



















**BERITA ACARA PERKULIAHAN**  
 (PRESENTASI KEHADIRAN DOSEN)  
 SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2022/2023  
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S.1 & D.III -ISTN

Mata Kuliah/kode	:	Sistem Kendali Optimal /227405	Semester	:	3
Dosen	:	1. M.Ikrar Yamin, ST, MTrT 2.Ariman, ST, MT	SKS	:	3
Hari	:	Senin	Kelas	:	A
Jam	:	13:00-15:30	Ruang	:	D2/PJJ

No.	TANGGAL	MATERI KULIAH	JML MHS HADIR	TANDA TANGAN DOSEN	
1.	Senin, 19 September 2022	Pengantar Kuliah Teknik Kendali Optimal	2		
2.	Senin, 26 September 2022	Konsep dan Jenis Sistem Kendali	2		
3.	Senin, 30 Oktober 2022	Model Mekanik	2		
4.	Senin, 10 Oktober 2022	Model Elektrik	2		
5.	Senin, 17 Oktober 2022	Diskusi, Tanya Jawab Serta Tugas	2		
6.	Senin, 24 Oktober 2022	Ruang Keadaan (State Space)	2		
7.	Senin, 31 Oktober 2022	Dasar Kontrol Optimal	2		
8.	Senin, 7 November 2022	<b>UJIAN AKHIR SEMESTER (UAS)</b>	2		

	<b>BERITA ACARA PERKULIAHAN</b> (PRESENTASI KEHADIRAN DOSEN) SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2022/2023 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S.1 & D.III -ISTN					
	Mata Kuliah/kode	:	Sistem Kendali Optimal /227405	Semester	:	3
	Dosen	:	1. M.Ikrar Yamin, ST, MTrT 2.Ariman, ST, MT	SKS	:	3
	Hari	:	Senin	Kelas	:	A
	Jam	:	13:00-15:30	Ruang	:	D2/PJJ

No.	TANGGAL	MATERI KULIAH	JML MHS HADIR	TANDA TANGAN DOSEN	
9.	Selasa, 21 November 2022	Kontrol Optimal Dasar	2		
10.	Selasa, 28 November 2022	Kontrol Optimal LQR	2		
11.	Selasa, 05 Desember 2022	Contoh Soal Kontrol Optimal LQR	2		
12.	Selasa, 12 Desember 2022	Kontrol Optimal LQE	2		
13.	Selasa, 19 Desember 2022	Contoh-contoh soal KO-LQE	2		
14.	Selasa, 26 Desember 2022	Kontrol Optimal LQG	2		
15.	Selasa, 02 Januari 2023	Contoh-contoh soal KO-LQG	2		
16.	Selasa, 16 Januari 2023	<b>UJIAN AKHIR SEMESTER (UAS)</b>	2		

Jakarta, 01 Februari 2023



# DAFTAR NILAI

## SEMESTER GANJIL REGULER TAHUN 2022/2023

Program Studi : Teknik Elektro S1

Matakuliah : Sistem Kendali Optimal

Kelas / Peserta : A

Perkuliahan : Kampus ISTN Bumi Srengseng Indah

Dosen : 1. Moh. Ikrar Yamin, ST, MTrT  
2. Ariman, ST,MT

Hal. 1/1

No	NIM	N A M A	ABSEN	TUGAS	UTS	UAS	MODEL	PRESENTASI	NA	HURUF
			10%	20%	30%	40%	0%	0%		
1	18220005	Syafrudin	100	78	65	75	0	0	75.1	A-
2	21220701	Wira Dwicaksana	100	88	70	75	0	0	78.6	A-

Rekapitulasi Nilai							
A	0	B+	0	C+	0	D+	0
A-	2	B	0	C	0	D	0
		B-	0	C-	0	E	0

Jakarta, 31 January 2023

Dosen Pengajar 1



**Moh. Ikrar Yamin, ST.MTrT**

Dosen Pengajar 2



**Ariman, ST, MT**



# Sistem Kendali Optimal

## 3 sks = 150 menit = 2h : 30m

Kode Matakuliah : 227405

**Pokok Bahasan : Kontrol Optimal Dasar**

Dosen Pengampu : M.Ikrar. Y , ST, MTrp

Dosen Pengajar : Ariman, ST, MT

ariman245@gmail.com

WhatsApp : 081298193318

Waktu : Senin, 13:00-15:30

# Kontrol Optimal Dasar

Tujuan :

- Memberikan pengenalan awal kepada mahasiswa tentang teori dasar kontrol optimal.
- Mengetahui prosedur yang dilakukan dalam melakukan perancangan sistem kontrol yang optimal.

