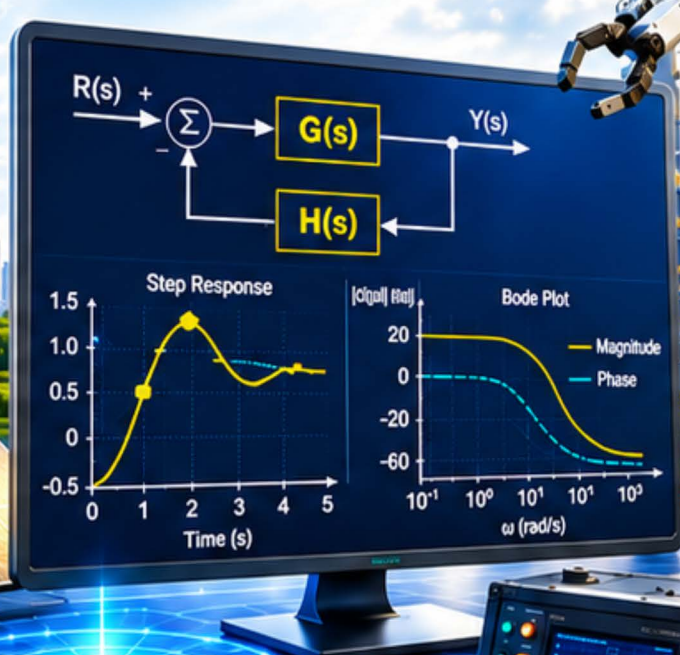


MARWAN AFFANDI, S.T., M.T.
EKA DODI SURYANTO, S.Pd., M.T.
AZMI RIZKI LUBIS, S.Pd., M.T.
Dr. AMIRHUD DALIMUNTHE, S.T., M.Kom.
MUHAMMAD DANI SOLIHIN, S.Pd., M.T.
MUCHSIN HARAHAAP, S.T., M.T.



BUKU AJAR DASAR SISTEM KONTROL



BUKU AJAR DASAR SISTEM KONTROL

Penulis:

Marwan Affandi, S.T., M.T.

Eka Dodi Suryanto, S.Pd., M.T.

Azmi Rizki Lubis, S.Pd., M.T.

Dr. Amirhud Dalimunthe, S.T., M.Kom.

Muhammad Dani Solihin, S.Pd., M.T.

Muchsin Harahap, S.T., M.T.

BUKU AJAR DASAR SISTEM KONTROL

Penulis:

**Marwan Affandi, S.T., M.T.
Eka Dodi Suryanto, S.Pd., M.T.
Azmi Rizki Lubis, S.Pd., M.T.
Dr. Amirhud Dalimunthe, S.T., M.Kom.
Muhammad Dani Solihin, S.Pd., M.T.
Muchsin Harahap, S.T., M.T.**

Desain Cover:

Helmaria Ulfa

Sumber Ilustrasi:

www.freepik.com

Tata Letak:

Handarini Rohana

Editor:

Neneng Sri Wahyuni

ISBN:

978-634-317-304-5

Cetakan Pertama:

September, 2026

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

by Penerbit Widina Media Utama

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:

WIDINA MEDIA UTAMA

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 519/JBA/2025

Website: www.penerbitwidina.com

Instagram: [@penerbitwidina](https://www.instagram.com/penerbitwidina)

Telepon (022) 87355370

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga “Buku Ajar Dasar Sistem Kontrol” ini dapat hadir sebagai panduan esensial dalam memahami dunia sistem kontrol. Buku ini disusun dengan tujuan utama untuk memberikan fondasi yang kokoh bagi para mahasiswa, akademisi, maupun praktisi yang ingin mendalami prinsip-prinsip dasar dan aplikasi sistem pengaturan. Dalam era teknologi yang semakin maju, pemahaman akan sistem kontrol menjadi krusial untuk pengembangan berbagai inovasi di bidang teknik dan industri.

Ebook ini dirancang secara sistematis, dimulai dengan pengenalan konsep-konsep fundamental seperti definisi sistem, elemen-elemen pembentuk sistem pengaturan, serta klasifikasi sistem kontrol berdasarkan karakteristik operasionalnya. Pembaca akan diajak memahami bagaimana variabel dinamis diatur, pentingnya regulasi, dan perbedaan mendasar antara sistem *open-loop* dan *closed-loop* melalui contoh-contoh yang relevan. Lebih lanjut, buku ini menguraikan metode pemodelan matematis, termasuk penggunaan analogi rangkaian dan persamaan diferensial, yang menjadi dasar analisis kuantitatif sistem.

Bab-bab selanjutnya secara progresif membahas teknik-teknik analisis yang lebih mendalam, seperti representasi sistem melalui nisbah pindah dan diagram blok, serta analisis sistem umpan balik. Konsep performansi sistem kendali dieksplorasi secara rinci, mencakup aspek keterukuran, sensitivitas, dan kestabilan, yang merupakan parameter vital dalam desain sistem yang efektif. Pembahasan mengenai sistem orde dua, kemantapan sistem dengan kriteria Routh, metode tempat kedudukan akar (*root locus*), dan analisis tanggapan frekuensi melalui diagram Bode, memberikan perangkat analitis yang lengkap untuk mengevaluasi dan merancang sistem kontrol yang robust.

Kami berharap buku ajar ini dapat menjadi sumber referensi yang berharga dan inspiratif, membimbing pembaca untuk tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu mengaplikasikannya dalam konteks praktis. Semoga kontribusi kecil ini dapat memperkaya khazanah ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia, serta mendorong lahirnya inovasi-inovasi baru di bidang sistem kontrol. Kritik dan saran yang membangun senantiasa kami harapkan demi penyempurnaan buku ini di masa mendatang.

Hormat kami,
Para Penulis,

KATA PENGANTAR

Buku Ajar Dasar Sistem Kontrol” ini dapat terselesaikan. Karya ini didedikasikan untuk memenuhi kebutuhan akan sumber belajar yang komprehensif dan mudah dipahami mengenai prinsip-prinsip dasar sistem kontrol, sebuah disiplin ilmu yang fundamental dalam berbagai bidang teknik modern. Dalam lanskap teknologi yang terus berkembang pesat, pemahaman yang kuat tentang bagaimana sistem beroperasi dan dapat dikendalikan menjadi semakin vital. Buku ini dirancang untuk menjadi panduan esensial bagi mahasiswa, pendidik, dan praktisi yang ingin membangun fondasi yang kokoh dalam analisis dan desain sistem kontrol. Materi disajikan secara sistematis, dimulai dari konsep-konsep dasar seperti definisi sistem, elemen-elemen kontrol, dan klasifikasi sistem terbuka maupun tertutup, hingga pembahasan yang lebih mendalam mengenai pemodelan matematis, analisis respons, stabilitas, dan teknik desain lanjutan.

