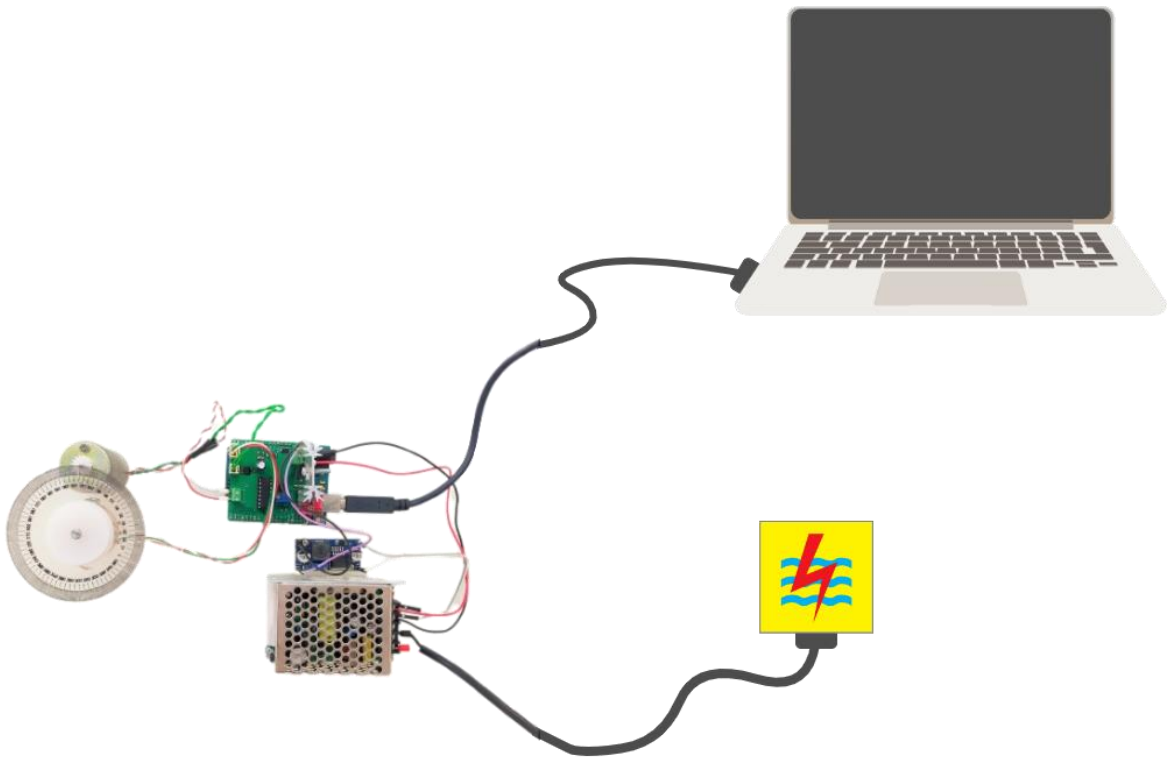


TF4022 – Sistem Kontrol Diskrit

# Praktikum Modul 1

## Pemodelan Sistem Motor DC



Estiyanti Ekawati,  
Faqihza Mukhlis,  
Natsir Habibullah,  
Nazuwatussya'Diyah

*September – November 2023*

# Modul 1 Praktikum SKD

## Pemodelan Sistem Motor DC

### 1.1 Latar Belakang

Pengendalian kecepatan putaran motor, merupakan kasus yang inti, dari aplikasi di berbagai bidang, seperti pengendalian elevator, ban berjalan, pengaturan laju aliran fluida melalui pompa, dan sebagainya. Sebelum mengendalikan kecepatan putaran motor ataupun sistem lainnya, perlu dilakukan uji coba sistem, secara kalang terbuka. Hal ini penting untuk mengetahui terlebih dahulu, gambaran umum, hubungan masukan dan keluaran dari sistem tersebut. Bahkan, sebelum melakukan pengendalian atau pengontrolan dalam kalang tertutup, dapat dilakukan perbaikan atau kompensasi awal terhadap sistem, sehingga hubungan masukan dan keluaran sistem menjadi lebih baik. Pada modul pertama praktikum Sistem Kontrol Diskrit ini, pengendalian suatu sistem belum akan dilakukan. Percobaan yang akan dilakukan hanya dalam cakupan kalang terbuka. Diberikan masukan kepada sistem kemudian diamati keluarannya. Berdasarkan hasil pengamatan, dilakukan perbaikan dan kompensasi awal. Setelah itu dilakukan percobaan kembali untuk memodelkan sistem.