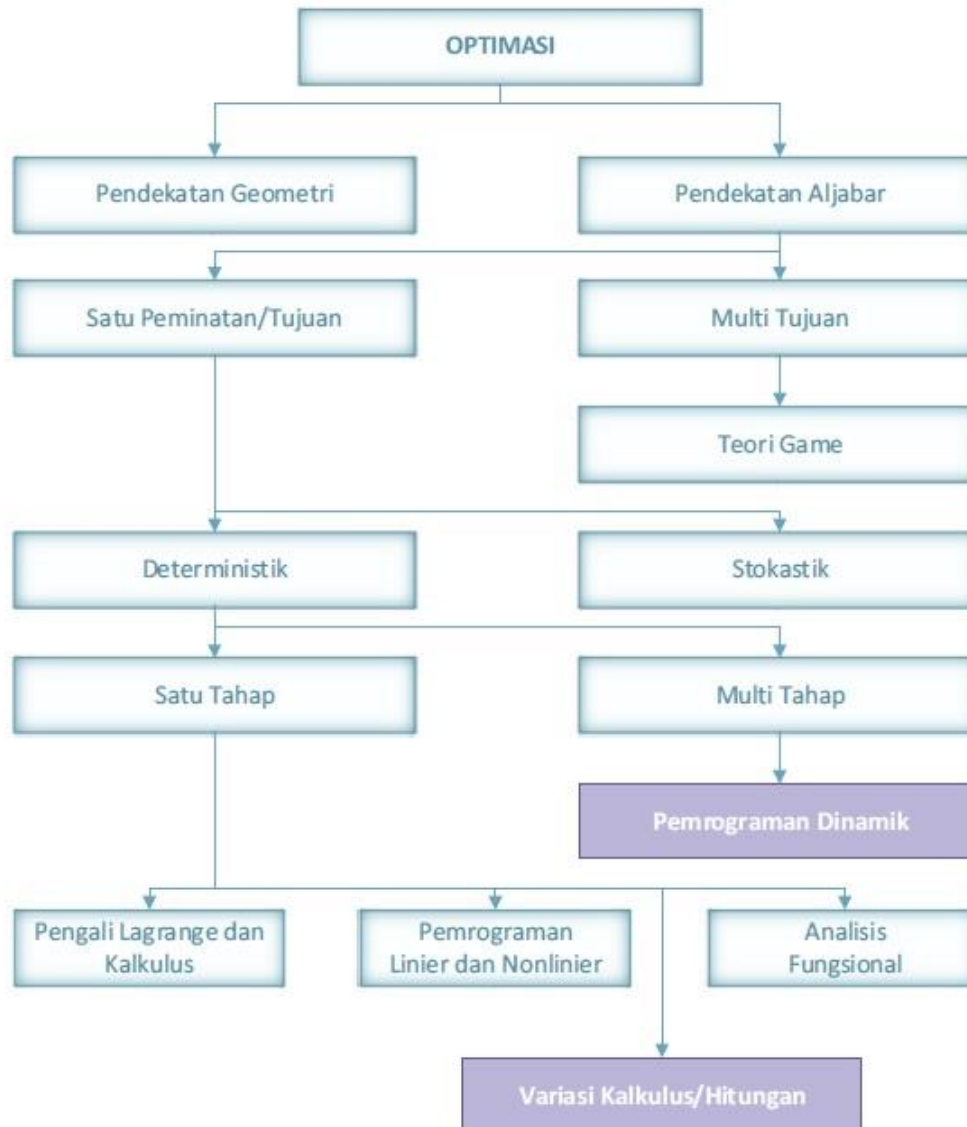
Tujuan dari teori kontrol optimal untuk :

- Menentukan sinyal kontrol yang akan menghasilkan proses sesuai dengan batasan spesifikasi fisik sistem dan pada saat yang bersamaan akan meminimumkan/memaksimumkan beberapa kriteria performansi.

# Definisi (Pengertian secara bebas)

Pengertian Optimasi adalah dalam melakukan suatu kerja/usaha memanfaatkan waktu, sumber daya dan lain sebagainya secara maksimal dan terencana sesuai kaidah-kaidah teori yang berlaku.

# Batasan teori kontrol maksimal



Beberapa teori kontrol, pendekatan desain kontrol dengan umpan balik keadaan/state feedback dan estimator/observer merupakan dasar fundamental untuk kontrol untuk sistem yang dibangun dari persamaan keadaan/state. Namun, belum tentu berarti metode fundamental ini menghasilkan solusi yang terbaik/optimal.