Pembaca akan dibimbing melalui topik-topik krusial seperti representasi sistem menggunakan diagram blok dan grafik aliran sinyal, evaluasi performansi sistem kendali berdasarkan metrik keterukuran dan sensitivitas, serta metode penentuan kemantapan sistem melalui kriteria *Routh* dan analisis *root locus*. Kami menyadari bahwa kompleksitas materi sistem kontrol seringkali menjadi tantangan.

Oleh karena itu, penyajian dalam buku ini diupayakan sejelas dan seakurat mungkin, dengan harapan dapat memfasilitasi pemahaman yang mendalam dan aplikatif. Kami berharap “Buku Ajar Dasar Sistem Kontrol” ini tidak hanya menjadi referensi akademis, tetapi juga inspirasi untuk eksplorasi lebih lanjut dan inovasi di bidang kontrol otomatis. Semoga buku ini memberikan kontribusi nyata dan bermanfaat bagi seluruh pembaca.

ABSTRAK

Buku Ajar Dasar Sistem Kontrol ini menyajikan pengantar komprehensif mengenai prinsip-prinsip fundamental dan aplikasi sistem kontrol, dirancang untuk membekali pembaca dengan pemahaman teoritis dan praktis. Ebook ini secara sistematis menguraikan konsep-konsep inti, dimulai dengan definisi sistem pengaturan sebagai entitas yang berinteraksi untuk mencapai tujuan spesifik, dan sistem kontrol sebagai mekanisme korektif otomatis. Pembahasan awal mencakup identifikasi variabel dinamis, peran regulasi, serta klasifikasi sistem kontrol berdasarkan mode operasi (mekanis, proses) dan karakteristik masukan (servo mekanik, regulator). Elemen-elemen kunci sistem kontrol—yaitu *plant* (proses), pengukuran, evaluasi (pengendali), dan pengaturan akhir—dijelaskan secara rinci, dilengkapi dengan representasi diagram blok untuk memvisualisasikan interkoneksi fungsional. Kinerja sistem dievaluasi melalui metrik seperti kesalahan sistem, respons dinamis, dan respons transien, dengan penekanan pada perbedaan esensial antara sistem kontrol *open-loop* dan *closed-loop* melalui ilustrasi praktis seperti pengaturan suhu dan posisi.

Aspek kuantitatif sistem kontrol dibahas melalui Bentuk Matematis, di mana buku ini menekankan transformasi fenomena fisik menjadi persamaan matematika untuk analisis teoritis. Konsep analogi rangkaian digunakan untuk menyetarakan sistem mekanis dengan rangkaian listrik, memfasilitasi pemodelan dan analisis. Persamaan diferensial yang menggambarkan perilaku sistem, seperti sistem massa-pegas-peredam, disajikan sebagai dasar pemahaman dinamis. Selanjutnya, buku ini membahas Nisbah Pindah dan Diagram Kotak sebagai alat representasi standar, serta Sistem Pengaturan Berumpan Balik sebagai arsitektur kontrol modern yang krusial. Grafik Aliran Sinyal diperkenalkan sebagai metode alternatif untuk analisis hubungan antar-peubah dalam sistem kompleks.

Performansi Sistem Kendali dianalisis secara mendalam, menyoroti faktor-faktor penentu seperti keterukuran (observabilitas), sensitivitas, keterkendalian, kestabilan, kehandalan, dan minimisasi kesalahan. Bab ini menjelaskan bagaimana kualitas komponen dan desain sistem secara keseluruhan memengaruhi performa, serta pentingnya instrumentasi yang presisi. Konsep sensitivitas dieksplorasi untuk memahami dampak perubahan parameter terhadap keluaran sistem, dan bagaimana umpan balik dapat mengurangi ketidakakuratan. Analisis Sistem Orde Dua memberikan wawasan tentang respons transien dan karakteristik sistem yang lebih kompleks, termasuk faktor redaman dan frekuensi alami.

Kemantapan Sistem menjadi fokus utama, mendefinisikan stabilitas sebagai kemampuan sistem untuk mempertahankan respons dalam batas-batas yang dapat diterima. Berbagai metode pengujian kemantapan, seperti kriteria Routh, disajikan untuk menentukan stabilitas absolut sistem. Metode Tempat Kedudukan Akar (*Root Locus*) menawarkan pendekatan grafis untuk menganalisis kemantapan sistem lingkaran tertutup ketika parameter sistem bervariasi, memberikan pemahaman visual tentang pergerakan akar persamaan karakteristik dan implikasinya terhadap stabilitas. Terakhir, Tanggapan Frekuensi dibahas sebagai metode evaluasi respons sistem terhadap masukan sinusoidal. Konsep fungsi transfer dalam domain frekuensi, yang direpresentasikan sebagai bilangan kompleks, dijelaskan melalui diagram Bode (magnitudo dan fasa), diagram Polar, dan diagram Log Bode terhadap Fasa, merinci faktor-faktor yang memengaruhi karakteristik respons frekuensi.

Secara keseluruhan, buku ajar ini merupakan sumber daya esensial yang mengintegrasikan teori dan aplikasi praktis, membimbing pembaca dari konsep dasar hingga teknik analisis lanjutan dalam bidang sistem kontrol. Dengan cakupan yang padat dan penjelasan yang akurat, buku ini membekali pembaca dengan fondasi yang kuat untuk analisis, desain, dan evaluasi sistem kontrol di berbagai disiplin ilmu teknik.