Selain dengan cara analitik, pemodelan suatu sistem dapat dilakukan, dengan cara mengidentifikasi parameter model, berdasarkan respon sistem. Pendekatan identifikasi parameter ini dilakukan, dengan terlebih dahulu menentukan model umum, sistem yang akan diidentifikasi. Pada modul pertama praktikum Sistem Kontrol Diskrit ini, akan dilakukan identifikasi parameter model, sistem kecepatan motor DC, menggunakan model sistem orde pertama dengan waktu tunda. Selanjutnya, hasil identifikasi akan digunakan, sebagai dasar pengendalian kecepatan, dengan metode kontrol yang diajarkan, pada kuliah TF4022 Sistem Kontrol Diskrit, di modul berikutnya.

### 1.2 Tujuan Praktikum

Modul pertama praktikum Sistem Kontrol Diskrit ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mahasiswa mampu melakukan akuisisi data dan menganalisis karakteristik sensor berdasarkan variasi waktu sampling dan pemrosesan sinyal.
2. Mahasiswa mampu meningkatkan hubungan masukan dan keluaran sistem dengan melakukan kompensasi.
3. Mahasiswa mampu memodelkan dan mengidentifikasi parameter model berdasarkan dinamika respon sistem terhadap perubahan masukan.

### 1.3 Alat

Peralatan pada modul pertama praktikum Sistem Kontrol Diskrit ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Peralatan praktikum modul pertama Sistem Kontrol Diskrit.

No	Alat	Keterangan
1	Laptop	Disiapkan sendiri
2	Kit Praktikum	Disediakan asisten
3	Modul Praktikum Pertama	Disediakan, dapat diunduh di kuliah2021 dan Edunex
4	Dokumentasi Kit Praktikum	Disediakan, dapat diunduh di kuliah2021 dan Edunex
5	Software Arduino IDE	Instal sendiri, unduh di <a href="https://www.arduino.cc/en/Main/Software">https://www.arduino.cc/en/Main/Software</a>
6	Software Matlab	Dapat menggunakan Matlab online
7	Program SKD23.ino	Disediakan, dapat diunduh di kuliah2021 dan Edunex
8	Program Simulasi.m	Disediakan, dapat diunduh di kuliah2021 dan Edunex

### 1.4 Persiapan Praktikum

Sebelum praktikum dilaksanakan, sebaiknya hal-hal berikut perlu dipersiapkan terlebih dahulu:

1. Menginstall library Arduino Adafruit\_MCP4725. Coba compile program yang diberikan untuk memastikan library tersebut sudah terinstall.
2. Membaca dokumentasi kit praktikum untuk mendapatkan pemahaman mendalam tentang kit.
3. Membaca dan memahami program pada setiap tab.
4. Membaca prosedur praktikum untuk mengetahui gambaran umum pelaksanaan praktikum.
5. Membaca bagian laporan untuk membagi tugas dan mempersiapkan laporan.

### 1.5 Prosedur Praktikum

Prosedur modul pertama praktikum Sistem Kontrol Diskrit, dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu akuisisi data sensor, kalang terbuka, dan kalang terbuka terkompensasi. Pada akuisisi data sensor, praktikan akan mencoba mengambil data posisi dari potensiometer dan kecepatan dari tachometer. Pada bagian kalang terbuka, praktikan akan memberikan masukan kepada motor, dan membuat spesifikasi kit praktikum yang ditangani. Pada bagian kalang terbuka terkompensasi, praktikan mengimplementasikan kompensasi, menentukan waktu cacah, dan memodelkan sistem kecepatan motor kit praktikum. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan prosedur praktikum adalah sebagai berikut:

1. Praktikan dipersilakan mengubah main program untuk setiap prosedur sesuai dengan kebutuhan. Simpan setiap modifikasi main program yang dilakukan untuk disampaikan di laporan.
2. Bila tidak ada data yang ditunjukkan pada serial monitor atau data yang ditunjukkan tidak jelas, mungkin pengaturan baudrate belum tepat, atur baudrate 115200. Selain menggunakan

serial monitor, praktikan juga dapat mengamati data percobaan menggunakan serial plotter.

3. Bila memberikan masukan melalui serial monitor tidak berhasil dilakukan, mungkin pengaturan pengiriman serial perlu diubah, coba Newline, No line ending, Carriage return, ataupun Both NL & CR sehingga masukan bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Tidak direkomendasikan memberikan masukan positif ketika masukan motor negatif dan sebaliknya, ubah masukan menjadi nol terlebih dahulu.
4. Upayakan untuk menyelesaikan prosedur praktikum secepat dan semudah mungkin. Prosedur tidak harus dikerjakan secara tuntas sebelum melanjutkan ke prosedur berikutnya, anda dapat mengulangi prosedur yang belum tuntas atau dilewati.