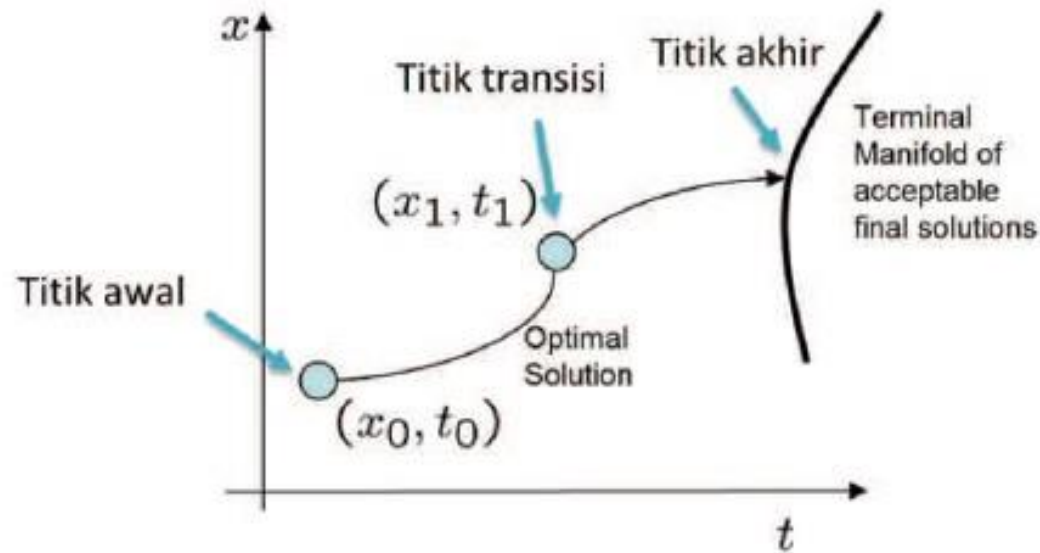


# Metode fundamental umpan balik keadaan memiliki beberapa kesulitan untuk beberapa kasus seperti :

1. Implementasi dari spesifikasi desain (overshoot maksimum, settling time, dsb) dimana pole yang diinginkan tidak selalu diperoleh secara langsung, khususnya untuk sistem kompleks. Konfigurasi pole seperti apa yang paling baik sesuai dengan spesifikasi yang ada?
2. Untuk sistem MIMO, penguatan umpan balik keadaan untuk memperoleh konfigurasi pole tertentu tidaklah unik. Penguatan seperti apakah yang paling baik untuk konfigurasi pole yang ada?
3. Nilai eigen dari observer sebaiknya dipilih lebih cepat daripada nilai eigen dari sistem lup tertutupnya. Adakah kriteria lain untuk menentukan konfigurasi manakah yang tepat?

- **Nilai Eigen** adalah nilai karakteristik dari suatu matriks berukuran  $n \times n$
- **MIMO (Multiple Input Multiple Output)** adalah teknologi nirkabel yang menggunakan beberapa pemancar dan penerima untuk mentransfer lebih banyak data secara bersamaan.

# Prinsip teori kontrol berbasis optimalitas



Jika solusi optimal untuk masalah kontrol melewati suatu titik transisi  $(x_1, t_1)$ , maka solusi optimal untuk masalah kontrol yang sama yang berasal dari titik awal  $(x_0, t_0)$  menuju titik akhir  $(x_f, t_f)$  adalah merupakan kelanjutan jalur yang sama melewati titik transisi. Gambar tersebut merupakan trayektori lintasan solusi pada kontrol optimal dengan prinsip optimalis.