DAFTAR ISI

PRAKATA	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Pengertian Sistem Pengaturan	1
B. Pengenalan Elemen Sistem.....	2
C. Kinerja Sistem	4
D. Sistem Pengaturan Terbuka dan Sistem Pengaturan Tertutup.....	5
E. Analisa Sistem Pengaturan	13
F. Ringkasan	13
G. Latihan:.....	14
BAB II BENTUK MATEMATIS.....	17
A. Analogi Rangkaian	17
BAB III NISBAH PINDAH DAN DIAGRAM KOTAK.....	21
A. Pengertian Nisbah Pindah (Transfer Function)	21
B. Pengertian Besaran Statik dan Dinamik	22
C. Linierisasi dan Reduksi	22
D. Beberapa Catatan Pendekatan Untuk Unierisasi	26
E. Bagan Kotak	27
F. Aljabar Bagan Kotak	27
G. Ringkasan	36
H. Latihan:.....	37
BAB IV SISTEM PENGATURAN BERUMPAN BALIK	61
A. Sistem Pengaturan Dengan Umpan Balik	61
B. Jenis Sistem Pengaturan Otomatis Berdasarkan Prinsip Kerja.....	62
C. Pengaturan Motor Arus Searah	66
D. Ringkasan	76
E. Latihan.....	76
BAB V GRAFIK ALIRAN SINYAL	79
A. Aljabar Grafik Aliran Sinyal	79
B. Rumus Bati Mason Untuk Grafik Aliran Sinyal	79
C. Grafik Aliran Sinyal dan Diagram Kotak.....	82
D. Ringkasan	91
E. Latihan.....	91

BAB VI PERFORMANSI SISTEM KENDALI	93
A. Keterukuran (Keterobservasian)	93
B. Sensitivitas	94
C. Keterkendalian (<i>Controllability</i>)	96
D. Kestabilan	97
E. Keandalan	102
F. Kesalahan Statik Sistem	102
G. Kesalahan Dinamik Sistem	107
BAB VII SISTEM ORDE DUA	111
A. Sistem Orde Dua Dari Dua Buah Sistem Orde Satu Yang Dihubungkan Deret	111
B. Bentuk Fisis Sistem Orde Dua	112
C. Sistem Orde Dua Berupa Motor Arus Searah Dengan Arus Medan Tetap	118
D. Tanggapan Sistem Orde Dua	122
E. Waktu Tanggapan	126
F. Ringkasan	130
G. Latihan	130
BAB VIII KEMANTAPAN SISTEM	133
A. Metode Kemantapan Routh	133
B. Metode Kemantapan Hurwitz	142
C. Metode Kemantapan Routh – Hurwitz	143
D. Metode Kemantapan Pecahan Kontinu	145
E. Ringkasan	146
F. Latihan	146
BAB IX METODE TEMPAT	
KEDUDUKAN AKAR (ROOT LOCUS)	149
A. Tempat Kedudukan Akar	150
B. Sketsa Diagram Kedudukan Akar-Akar	152
C. Ringkasan	178
D. Latihan	179
BAB X TANGGAPAN FREKUENSI	181
A. Diagram Bode	181
B. Diagram Polar	198
C. Diagram Logaritma Bati Terhadap Fasa	199
D. Ringkasan	207
E. Latihan	207
REFERENSI	209

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Diagram kotak sistem pengaturan dengan empat elemen dasar	3
Gambar 2	Diagram Kotak Sistem Pengaturan Dengan Titik Perjumlahan	4
Gambar 3	Respon waktu sistem pengaturan Pada masukan set point tertentu	5
Gambar 4	Sistem pengaturan suhu ruangan	6
Gambar 5	Diagram kotak dari sistem	6
Gambar 6	Sistem pengaturan suhu ruangan yang membutuhkan seorang operator	6
Gambar 7	Diagram kotak dari sistem Gambar 5	7
Gambar 8	Pengaturan suhu ruangan dengan switch bimetal	8
Gambar 9	.Diagram kotak sistem pengaturan suhu dengan Sb	8
Gambar 10	Diagram skematis sistem pengaturan posisi	9
Gambar 11	Diagram kotak dari sistem pada Gambar 9	9
Gambar 12	Bagan sistem pengaturan posisi dengan swith S	10
Gambar 13	Diagram kotak dari sistim pada Gambar 10.	10
Gambar 14	Bagan sistem pengaturan posisi dengan Switch	11
Gambar 15	Bagan sisstem pengaturan posisi yang bekerja otomatis	12
Gambar 16	Diagram kotak dari sistem pengaturan	12
Gambar 17	Rangkaian listrik yang dianggap Sebagai controller	13

Gambar 18	Suatu rangkaian beban Generator DC	14
Gambar 19	Sistem Mekanis Sederhana	18
Gambar 20	Rangkaian Setara Sistem Mekanis Sederhana	18
Gambar 21	Rangkaian Setara Dengan Sumber Arus	19
Gambar 22	Penguat Emiter Bersama	23
Gambar 23	Sistem Dengan Umpan Balik Negatif	28
Gambar 24	Sistem Dengan Umpan Balik Positif	29
Gambar 25	Sistem dengan Umpan Balik Negatif Dan Gangguan	30
Gambar 26	Sistem dengan Umpan Balik Negatif Dan Gangguan	31
Gambar 27	Sistem dengan Umpan Balik Negatif Dan Gangguan	33
Gambar 28	Sistem Dengan Umpan Balik Negatif Dan Gangguan	33
Gambar 29	Sistem Dengan Umpan Balik Negatif Bergangguan	34
Gambar 30	Sistem Dengan Umpan Balik Positif Bergangguan	35
Gambar 31	Sistem Dengan Umpan Maju	37
Gambar 32	Sistem berumpan Balik Dengan Umpan Balik Lain Dalam Sistem	38
Gambar 33	Sederhanakan Gambar 32	38
Gambar 34	Penyederhanaan dari Gambar 33	39
Gambar 35	Penyederhanaan Gambar 34	39

Gambar 36	Penyederhanaan Gambar 35	39
Gambar 37	Sistem Pengaturan Dengan Umpan Balik Negatif	62
Gambar 38	Diagram Kotak Sistem Pengaturan Dua Posisi	62
Gambar 39	Diagram Kotak Sistem Pengaturan Proporsional	63
Gambar 40	Diagram Kotak Sistem Pengaturan Integral	63
Gambar 41	Diagram Kotak sistem Pengaturan Proporsional Integral	64
Gambar 42	Diagram Kotak sistem Pengaturan Proporsional Defrensial	65
Gambar 43	Diagram Kotak Sistem Pengaturan Proporsional Defrensial Integral	66
Gambar 44	Motor Arus Searah Dengan Pengaturan Jangkar	66
Gambar 45	Diagram Kotak GGL Lawan Motor	67
Gambar 46	Diagram Kotak Rangkaian Jangkar	68
Gambar 47	Diagram Kotak Rangkaian Jangkar	68
Gambar 48	Diagram Kotak Torsi	69
Gambar 49	Diagram Kotak Sistem Pengaturan Arus Jangkar Motor	69
Gambar 50	Motor Arus Searah Dengan Pengaturan Medan	71
Gambar 51	Diagram Kotak Sistem Pengaturan Arus Medan Motor	72
Gambar 52	Motor Arus Searah Dengan Pengaturan Medan Dan Potensio	73
Gambar 53	Diagram Kotak Motor Arus Searah Dengan Pengaturan Medan Dan Potensio	73

