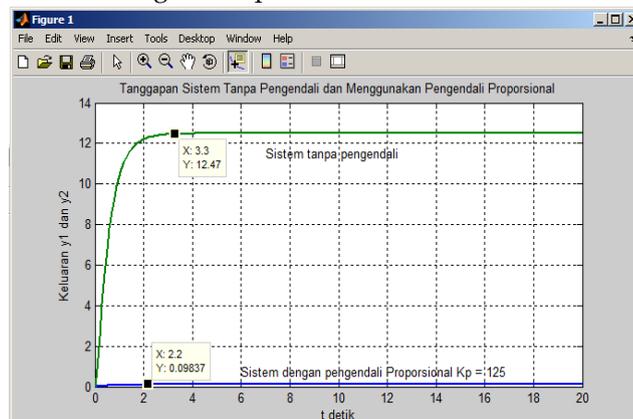


Gambar 6. Grafik fungsi alih loop tertutup tanpa pengendali dan fungsi alih loop tertutup dengan pengendali Proporsional untuk $K_p = 100$

Dari gambar grafik seperti pada Gambar 6 diatas, terlihat bahwa grafik fungsi alih untuk sistem tanpa pengendali diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu 3,3 detik dan tanggapan sistem $c(t) = 9,973$ serta tidak ada *overshoot* yang terjadi, sedangkan untuk sistem dengan pengendali Proporsional untuk $K_p = 100$ diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu 1,3 detik dan tanggapan sistem $c(t) = 0,09065$ serta tidak ada *overshoot* yang terjadi.

5. Untuk $K_p = 125$:

Untuk grafik fungsi alih loop tertutup tanpa pengendali dan fungsi alih loop tertutup dengan pengendali Proporsional untuk $K_p = 125$ setelah di *running* maka akan muncul grafik seperti Gambar 7 berikut,



Gambar 7. Grafik fungsi alih loop tertutup tanpa pengendali dan fungsi alih loop tertutup dengan pengendali Proporsional untuk $K_p = 125$

Dari gambar grafik seperti pada Gambar 7 diatas, terlihat bahwa grafik fungsi alih untuk sistem tanpa pengendali diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu 3,3 detik dan tanggapan sistem $c(t) = 12,47$ serta tidak ada *overshoot* yang terjadi, sedangkan untuk sistem dengan pengendali Proporsional untuk $K_p = 125$ diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu 2,2 detik dan tanggapan sistem $c(t) = 0,09837$ serta tidak ada *overshoot* yang terjadi.

Dari hasil analisis untuk nilai K_p yang bervariasi mulai dari $K_p = 25, 50, 75, 100$ dan 125 dapat disimpulkan bahwa dengan nilai $K_p = 100$ lebih cepat waktu *steady state*-nya (sistem stabil) yaitu dengan waktu 1,3 detik dengan tanggapan sistem $c(t) = 0,09065$, serta tidak ada *overshoot* yang terjadi dibandingkan nilai K_p lainnya diatas lebih lambat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan, pemodelan dan pengujian simulasi menggunakan Matlab, penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Dengan memodelkan sistem dari model matematis ke fungsi alih untuk kecepatan putar motor DC terkendali jangkar berhasil dilakukan.
2. a. Untuk fungsi alih sistem tanpa pengendali diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu 3,2 detik serta tidak ada *overshoot* yang terjadi.
b. Untuk fungsi alih sistem dengan pengendali proporsional untuk $K_p = 25$ diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu waktu 1,8 detik serta tidak ada *overshoot* yang terjadi.
c. Untuk fungsi alih sistem dengan pengendali proporsional untuk $K_p = 50$ diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu 1,4 detik serta tidak ada *overshoot* yang terjadi.
d. Untuk fungsi alih sistem dengan pengendali proporsional untuk $K_p = 75$ diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu 1,5 detik serta tidak ada *overshoot* yang terjadi.
e. Untuk fungsi alih sistem dengan pengendali proporsional untuk $K_p = 100$ diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu 1,3 detik serta tidak ada *overshoot* yang terjadi.
f. Untuk fungsi alih sistem dengan pengendali proporsional untuk $K_p = 125$ diperoleh sistem stabil (*steady state*) dengan waktu 2,2 detik serta tidak ada *overshoot* yang terjadi.

Dari hasil analisis untuk nilai K_p yang bervariasi mulai dari $K_p = 25, 50, 75, 100$ dan 125 dapat disimpulkan bahwa dengan nilai $K_p = 100$ lebih cepat waktu *steady state*-nya (sistem stabil) yaitu dengan waktu 1,3 detik, serta tidak ada *overshoot* yang terjadi dibandingkan nilai K_p lainnya lebih lambat

DAFTAR PUSTAKA

- Alifa Restu Janwar Wiriawan, dkk (2016), dengan judul penelitiannya "Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID) Berbasis LabView". Jurnal TELEKONTRAN, Vol. 4, No. 2, Oktober 2016. [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.
- Elisabeth (2022). Uji Kestabilan Kecepatan Putar Motor DC dengan Metode Routh. Skripsi Teknik elektro UKIP Makassar.
- Gustria Emanuela (2019). Desain PID Controller pada Motor DC menggunakan Simulink dengan Metode Ziegler Nichols. Skripsi Teknik Elektro UKIP Makassar.
- Gunaidi Abdia Away (2010), *MATLAB Programming*. Penerbit Informatika Bandung.
- Harifuddin (2008). Pemodelan dan Pengendalian Motor DC Terkendali Jangkar. Jurnal MEDIA ELEKTRIK, Volume 3 (Nomor 1, Juni).
<https://rahasiabelajar.com/pengertian-motor-dc/>.
Diakses pada tgl 30 Oktober 2023 jam 18.00 Wita.
- Juhari (2017), Modul Praktikum Matlab. Pengantar ilmu Komputer SAINTEK UIN-Malang.
- Katsuhiko, O. (1994). *Solving Control Engineering Problems with MATLAB*. Prentice Hall International, Inc : Prentice Hall.
- Katsuhiko, O. (1970). Teknik Kontrol Automatik, Edisi 2 Jilid 1. Jakarta: Prentice Hall.
- Merlin (2021), Analisis Kestabilan Kecepatan Putar Motor DC dengan Metode Root Locus. Skripsi Teknik Elektro UKIP Makassar.
- Nicolaus Allu (2018), Sistem Kendali (Teori dan Contoh Soal Dilengkapi dengan Penyelesaian Menggunakan Matlab), Penerbit Deepublish CV. Budi Utama.
- Nuwolo, A. and Kusmantoro, A. (2014) 'Pengendali posisi Motor DC dengan PID menggunakan Metode Root Locus', *Jurnal MEDIA ELEKTRIKA*, pp. 1-7.
- Pinem, A. (2009) Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan Integral Siklus Kontrol (Aplikasi Pada Laboratorium

Konversi Energi Listrik FT-USU). Skripsi Universitas Sumatera Utara Medan.

Rosalina, dkk (2017) 'Analisis Pengaturan Kecepatan Motor DC menggunakan Kontrol PID', *Seminar Nasional TEKNOKA*, pp. 89-94.