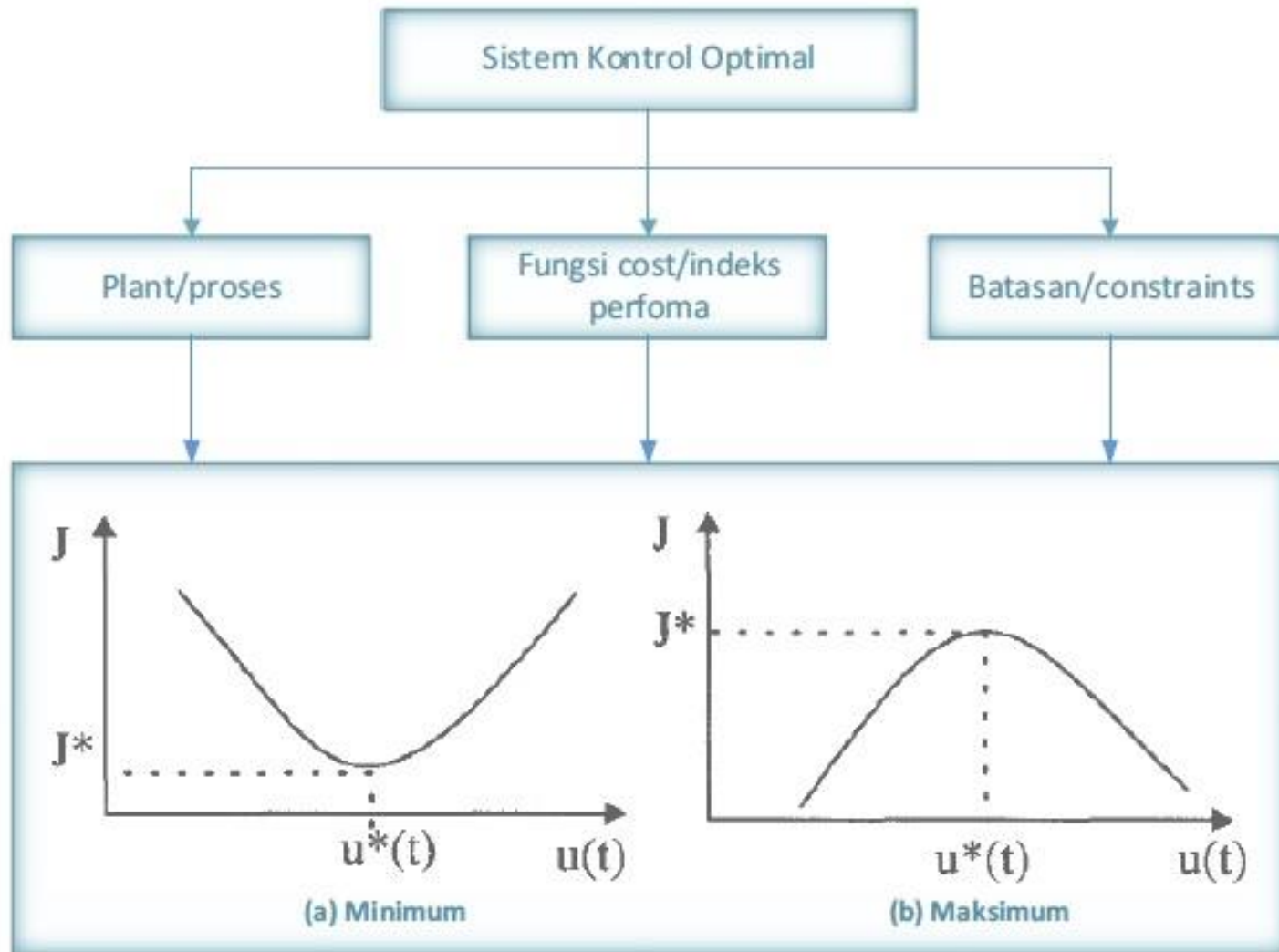
# Formula Kontrol Optimal

Untuk masalah kontrol optimal, pada umumnya kita ingin mencari sinyal kontrol optimal  $\mu^*(t)$ , dimana lambang \* menyatakan kondisi optimal, yang akan menggerakkan plant  $p$  dari kondisi awal menuju kondisi akhir dengan beberapa batasan kontrol dan keadaan.

Formulasi masalah kontrol optimal terdiri dari:

1. Deskripsi/model matematis dari sistem yang akan dikontrolkan (secara umum dalam bentuk variabel keadaan)
2. Deskripsi dari tugas/proses yang harus dikerjakan
3. Spesifikasi dari indeks performa, dan
4. Persyaratan dari kondisi batas (boundary condition) dan batasan spesifikasi fisik dari state dan/atau kontrol.

# Penyelesaian masalah kontrol Optimal



- Plann process adalah proses perencanaan dalam mengoptimalkan suatu sistem kontrol yang diharapkan dapat menjadi maksimal kerja dan fungsinya.
- Fungsi cost/indeks performa adalah biaya fungsi yang terindeks secara berurutan untuk melihat kerja secara daftar penting.
- Batasan/constraints adalah keadaan vektor yang memiliki batasan atau tidak memiliki batasan tergantung pada fisik keadaanya.

# Indeks performa/kinerja

- Perbedaan disain kontrol klasik dan modern :
- Teknik disain kontrol klasik diterapkan pada sistem SISO linier invarian-waktu. Kriteria performa tersebut antara lain respons waktu sistem (untuk masukan tangga, masukan landai, dsb.) yang ditentukan oleh waktu naik, waktu menetap, waktu overshoot, dan akurasi keadaan tunak dan juga respons frekuensi sistem yang ditentukan oleh margin penguatan dan margin fasa, dan juga bandwidth.
- Sedangkan teori kontrol modern, masalah kontrol optimal yaitu mencari sinyal kontrol yang akan menghasilkan sistem dinamik mencapai sasaran atau mengikuti suatu trayektori variabel keadaan tertentu, pada waktu yang sama mengoptimalkan indeks performa. Optimal berarti melakukan proses (pekerjaan) dengan cara/solusi yang terbaik.