Gambar 54	Diagram Kotak Motor Arus Searah	74
Gambar 55	Diagram Kotak Motor Arus Searah Dengan Pengaturan Medan Dan Potensio	74
Gambar 56	Rangkaian Motor Dengan Pengaturan Medan Dan Tacho Generator	75
Gambar 57	Diagram kotak Motor Arus Searah Dengan Pengaturan Medan Dan Tacho Generator	76
Gambar 58	Grafik Aliran Sinyal	80
Gambar 59	Diagram Kotak Persamaan 111	82
Gambar 60	Diagram Kotak Persamaan 113	83
Gambar 61	Grafik aliran sinyal persamaan	83
Gambar 62	Penyederhanaan Gambar 57	83
Gambar 63	Diagram Kotak Sistem Berumpan Balik Negatip	84
Gambar 64	Diagram Kotak Ekuivalen Gambar 63	84
Gambar 65	Grafik aliran Sinyal Gambar 63	84
Gambar 66	Rangkaian R dan C Berderet	84
Gambar 67	Rangkaian Dalam Bentuk Fungsi (s) Untuk A dan C Berderet	85
Gambar 68	Diagram Kotak Dua Rangkaian RC Dihubung Deret	86
Gambar 69	Grafik Aliran Sinyal Gambar 65	86
Gambar 70	Respon-respon sistem	99
Gambar 71	Dua Buah Sistem Orde Satu Yang Dihubungkan Deret	111

Gambar 72	Rangkaian R dan C Sebagai Sistem Orde Satu	113
Gambar 73	Dua Buah Rangkaian R Dan C Yang Dihubungkan Deret	113
Gambar 74	Blok Diagram Ideal Rangkaian RC Dihubung Deret	113
Gambar 75	Blok diagram Rangkaian RC	114
Gambar 76	Blok Diagram Dua Rangkaian RC Dihubung Deret	114
Gambar 77	Penyederhanaan Gambar 76	116
Gambar 78	Blok Diagram Gambar 74	116
Gambar 79	Dua Buah Rangkaian R Dan C Yang Dihubungkan Deret Dengan Penyangga	116
Gambar 80	Blok Diagram Dua Rangkaian RC Dihubung Deret Dengan Penyangga	117
Gambar 81	Penyederhanaan Gambar 80	118
Gambar 82	Motor Arus Searah Dengan Arus Medan Tetap	118
Gambar 83	Diagram Kotak Persamaan 127	119
Gambar 84	Diagram Kotak Persamaan 128	119
Gambar 85	Diagram Kotak Persamaan 132	120
Gambar 86	Diagram Kotak Motor Arus Searah Dengan Arus Medan Tetap	120
Gambar 87	Diagram Kotak Sistem Orde Dua	122
Gambar 88	Sistem Orde Dua Terhadap Isyarat Undak	127
Gambar 89	Tanggapan Sistem Orde Dua Dengan redaman Kurang	128

Gambar 90	Sistem Pengaturan Dengan Umpan Balik Negatif	140
Gambar 91	Sistem Pengaturan Lingkaran Tertutup Dengan Umpan Balik Negatif	151
Gambar 92	Penyederhanaan Gambar 91	176
Gambar 93	Tempat Kedudukan Akar-Akar Persamaan 176	179
Gambar 94	Sistem Pengaturan Lingkaran Tertutup	179
Gambar 95	Penentuan Titik Pecah	181
Gambar 96	Tempat Kedudukan Akar Sistem Gambar 95	183
Gambar 97	Sistem Pengaturan Lingkaran Tertutup Dengan Umpan Balik Negatif	183
Gambar 98	Tempat Kedudukan Akar	185
Gambar 99	Sistem Pengaturan Lingkaran Tertutup Dengan Umpan Balik Negatif	187
Gambar 100	Tempat Kedudukan Akar-Akar	189
Gambar 101	Diagram Polar	238
Gambar 102	Diagram Logaritma Terhadap Fasa	240

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Bagan Kotak Serta Bagan Kotak Ekuivalennya	40
Tabel 2	Aljabar Grafik Aliran Sinyal	81
Tabel 3	kesalahan keadaan tunak dengan penguatan K	106

BAB I

PENDAHULUAN

Untuk mempelajari Dasar sistem pengaturan, diperlukan pengetahuan mengenai sistim dasar sistem pengaturan. Dengan pengetahuan tersebut akan diketahui kegunaan elemen /komponen yang membentuk sistim pengaturan.

A. PENGERTIAN SISTEM PENGATURAN.

Pengertian Sistem adalah

Kumpulan elemen / komponen yang saling berkaitan berinteraksi satu sama lainnya dan bekerja bersama-sama dengan tujuan tertentu.

Sistem Pengaturan adalah

Sistem yang mempunyai harga sesaat dari nilai sebenarnya di bandingkan dengan nilai yang diinginkan, sehingga selisih tersebut menghasilkan sinyal untuk mengkoreksi dan mengatur sistem tanpa campur tangan manusia.

Variabel Dinamis adalah

Setiap parameter fisis yang dapat berubah secara spontan atau pengaruh dari luar adalah suatu variable dinamis. Kata ‘Dinamis’ memberikan pengertian adanya perubahan nilai dalam satuan waktu. Contoh Variabel dinamis : Suhu, Tekanan, Kecepatan aliran, Ketinggian (level), Daya, Intensitas cahaya, Kelembaman dlbs.

Regulasi adalah

Salah satu tujuan dari Sistem pengaturan adalah untuk mempertahankan beberapa variable dinamis agar tetap berada (atau dekat) dengan nilai yang diinginkan. Dengan demikian sistem pengaturan harus secara terus menerus melakukan aksi agar variable dinamis tetap berada/ dekat dengan nilai yang diinginkan. Proses untuk mempertahankan agar variabel dinamis tetap berada dalam nilai yang diinginkan disebut sebagai regulasi. Dapat dikatakan Sistem Pengaturan meregulasi variabel dinamis.