### 1.5.1 Akuisisi Data Sensor

Akuisisi data sensor adalah hal yang penting dilakukan, sebelum masuk lebih jauh ke dalam wilayah pengontrolan. Sebelumnya sudah ditunjukkan akuisisi data sensor potensiometer dan tachometer melalui serial monitor. Demonstrasi akuisisi data posisi ditunjukkan dengan memutar potensiometer tanpa memberikan masukan kepada motor. Sedangkan akuisisi data kecepatan ditunjukkan dengan memberikan masukan kepada motor. Di bagian ini praktikan akan melakukan demonstrasi pengukuran data posisi dan kecepatan. Beberapa prosedur yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Demonstrasikan akuisisi data posisi dengan memutar potensiometer sehingga nilai posisi terukur berturut-turut di sekitar 10, 50, dan 90. Ambil data posisi tersebut untuk ditunjukkan pada laporan dalam bentuk grafik.
2. Demonstrasikan akuisisi data kecepatan dengan memberikan masukan kepada motor sebesar 75% dan 0%. Ambil data kecepatan yang dihasilkan untuk ditunjukkan pada laporan dalam bentuk grafik.
3. Lakukan beberapa percobaan dengan variasi waktu sampling dan teknik pemrosesan sinyal untuk menunjang analisis anda tentang fungsi akuisisi sampling dan smooth, karakteristik potensiometer, dan waktu proses.

### 1.5.2 Kalang Terbuka

Mengetahui karakteristik respon sistem, ketika diberikan masukan tertentu, sangat penting dalam pengontrolan. Di bagian ini praktikan mengamati hubungan masukan motor dengan kecepatan tunak terukur. Selain itu praktikan juga akan menentukan spesifikasi awal kit praktikum yang ditangani berkaitan dengan hubungan tersebut. Berdasarkan hubungan ini juga praktikan akan membuat sebuah fungsi untuk menghilangkan *deadzone*. Beberapa prosedur yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Lengkapi tabel 2 hubungan masukan motor dan kecepatan tunak terukur. Pastikan sistem memiliki waktu yang cukup untuk tunak, sebelum mengambil data kecepatan.
2. Lengkapi tabel 3 spesifikasi awal kit praktikum tentang hubungan masukan dan kecepatan, sesuai dengan pengamatan. Masukan minimum putar motor adalah nilai masukan minimum yang diperlukan sehingga motor diamati dapat berputar. Masukan minimum terdeteksi adalah nilai masukan minimum yang diperlukan sehingga tachometer memberikan pengukuran kecepatan tidak nol. Masukan minimum putaran maksimal adalah nilai masukan minimum yang diberikan tetapi menghasilkan kecepatan maksimum.
3. Bagilah beberapa daerah linier berdasarkan hubungan masukan dan kecepatan yang diperoleh.
4. Rancang sebuah fungsi kompensasi pada tab compensation untuk mengkompensasi masukan

sehingga dapat mengurangi deadzone. Hubungan masukan motor dan kecepatan setelah masukan dikompensasi akan diamati pada prosedur berikutnya.

Tabel 2. Hubungan masukan motor dan kecepatan tunak terukur.

No	Masukan	Kecepatan	Masukan	Kecepatan
1	0		0	
2	1		-1	
3	2		-2	
4	...		...	
5	100		-100	

Tabel 3. Spesifikasi awal kit praktikum berkaitan dengan hubungan masukan dan kecepatan.

No	Spesifikasi	Nilai	Satuan
1	Nomor kit		
2	Masukan minimum putar motor (positif)		Persen
3	Masukan minimum putar motor (negatif)		Persen
4	Masukan minimum terdeteksi (positif)		Persen
5	Masukan minimum terdeteksi (negatif)		Persen
6	Masukan minimum putaran maksimal (positif)		
7	Masukan minimum putaran maksimal (negatif)		
8	Kecepatan putar maksimum (positif)		
9	Kecepatan putar maksimum (negatif)		