- Selama kriteria/batasan/constraints tersebut belum jelas dan konsisten, belum dapat diklaim bahwa sistem sudah optimal.
- Secara umum, dapat diklaim untuk sistem yang tidak akurat pun dapat dikatakan optimal dengan constraints misal biaya produksi murah (cost), mudah dirancang-bangun (design), performanya cukup baik sesuai yang diinginkan (performance), dsb.
- Namun sebaliknya, suatu sistem yang presisi dan elegan dapat dikatakan tidak optimal karena terlalu mahal biaya produksinya dan pengembangannya memakan waktu sangat lama (time).



Sistem yang dikontrol dideskripsikan dalam bentuk variabel keadaan/state, misal

- Dalam waktu-kontinyu sebagai :

$$X(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad x(0) = x_0$$

$$Y(t) = Cx(t)$$

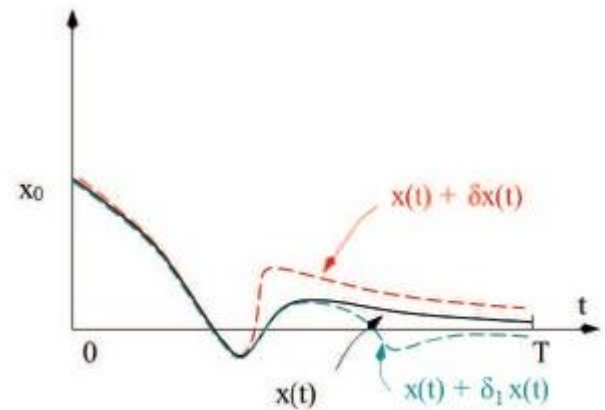
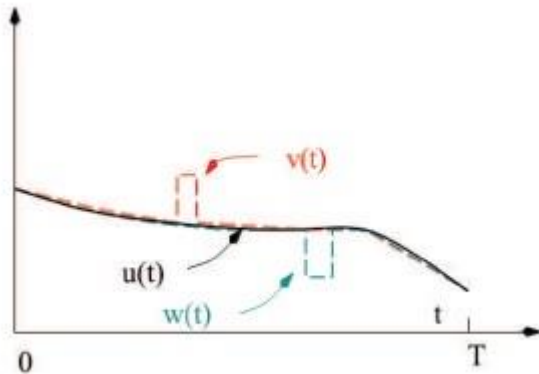
- Dalam waktu diskrit :

$$x[k + 1] = Ax[k] + Bu[k], \quad x(0) = x_0$$

$$Y[k] = Cx[k]$$

- Di asumsikan dari semua keadaan dan dapat diamati dan dibangun sehingga dapat di estimasi.
- Kriteria kinerja/performa, dilambangkan  $J$ , adalah ukuran kualitas dari perilaku sistem. Biasanya, dapat dicoba meminimumkan atau memaksimumkan kriteria kinerja dengan mengatur sinyal kontrol masukannya.
- Untuk setiap sinyal kontrol  $u(t)$  dalam range yang bisa dihasilkan/feasible (yaitu, untuk setiap masukan yang mungkin), sistem dapat bekerja sesuai fungsinya dimana batasan/constraints sistem terpenuhi dan bersesuaian dengan trayektori sistem  $x(t)$ .

Dapat dilihat pada gambar : Masukan  $u(t)$  menghasilkan trayektori  $x(t)$ . Variasi  $v(t)$  pada  $u(t)$  menghasilkan trayektori yang berbeda,  $x(t) + \delta x(t)$



# Batasan/*constrain*

- Vektor kontrol  $u(t)$  atau vektor keadaan  $x(t)$  dapat memiliki batasan (*constrained*) atau tidak memiliki batasan (*unconstrained*) tergantung kondisi spesifikasi fisiknya.
- Untuk masalah *unconstrained*, pada sistem di real life jarang digunakan, walaupun menghasilkan solusi yang elegan/bagus.
- Untuk batasan sistem fisik (*constrained*), dapat dijumpai misalkan arus dan tegangan pada rangkaian elektrik, kecepatan motor, bahan bakar dorong roket, yang dimodelkan:  $U_+ \leq u(t) \leq U_-$ , dan  $X_+ \leq x(t) \leq X_-$ , dimana + dan - menyatakan nilai maksimum dan minimum yang dapat dicapai oleh variabel (kontrol dan keadaan) yang bersesuaian.