BAB II

BENTUK MATEMATIS

Bentuk matematis yang di bahas dalam bab ini adalah cara kita memperoleh persamaan matematis untuk menggambarkan keadaan fisis atau sistem, sehingga suatu system fisis dapat di analisa terlebih dahulu secara teoritis.

A. ANALOGI RANGKAIAN

Suatu masalah utama saat kita merancang suatu system pengaturan adalah bagai mana kita dapat informasi fisis suatu system menjadi suatu persamaan matematik [1]. Hal ini adalah merupakan suatu yang sangat penting saat kita merancang suatu system, karena tanpa kita melakukan analisa terlebih dahulu kita tidak mempunyai bayangan sifat atau pun kelakuan dari system yang sedang kita rancang. Secara matematis kita akan menjumpai suatu system merupakan system linier atau pun sistem tak linier [2]. Sebagai contoh sistem yak linier adalah suatu sistem mekanis sederhana yang terdiri dari benda ber-massa m dan suatu pegas peredam seperti pada Gambar 19 di bawah.

Untuk system tersebut berlaku persamaan tenaga:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + f \frac{dy}{dt} + k \cdot y = F \quad (1)$$

Persamaan (1) tersebut dapat kita setarakan dengan suatu rangkaian listrik seperti Gambar 19 di bawah ini.

BAB III

NISBAH PINDAH DAN DIAGRAM KOTAK

Di depan kita telah menyinggung bahwa apa yang perlu diatur belumlah tentu mengenai masalah elektrik, karena dapat saja berupa gejala fisika ataupun yang lain. Tetapi bukanlah berarti kita perlu menguasai secara mendalam masalah-masalah yang akan diatur [4]. Cukuplah bagi kita bila dapat memperoleh persamaan matematik untuk setiap gejala yang akan diatur, sehingga kita dapat memperoleh nisbah pindah dalam sistem tersebut. Karena itu sering dalam memecahkan masalah dibidang pengaturan diperlukan juga sarjana dari disiplin ilmu yang lain selain sarjana teknik elektro. Bila kita telah memperoleh nisbah pindah untuk masing-masing kotak yang menggambarkan nisbah pindah dari sistem pengaturan yang akan kita selidiki, maka kita dapat menerapkan aljabar bagan kotak guna memperhitungkan keluaran dari sistem kita [5],[6].

A. PENGERTIAN NISBAH PINDAH (TRANSFER FUNCTION).

Yang disebut sebagai nisbah pindah (*transfer function*) sebenarnya tidak jauh berbeda dengan apa yang dikenal sebagai bati (gain) dibidang elektronika. Perbedaan antara bati dengan nisbah pindah sebenarnya hanya berkaitan dengan dimensi (satuan) nya. Bila bati kita kenal sebagai sesuatu yang tanpa dimensi maka nisbah pindah dapat terjadi mempunyai dimensi ataupun tanpa dimensi [7]. Karena bati pun dapat dianggap sebagai suatu nisbah pindah. Hal ini terjadi karena suatu nisbah pindah dapat dianggap sebagai sesuatu yang menyatakan hubungan matematis antara masukan dan keluaran [8],[9].

$$\text{Nisbah Pindah Suatu Sistem} = \frac{\text{Keluaransistem}}{\text{Masukansistem}} \quad (4)$$

BAB IV

SISTEM PENGATURAN BERUMPAN BALIK

Seperti telah dikemukakan di depan tujuan kita mempelajari suatu sistem pengaturan yang masih melibatkan manusia (manual) dalam pengoperasiannya menjadi suatu sistem pengaturan yang tanpa melibatkan peranan manusia (otomatis) dalam pengoperasiannya.

A. SISTEM PENGATURAN DENGAN UMPAN BALIK

Bila suatu sistem pengaturan tanpa menggunakan umpan balik, maka biasa mengatakan sistem tersebut merupakan sistem lingkaran terbuka. Ciri suatu sistem lingkaran terbuka adalah apabila terjadi perubahan keluaran sistem tersebut. Sedangkan pada suatu sistem pengaturan tujuan kita adalah perubahan patokan, atau dengan perkataan lain pengaruh gangguan tak boleh mengakibatkan perubahan pada keluaran sistem tersebut.

Bila si pelaku tindakan adalah manusia, masalah tersebut bukan merupakan sesuatu yang sulit karena manusia dapat membedakan pengaruh patokan ataukah gangguan. Permasalahan kita kini adalah si pelaku tindakan adalah suatu perangkat peralatan, maka merupakan suatu hal yang perlu dipecahkan adalah bagaimana agar peralatan tersebut dapat membedakan perubahan patokan atau gangguan. Untuk itu orang memanfaatkan umpan balik yang dipasangkan pada sistem pengaturan tersebut dan umpan balik yang digunakan umumnya adalah umpan balik negatif.

Pada sistem dengan umpan balik negatif ini, yang dibandingkan dengan keluaran hanyalah patokan sehingga diharapkan pengaruh gangguan tak mempengaruhi keluaran sistem. Selain itu masalah yang perlu diperhatikan adalah penggunaan sensor untuk mendeteksi keluaran dari sistem. Sistem pengaturan dengan umpan balik tersebut dapat anda lihat pada Gambar 37 di bawah [18].

BAB V

GRAFIK ALIRAN SINYAL

Pada bab-bab didepan kita telah mempelajari cara mencari nisbah pindah sistem dengan cara penyederhanaan diagram kotak atau yang kita kenal dengan aljabar bagan kotak. Pada bab ini kita akan mempelajari tentang grafik aliran sinyal yang juga merupakan salah satu cara untuk mencari hubungan antar peubah pada suatu sistem tanpa perlu menyederhanakan diagram kotak terlebih dahulu.

Istilah-istilah yang digunakan pada grafik aliran sinyal antara lain adalah :

- Simpul merupakan suatu titik yang menyatakan suatu peubah atau sinyal.
- Transmitansi, merupakan bati atau penguatan antar dua simpulkan dua buah simpul.
- Loop* atau lingkaran, merupakan lintasan tertutup.
- lintasan maju, merupakan lintasan Dari simpul masukan menuju simpul keluaran dan hanya melewati setiap simpul sekali.

A. ALJABAR GRAFIK ALIRAN SINYAL

Pada aljabar grafik aliran sinyal ini, kita dapat menyatakan persamaan aljabar dengan menggunakan pedoman seperti pada Tabel 2 di bawah.