### 1.5.3 Kalang Terbuka Terkompensasi

Fungsi kompensasi yang dirancang pada prosedur sebelumnya diharapkan dapat mengurangi deadzone ketika diimplementasikan. Di bagian ini praktikan akan mendemonstrasikan efektivitas dari implementasi fungsi kompensasi. Selain itu praktikan juga akan mengambil data dinamika perubahan kecepatan motor hingga tunak ketika diberikan perubahan masukan. Data dinamika ini nantinya akan digunakan untuk melakukan pemodelan kecepatan. Praktikan juga akan menentukan waktu cacah berdasarkan waktu proses dan kecepatan respon sistem. Beberapa prosedur yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Lengkapi tabel 4 hubungan masukan motor terkompensasi dan kecepatan tunak terukur. Simpan dinamika perubahan kecepatan untuk setiap masukan positif.
2. Lakukan identifikasi parameter model kecepatan berdasarkan dinamika perubahan kecepatan terhadap perubahan masukan.
3. Tentukan waktu cacah berdasarkan waktu proses dan hasil identifikasi parameter model kecepatan.

Tabel 4. Hubungan masukan motor terkompensasi dan kecepatan tunak terukur.

No	Masukan	Kecepatan	Masukan	Kecepatan
1	0		0	
2	5		-15	
3	10		-10	
4	...		...	
5	100		-100	

## 1.6 Laporan dan Analisis

Bagian ini berisi panduan umum penyusunan dan ketentuan pengumpulan laporan praktikum. Selain itu juga berisi pertanyaan-pertanyaan untuk dibahas di bagian analisis.

### 1.6.1 Laporan

Laporan praktikum diunggah per kelompok pada kuliah2021.tf.itb.ac.id paling lambat dua minggu setelah hari praktikum. Nilai bonus akan diberikan kepada kelompok yang mengumpulkan dalam waktu seminggu setelah praktikum. Laporan dikumpulkan dalam file .pdf dengan melampirkan file spreadsheet yang berisi pengolahan data dan grafik. Program-program yang dimodifikasi juga harus dilampirkan. Semua file tersebut digabungkan dan diupload dalam .zip. Laporan minimum memiliki garis besar sebagai berikut:

1. Latar Belakang
2. Tujuan
3. Alat
4. Prosedur
5. Analisis
6. Kesimpulan
7. Kontribusi
8. Referensi

Latar belakang, tujuan, alat, dan prosedur tidak boleh sama persis dengan yang tertulis pada modul ini. Silakan dituliskan kembali, sesuai dengan pemahaman kelompok, terhadap latar belakang dan tujuan praktikum. Alat dan prosedur yang digunakan atau dilakukan juga disesuaikan dengan kondisi aktual keberjalanan praktikum kelompok. Analisis dituliskan menjawab pertanyaan-pertanyaan pada bagian berikutnya. Kesimpulan dituliskan sesuai dengan pemahaman kelompok. Kontribusi berisi tabel 5 dilengkapi dengan keterangan peran tiap anggota kelompok dalam keberjalanan praktikum maupun penyusunan laporan praktikum. Tambahkan juga referensi di laporan praktikum.

Tabel 5. Kontribusi anggota kelompok dalam praktikum Sistem Kontrol Diskrit.

No	NIM	Nama Lengkap Anggota	Kontribusi
1			
2			

No	NIM	Nama Lengkap Anggota	Kontrobusi
3			
4			
5			

### 1.6.2 Analisis

Pembahasan analisis akan dibagi menjadi tiga bagian, sesuai dengan pembagian prosedur praktikum. Bagian ini akan menjadi penilaian utama dari laporan praktikum. Penyusunan analisis pada laporan sebaiknya mengalir, sehingga alur penyampaian analisis tidak lompat-lompat. Jawaban pertanyaan tidak harus urut, silakan disesuaikan dengan alur penyampaian analisis. Perhatikan penggunaan angka penting untuk semua angka yang dihasilkan dari perhitungan.

#### A. Akuisisi Data Sensor

Analisislah pertanyaan berkaitan dengan prosedur akuisisi data sensor sebagai berikut:

1. Tunjukkan grafik yang mendemonstrasikan akuisisi posisi dari sensor potensiometer!
2. Tunjukkan grafik yang mendemonstrasikan akuisisi kecepatan dari sensor tachometer!
3. Sebutkan/Jelaskan kelebihan dan kekurangan akuisisi data sensor menggunakan fungsi sampling dan smooth!
4. Berapa banyak data yang sebaiknya digunakan untuk fungsi smooth? Jelaskan pertimbangannya!
5. Pengukuran posisi oleh sensor potensiometer menunjukkan penambahan hingga 100 kemudian langsung 0, dan sebaliknya, menunjukkan pengurangan hingga 0 kemudian langsung 100. Jelaskan kenapa hal ini bisa terjadi!
6. Apa saja yang mempengaruhi waktu proses? Bagaimana cara untuk mengoptimalkannya?