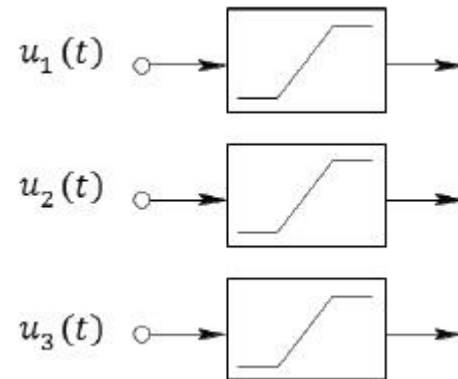
# Masalah Kontrol Optimal terdiri dari :

1. Masalah Kontrol Optimal 1: (sistem kontrol untuk fuel-optimal)
2. Masalah Kontrol Optimal 2: (sistem kontrol untuk waktu-optimal)
3. Masalah Kontrol Optimal 3: (sistem kontrol kondisi akhir/terminal)
4. Masalah Kontrol Optimal 4: (sistem kontrol untuk energi minimum)
5. Masalah Kontrol Optimal 5: (bentuk umum sistem kontrol optimal)

# Masalah Kontrol Optimal 1: (sistem kontrol untuk *fuel-optimal*)

- Contoh 1 :
- Himpunan dari sinyal kontrol yang bisa dihasilkan dapat berupa set / kumpulan dari potongan vektor kontinyu / *piecewise*,  $(t) \in U$ , sedemikian sehingga :  $U = \{u(t) : ||u(t) || < M \text{ untuk semua } t.\}$
- Batasan/constraints model ini sangat umum digunakan, serta dapat merepresentasikan keadaan saturasi pada aktuator, untuk batas sinyal inputan.

$$\left\| \begin{matrix} u_1(t) \\ u_2(t) \\ u_3(t) \end{matrix} \right\|^2 = |u_1(t)|^2 + |u_2(t)|^2 + |u_3(t)|^2 < M^2, \quad \forall t$$



Contoh 2 :

Misalkan pada masalah pesawat ruang angkasa (spacecraft), penggerak pesawat adalah mesin dorong (thrust) roket dengan besar  $|u(t)|$  besarnya proporsional dengan laju pemakaian bahan bakar/fuel. Untuk meminimumkan total pemakaian bahan bakar tersebut, indeks performa dimodelkan:

$$J = \int_{t_0}^{t_f} |u(t)| dt ;$$

Untuk beberapa sistem kontrol, dapat dituliskan:

$$J = \int_{t_0}^{t_f} \sum_{i=1}^m R_i |u(t)| dt$$

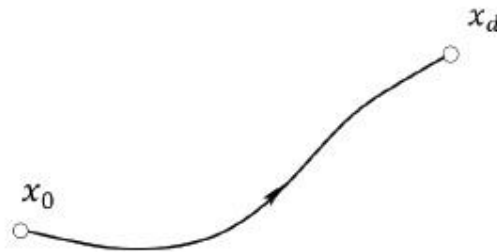
dimana R adalah matriks definit positif (PD).

# Masalah Kontrol Optimal 2: (sistem kontrol untuk waktu-optimal)

Tugas/proses yang akan dikerjakan biasanya dalam bentuk persamaan tambahan dengan kondisi batas/boundary tertentu dari sistem persamaan keadaan.

Contoh 1 :

Jika memindahkan/transfer dari keadaan (t) dari kondisi keadaan awal  $x(0) = x_0$  menuju keadaan akhir tertentu di  $x_f(t_f) = x_d$  pada waktu tertentu  $t_f$ , atau pada kemungkinan minimum  $t_f$ .