B. RUMUS BATI MASON UNTUK GRAFIK ALIRAN SINYAL

Adalah merupakan suatu rumus yang biasa digunakan untuk menghitung aljabar grafik aliran sinyal. Untuk Itu perhatikan grafik aliran sinyal seperti pada Gambar 58 di bawah [28], [29].

BAB VI

PERFORMANSI SISTEM KENDALI

Performansi sistem kendali tergantung pada kualitas komponen dalam subsistem dan sistem secara keseluruhan. Semakin berkualitas komponen-komponen yang dipergunakan dalam sistem kendali akan semakin baik performansi sistem kendali tersebut. Disain sistem kendali dan pemilihan komponen pembangun sistem harus memenuhi persyaratan-persyaratan tertentu, diantaranya keterukuran, sensitivitas, keterkendalian, kestabilan, kehandalan, dan kesalahan minimum disain [42].

A. KETERUKURAN (KETEROBSERVASIAN)

Sebuah sistem kendali dapat dievaluasi performansinya apabila respon sistem terukur seluruh parameternya. Misalnya, keterukuran terhadap amplitudo, keterukuran terhadap frekwensi, keterukuran terhadap fasa, keterukuran terhadap waktu mati (*dead time*), waktu puncak (*peak time*), waktu stabil (*settle time*), keterukuran terhadap perubahan parameter pada sistem-sistem yang dinamis, dan keterukuran terhadap nilai kesalahan (*error*). Keterukuran diartikan besaran para meter dapat ditetapkan secara presisi berdasarkan alat ukur yang presisi pula atau dengan kata lain alat ukur harus mampu mengukur respon sistem kendali. Pengendali berumpan balik, dalam hal ini sensor atau transduser harus mampu pula merasakan dan mentransformasikan nilai parameter dan perubahannya [43].

Ilmu-ilmu sosial menjenaralisasikan kesimpulan dari sampel terhadap populasi dengan taraf signifikansi 0,05 atau 0,01; yang artinya tingkat kekeliruan 5% atau 1% dalam arti lain kesimpulan dapat dipercaya 95% atau 99%. Ilmu-ilmu teknik, khususnya teknik pengaturan atau teknik kendali harus mampu mencapai tingkat kesalahan mendekati nol, akan tetapi semua tergantung kemampuan alat ukur dan sifat sistem yang akan dikendalikan.

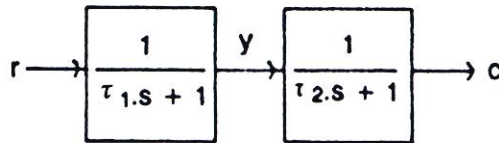
Berikut ini didefenisikan sebuah himpunan yang dapat dicapai dalam waktu t , sehingga $C(t)$ = himpunan titik awal x_0 yang mengakibatkan ada nilai yang terkendalikan sebesar $x(t) = 0$ dalam waktu yang terbatas. Selanjutnya, misalkan $M^{n \times m}$ adalah himpunan matriks $n \times m$.

BAB VII

SISTEM ORDE DUA

Pada bab-bab didepan kita telah mengenal adanya sistem yang bersifat integrator, defrensiator ataupun orde satu dengan ciri pada fungsi transfer sistem tersebut pangkat dari s yang tertinggi adalah satu. Kini kita akan mencoba mempelajari sistem orde dua. Pada prinsipnya suatu sistem orde dua adalah merupakan dua buah sistem orde satu yang dihubungkan deret.

A. SISTEM ORDE DUA DARI DUA BUAH SISTEM ORDE SATU YANG DIHUBUNGKAN DERET.



Gambar 71. Dua Buah Sistem Orde Satu Yang Dihubungkan Deret

Pada Gambar 71. tersebut tampak dua buah sistem orde satu yang dihubungkan deret yaitu :

Orde satu pertama dengan fungsi transfer : $\frac{Y}{r} = \frac{1}{\tau_1 s + 1}$

Orde satu kedua dengan fungsi transfer : $\frac{c}{y} = \frac{1}{\tau_2 s + 1}$

Sesuai dengan alabar bagan kotak kita dapatkan fungsi transfer :

$$\frac{c}{r} = \frac{1}{(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)}$$
$$\frac{c}{r} = \frac{1}{\tau_1 \tau_2 s^2 + \tau_1 s + \tau_2 s + 1}$$

BAB VIII

KEMANTAPAN SISTEM

Suatu sistem akan dikatakan dalam keadaan mantap bila tanggapannya dalam batas-batas tertentu. Khusus untuk sistem linier, sistem tersebut akan dikatakan mantap jika dan hanya jika harga mutlak tanggapan terhadap pulsa $r(t)$ di integrasikan dalam daerah yang tak terhingga akan mempunyai nilai maksimum.

Fungsi transfer lingkaran tertutup dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan :

$$G(s) = \frac{P(s)}{Q(s)} \quad (165)$$

dengan :

$Q(s)$ merupakan persamaan karakteristik sistem yang akar-akar persamaannya merupakan kutub (pole).

$P(s)$ akar-akar persamaannya merupakan nol (zero) sistem.

Untuk memperoleh tanggapan yang terbatas, yaitu agar sistem stabil maka kutub-kutub dari fungsi transfer sistem harus mempunyai bagian nol yang negatif, atau dengan perkataan lain terletak di sebelah kiri bidang s .

Untuk menguji kemantapan suatu sistem dapat dilakukan dengan :

1. Metode kemantapan Routh
2. Metode kemantapan Hurwitz
3. Metode kemantapan Routh-Hurwitz
4. Metode kemantapan Pecahan Kontinu

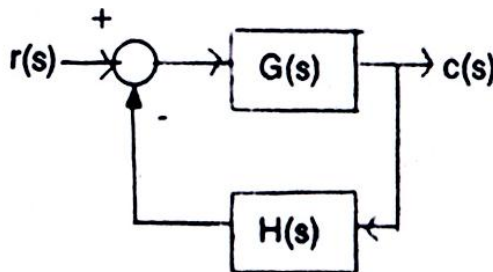
A. METODE KEMANTAPAN ROUTH

Metode ini merupakan salah satu cara untuk menguji kemantapan sistem yang dapat diterapkan pada suatu persamaan karakteristik. Sebagai contoh penggunaan pada persamaan karakteristik orde n . Kriteria kemantapan Routh hanya memberikan informasi kemantapan mutlak sistem pengaturan yang sedang di analisa. Yang mengandung arti hanya untuk mengetahui sistem

BAB IX

METODE TEMPAT KEDUDUKAN AKAR (ROOT LOCUS)

Metode ini adalah merupakan salah satu cara untuk menganalisa kemandapan suatu sistem pengaturan lingkaran tertutup bila terdapat parameter dalam sistem tersebut yang diubah-ubah. Metode tempat kedudukan akar atau yang sering pula dikenal sebagai Root Locus adalah merupakan suatu cara analisa kemandapan sistem secara grafis. Untuk itu kita dapat melihat suatu sistem seperti pada Gambar 82 dibawah.