#### B. Kalang Terbuka

Analisislah pertanyaan berkaitan dengan prosedur kalang terbuka sebagai berikut:

1. Keluaran bernilai positif meskipun masukan yang diberikan negatif ataupun positif, kenapa hal ini bisa terjadi? Bukankah apabila masukan positif menghasilkan keluaran positif, maka masukan negatif akan menghasilkan keluaran negatif?
2. Bagaimana masukan positif ataupun negatif mempengaruhi arah putar motor?
3. Kenapa ketika masukan yang diberikan kepada motor kecil, motor tidak bergerak?
4. Kenapa akuisisi sensor kecepatan menunjukkan nilai nol ketika motor berputar sangat pelan?
5. Tunjukkan grafik hubungan masukan motor dan kecepatan tunak terukur!
6. Bagi grafik tersebut menjadi beberapa daerah linier! Berapa daerah linier yang dihasilkan? Apa pertimbangan yang digunakan untuk menentukan pembagian daerah linier? Lengkapi tabel 6! Sesuaikan jumlah baris dengan jumlah daerah linier!
7. Jelaskan fungsi kompensasi pada tab compensation! Tuliskan fungsi tersebut dalam persamaan matematika!

Tabel 6. Pembagian daerah linier kalang terbuka kit praktikum Sistem Kontrol Diskrit.

No	Rentang Masukan	Rentang Keluaran	Keterangan
1			
2			
3			

### C. Kalang Terbuka Terkompensasi

Analisislah pertanyaan berkaitan dengan prosedur kalang terbuka sebagai berikut:

1. Gambarkanlah diagram blok representasi dari kit praktikum untuk sistem kalang terbuka dan kalang terbuka terkompensasi! Jelaskan perbedaan dari kedua diagram blok tersebut!
2. Tunjukkan grafik hubungan masukan motor terkompensasi dan kecepatan tunak terukur! Sertakan pula grafik tanpa kompensasi! Apakah fungsi kompensasi berhasil mengurangi deadzone?
3. Bagi grafik tersebut menjadi beberapa daerah linier! Bandingkan pembagian daerah linier masukan terkompensasi dengan tanpa kompensasi!
4. Lakukan pemodelan untuk tiap respon dinamik masukan positif, menggunakan model orde satu dengan waktu tunda! Lengkapi tabel 7!
5. Tentukan nilai waktu cacah! Jelaskan pertimbangan yang dijadikan dasar pemilihan nilai waktu cacah ini!
6. Tentukan satu nilai yang mewakili keseluruhan sistem! Jelaskan dasar penentuan nilai

Tabel 7. Identifikasi parameter model kit praktikum Sistem Kontrol Diskrit.

No	Masukan	Keluaran Tunak	Gain	Konstanta Waktu	Waktu Tunda
1	0				
2	5				
3	...				
4	100				

Tabel 8. Model final kit praktikum Sistem Kontrol Diskrit.

No	Parameter	Nilai	Satuan	Model Sistem
1	Waktu Cacah		Milidetik	
2	Gain			
3	Konstanta Waktu		Milidetik	
4	Waktu Tunda		Milidetik	



## 1.7 Tugas Tambahan

Tugas bersifat opsional, tidak harus dikerjakan. Tugas boleh ditambahkan menjadi bagian dari laporan untuk nilai tambah. Mengerjakan tugas akan menambah pengalaman dalam simulasi pengontrolan. Tugas juga akan sangat bermanfaat untuk menambah pemahaman dan sebagai persiapan untuk praktikum berikutnya. Berikut tugas tambahannya:

1. Berdasarkan hasil identifikasi, hitunglah parameter pengontrol untuk sistem tersebut menggunakan metode Ziegler Nichols dan Cohen Coon!
2. Simulasikan respon sistem tersebut menggunakan program Simulasi.m! Analisislah respon kalang terbuka dan kalang tertutup yang muncul dari simulasi tersebut!
3. Tentukan jenis pengontrol (P, PI, atau PID) yang paling tepat! Berikan justifikasi dari pilihan tersebut!
4. Buatlah sebuah fungsi kontrol pada tab control, fungsi ini bertujuan untuk menghitung aksi kontrol PID. Siapkan juga program yang memanfaatkan fungsi ini sehingga program dapat mengontrol kecepatan motor sesuai dengan input serial yang diberikan! Tentu saja input serial yang diberikan, dalam rentang keluaran yang dapat dicapai oleh motor.