Gambar 82. Sistem Pengaturan Lingkaran Tertutup Dengan Umpan Balik Negatif

Sesuai dengan aljabar bagan kotak kita dapatkan fungsi transfer sistem adalah :

$$\frac{c(s)}{r(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s).H(s)} \quad (167)$$

Sehingga Gambar 83 [70], tersebut dapat kita sederhanakan menjadi Gambar 83 dibawah.

BAB X

TANGGAPAN FREKUENSI

Yang dimaksud dengan tanggapan frekuensi pada sistem pengaturan adalah tanggapan dari sistem yang kita analisa terhadap masukan sistem yang berupa isyarat sinus.

Fungsi transfer dalam kawasan frekuensi biasa dinyatakan dalam bentuk bilangan kompleks dan disajikan dalam bentuk liku nilai bati (penguatan) dan sudut fasa dengan frekuensi sebagai parameter.

Misal : $G(j.w) = A(w) + j.B(w)$

Sehingga : $|G(j.w)| = \sqrt{[A(w)]^2 + [B(w)]^2}$

Sedangkan sudut fasa yang dimaksudkan adalah :

$$\Phi(j.w) = \arctan \frac{B(w)}{A(w)}$$

Tiga macam penyajian yang biasa digunakan untuk menampilkan fungsi transfer dalam kawasan frekuensi, yaitu :

- diagram Bode
- diagram Polar
- diagram Log Bati terhadap Fasa

A. DIAGRAM BODE

Suatu diagram Bode sebenarnya merupakan dua macam tanggapan terhadap frekuensi yaitu :

- tanggapan nilai bati dari fungsi transfer
 - tanggapan fasa dari fungsi transfer
- kedua tanggapan tersebut digambarkan dengan sumbu logaritma frekuensi.

REFERENSI

- [1] R. C. Dorf and R. H. Bishop, *Modern Control Systems*, 14th ed. Hoboken, NJ, USA: Pearson, 2021.
- [2] K. Ogata, *Modern Control Engineering*, 5th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2010.
- [3] N. S. Nise, *Control Systems Engineering*, 8th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2019.
- [4] B. C. Kuo and F. Golnaraghi, *Automatic Control Systems*, 10th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2017.
- [5] K. J. Åström and R. M. Murray, *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*, 2nd ed. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 2021.
- [6] S. Skogestad and I. Postlethwaite, *Multivariable Feedback Control: Analysis and Design*, 2nd ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2005.
- [7] G. F. Franklin, J. D. Powell, and A. Emami-Naeini, *Feedback Control of Dynamic Systems*, 8th ed. Hoboken, NJ, USA: Pearson, 2019.
- [8] G. C. Goodwin, S. F. Graebe, and M. E. Salgado, *Control System Design*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2001.
- [9] B. Friedland, *Control System Design: An Introduction to State-Space Methods*. New York, NY, USA: Dover Publications, 2005.
- [10] H. K. Khalil, *Nonlinear Control*, 1st ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson, 2014.
- [11] R. C. Dorf, *Modern Control Systems*, 1st ed. Reading, MA, USA: Addison-Wesley, 1974.
- [12] H. Schättler and U. Ledzewicz, *Geometric Optimal Control: Theory, Methods and Examples*. New York, NY, USA: Springer, 2012.
- [13] J. Bechhoefer, *Control Theory for Physicists*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2021.
- [14] R. F. Stengel, *Stochastic Optimal Control: Theory and Application*. New York, NY, USA: Wiley, 1994.
- [15] C. G. Cassandras and S. Lafortune, *Introduction to Discrete Event Systems*, 2nd ed. New York, NY, USA: Springer, 2008.
- [16] M. Athans and P. L. Falb, *Optimal Control: An Introduction to the Theory and Its Applications*. New York, NY, USA: Dover Publications, 2006.
- [17] P. Zarchan and H. Musoff, *Fundamentals of Kalman Filtering: A Practical Approach*, 4th ed. Reston, VA, USA: AIAA, 2015.
- [18] B. P. Gibbs, *Advanced Kalman Filtering, Least-Squares and Modeling: A Practical Handbook*. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2011.

- [19] S. Palani, *Automatic Control Systems: With MATLAB*. New York, NY, USA: Springer, 2022.
- [20] A. Mondal, *Controller Design for Industrial Applications*. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2025.
- [21] J.-P. Elloy and J.-M. Piasco, *Classical and Modern Control with Worked Examples*. Oxford, UK: Pergamon Press, 1981.
- [22] A. Swain, *Control Systems Engineering Principles and Practice: Classical and Modern Control*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2026.
- [23] H. J. Marquez, *Nonlinear Control Systems: Analysis and Design*. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2003.
- [24] H. Asada and J.-J. E. Slotine, *Robot Analysis and Control*. New York, NY, USA: Wiley, 1986.
- [25] M. Vidyasagar, *Control System Synthesis: A Factorization Approach*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1985.
- [26] T. Glad and L. Ljung, *Control Theory: Multivariable and Nonlinear Methods*. London, UK: Taylor & Francis, 2000.
- [27] J. Zabczyk, *Mathematical Control Theory: An Introduction*. Boston, MA, USA: Birkhäuser, 1992.
- [28] O. L. R. Jacobs, *Introduction to Control Theory*, 2nd ed. Oxford, UK: Oxford University Press, 1993.
- [29] J. J. D'Azzo and C. H. Houpis, *Linear Control System Analysis and Design: Conventional and Modern*, 4th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1995.
- [30] R. C. Dorf and R. H. Bishop, *Modern Control Systems*, 10th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2005.
- [31] P. Dransfield, *Control System Design: A State Space Approach*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1968.
- [32] W. L. Brogan, *Modern Control Theory*, 3rd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1991.
- [33] C. T. Chen, *Linear System Theory and Design*, 3rd ed. New York, NY, USA: Oxford University Press, 1999.
- [34] J. B. Burl, *Linear Optimal Control: H₂ and H-infinity Methods*. Menlo Park, CA, USA: Addison-Wesley, 1999.
- [35] K. Zhou, J. C. Doyle, and K. Glover, *Robust and Optimal Control*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1996.
- [36] P. J. Antsaklis and A. N. Michel, *Linear Systems*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1997. [
- 37] T. Kailath, *Linear Systems*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1980.
- [38] R. W. Brockett, *Finite Dimensional Linear Systems*. New York, NY, USA: Wiley, 1970.

- [39] F. L. Lewis, *Applied Optimal Control and Estimation*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1992.
- [40] A. E. Bryson and Y. C. Ho, *Applied Optimal Control: Optimization, Estimation and Control*. New York, NY, USA: Wiley, 1975.
- [41] J. M. Maciejowski, *Multivariable Control Design*. Wokingham, UK: Addison-Wesley, 1989.
- [42] B. D. O. Anderson and J. B. Moore, *Optimal Control: Linear Quadratic Methods*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1990.
- [43] M. J. Grimble, *Robust Industrial Control: Optimal Design Approach for Polynomial Systems*. New York, NY, USA: Prentice Hall, 1994.
- [44] J. C. Doyle, B. A. Francis, and A. R. Tannenbaum, *Feedback Control Theory*. New York, NY, USA: Macmillan, 1992.
- [45] B. A. Francis, *A Course in H-infinity Control Theory*. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1987.
- [46] M. Morari and E. Zafiriou, *Robust Process Control*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1989.
- [47] K. J. Åström and B. Wittenmark, *Adaptive Control*, 2nd ed. Reading, MA, USA: Addison-Wesley, 1995.
- [48] S. Sastry and M. Bodson, *Adaptive Control: Stability, Convergence and Robustness*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1989.
- [49] P. A. Ioannou and J. Sun, *Robust Adaptive Control*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1996.
- [50] K. J. Åström, *Introduction to Stochastic Control Theory*. New York, NY, USA: Academic Press, 1970.
- [51] H. J. Kushner, *Stochastic Stability and Control*. New York, NY, USA: Academic Press, 1967.
- [52] W. M. Wonham, *Linear Multivariable Control: A Geometric Approach*, 3rd ed. New York, NY, USA: Springer-Verlag, 1985.
- [53] G. Basile and G. Marro, *Controlled and Conditioned Invariants in Linear System Theory*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1992.
- [54] J. C. Willems, *The Analysis of Feedback Systems*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1971.
- [55] R. E. Kalman, P. L. Falb, and M. A. Arbib, *Topics in Mathematical System Theory*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1969.
- [56] D. G. Luenberger, *Introduction to Dynamic Systems: Theory, Models, and Applications*. New York, NY, USA: Wiley, 1979.
- [57] L. S. Pontryagin, V. G. Boltyanskii, R. V. Gamkrelidze, and E. F. Mishchenko, *The Mathematical Theory of Optimal Processes*. New York, NY, USA: Wiley Interscience, 1962.

- [58] R. Bellman, *Dynamic Programming*. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 1957.
- [59] D. P. Bertsekas, *Dynamic Programming and Optimal Control*, 4th ed. Belmont, MA, USA: Athena Scientific, 2012.
- [60] H. Kwakernaak and R. Sivan, *Linear Optimal Control Systems*. New York, NY, USA: Wiley-Interscience, 1972.
- [61] B. D. O. Anderson and J. B. Moore, *Optimal Filtering*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1979.
- [62] A. H. Jazwinski, *Stochastic Processes and Filtering Theory*. New York, NY, USA: Academic Press, 1970. [63] P. S. Maybeck, *Stochastic Models, Estimation, and Control*. New York, NY, USA: Academic Press, 1979.
- [64] R. G. Brown and P. Y. C. Hwang, *Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering*, 4th ed. New York, NY, USA: Wiley, 2012.
- [65] G. G. Goodwin and K. S. Sin, *Adaptive Filtering, Prediction and Control*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1984.
- [66] L. Ljung, *System Identification: Theory for the User*, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1999.
- [67] T. Söderström and P. Stoica, *System Identification*. New York, NY, USA: Prentice Hall, 1989.
- [68] J. N. Juang, *Applied System Identification*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1994.
- [69] E. K. P. Chong and S. H. Zak, *An Introduction to Optimization*, 4th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2013.
- [70] S. Boyd and L. Vandenberghe, *Convex Optimization*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2004.
- [71] J. Nocedal and S. J. Wright, *Numerical Optimization*, 2nd ed. New York, NY, USA: Springer, 2006.
- [72] R. Fletcher, *Practical Methods of Optimization*, 2nd ed. New York, NY, USA: Wiley, 1987.
- [73] D. G. Luenberger and Y. Ye, *Linear and Nonlinear Programming*, 4th ed. New York, NY, USA: Springer, 2016.
- [74] M. S. Bazaraa, H. D. Sherali, and C. M. Shetty, *Nonlinear Programming: Theory and Algorithms*, 3rd ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2006.
- [75] J.-J. E. Slotine and W. Li, *Applied Nonlinear Control*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1991.

BUKU AJAR

DASAR SISTEM KONTROL

Buku ajar ini membahas konsep dasar sistem kontrol secara sistematis dan aplikatif. Dimulai dari teori dasar, pemodelan matematis, analisis sistem di domain waktu dan frekuensi, hingga perancangan pengendali dan implementasi pada sistem nyata. Disusun dengan pendekatan yang mudah dipahami serta dilengkapi dengan contoh dan ilustrasi, buku ini dirancang untuk mahasiswa, akademisi, dan praktisi teknik yang ingin memahami dan menerapkan prinsip-prinsip sistem kontrol secara komprehensif.

TOPIK YANG DIBAHAS

- ✓ Konsep Dasar Sistem Kontrol
- ✓ Pemodelan Matematis Sistem
- ✓ Analisis Sistem di Domain Waktu
- ✓ Analisis Sistem di Domain Frekuensi
- ✓ Stabilitas Sistem
- ✓ Perancangan Pengendali
- ✓ Implementasi dan Aplikasi pada Sistem Nyata

 www.penerbitwidina.com
 @penerbitwidina
 penerbit widina
 penerbitwidina@gmail.com
 widina store
 widina bookstore

Layanan Pembaca & Penerbitan Buku
 0815-7000-699



SCANME

Teknik & Informatika

ISBN 978-634-317-304-5



9

786343

173045