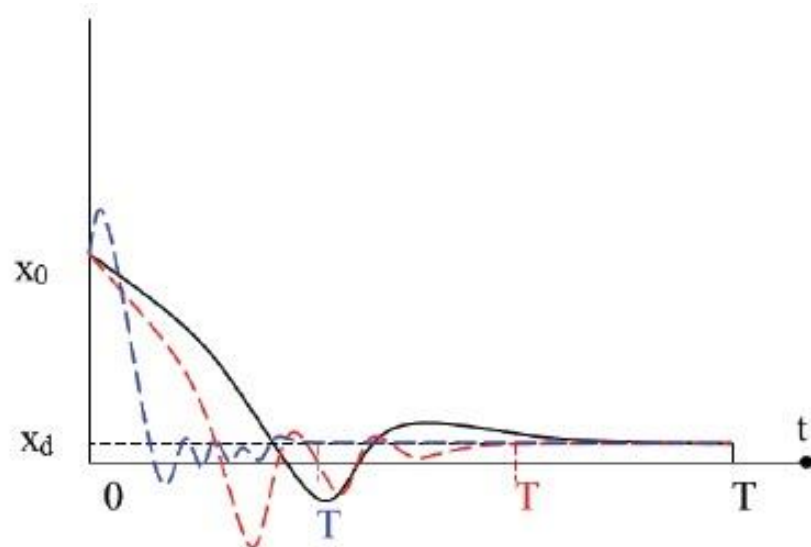
Tugas/proses yang dikerjakan secara implisit/tak langsung dapat diukur berdasarkan kriteria kinerjanya. Pemodelan matematis indeks performa waktu minimum untuk selang dari waktu awal  $t_0$  dan waktu akhir  $t_f$  dapat dituliskan :

$$J = \int_{t_0}^{t_f} dt = t_f - t_0 = t^*$$



## Contoh 2 :

Kriteria kinerja lain yang lazim digunakan yaitu waktu minimum, dimana mencari sinyal kontrol  $u(t)$  yang menghasilkan trayektori tercepat untuk mencapai keadaan/state akhir yang diinginkan :

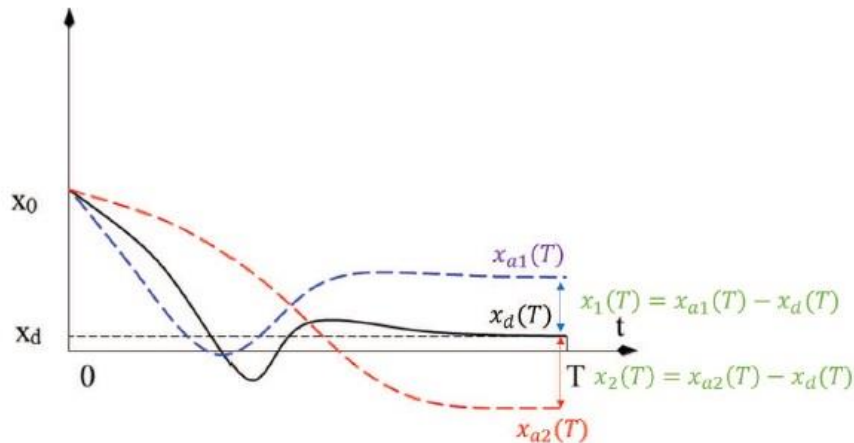


Kriteria kinerjanya yang akan meminimumkan dapat diekpresikan secara sederhana dalam bentuk matematis yakni :

$$J = T .$$

# Masalah Kontrol Optimal 3: (sistem kontrol kondisi akhir/terminal)

Untuk masalah sasaran kondisi akhir, kita tertarik untuk meminimumkan error antara posisi target yang diinginkan dengan target aktual,  $x(T) = x_a(T) - x_d(T)$



Kriteria kinerja lainnya adalah final error (selisih akhir) pencapaian keadaan/ state akhir yang diinginkan dalam waktu yang telah ditentukan  $T$  atau  $t_f$  yaitu :  $J = X^T(t_f)Hx(t_f)$  merupakan fungsi cost terminal, dimana  $H$  adalah matrik semi-definit positif (PSD).

# Masalah Kontrol Optimal 4: (sistem kontrol untuk energi minimum)

(a). Kriteria kinerja lainnya yaitu meminimumkan luasan/area di bawah  $\|x(t)\|^2$  sebagai cara menentukan sinyal-sinyal kontrol yang akan menghasilkan transien keseluruhan yang kecil dalam trayektori yang dihasilkan mulai dari state awal,  $x_0$  hingga mencapai state akhir,  $x_f$ .

Contoh 1 :

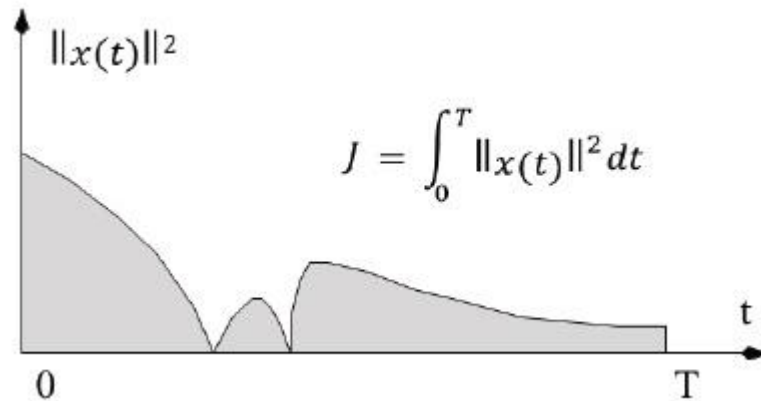
Untuk meminimumkan error kuadratik pada sistem tracking, indeks performa dapat dimodelkan:

$$J = \int_{t_0}^{t_f} x^T(t) Q x(t) dt$$

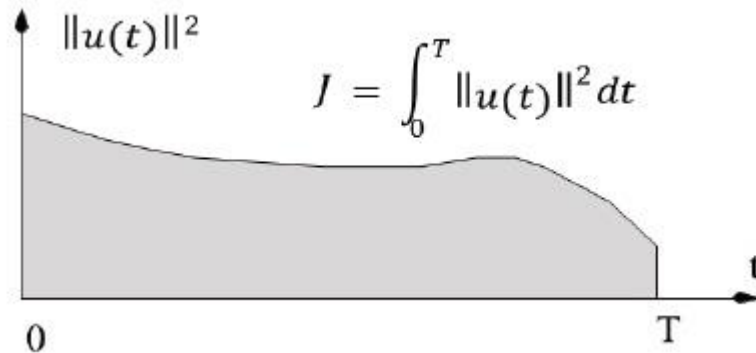
atau

$$J = \int_{t_0}^{t_f} \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i x_i^2(t) dt$$

Dimana  $Q$  adalah matriks bobot, dengan nilai semi-definit positif.



(b). Bisa juga kemungkinan kriteria kinerjanya yaitu untuk meminimumkan luasan di bawah  $\|u(t)\|^2$ , sebagai cara memilih sinyal kontrol dengan usaha pengendalian/control effort yang minimum. Untuk kasus ini sama dengan sistem kontrol fuel-optimal.



# Masalah Kontrol Optimal 5: (bentuk umum sistem kontrol optimal)

Dengan mengkombinasikan formulasi di atas, bentuk general/umum dari indeks performa untuk sistem linier dapat dimodelkan berikut:

$$J = x^T(tf)Hx(tf) + \int_{t_0}^{tf} [x^T(t)Qx(t) + u^T(t)Ru(t)]dt$$

atau secara umum untuk sistem nonlinier dan linier,  $x(t) = f(t), u(t), t$ , indeks performanya menjadi:

$$J = S(x(tf), tf) + \int_{t_0}^{tf} V(x(t), u(t), t)dt$$

dimana matriks  $R \geq 0$  definit positif,  $Q$  dan  $H \geq 0$  adalah matriks semi-definit positif. Bentuk indeks performa tersebut disebut bentuk kuadratik (dinyatakan dalam variabel keadaan dan sinyal kontrol).

# Variasi kalkulus dan Kontrol Optimal

Variasi kalkulus berkaitan dengan mencari nilai optimum (maksimum/ minimum) dari suatu fungsional. Teori ini diawali tahun 1696, setelah penemuan fundamental oleh L. Euler (1709-1783) dikenal dengan bapak penemu variasi kalkulus, teori ini digunakan umum di bidang disiplin ilmu matematika.

**Fungsi:** Variabel terikat  $x$  merupakan suatu fungsi dari variabel bebas  $t$ , ditulis  $x(t) = f(t)$ , jika setiap nilai  $t$  pada selang tertentu mempengaruhi nilai  $x$ .  
Contoh:  $x(t) = t^2 + 1$ ;  $x(t_1, t_2) = t_1^2 + 2t_1 t_2$

**Fungsional:** Suatu variabel  $J$  merupakan suatu fungsional yang tergantung pada fungsi  $f(x)$ , ditulis  $J = J(f(x))$ , jika setiap fungsi  $f(x)$ , berkaitan dengan nilai  $J$ . Dengan kata lain, fungsional terdiri dari beberapa fungsi terkait, yaitu "fungsi dari suatu fungsi".

Contoh: Diberikan fungsi  $x(t) = 2t^2 + 1$ . Lalu

$$J(x(t)) = \int_0^1 x(t) dt = \int_0^1 (2t^2 + 1) dt = \left. \frac{2}{3}t^3 + t \right|_{t=0}^{t=1} = \frac{5}{3}$$

adalah luasan di bawah kurva  $x(t)$ . Jika  $v(t)$  adalah kecepatan suatu kendaraan, lalu

$$J(v(t)) = \int_{t_0}^{t_f} v(t) dt$$

adalah jalur yang dilewati oleh kendaraan tsb. Jadi, disini  $x(t)$  dan  $v(t)$  fungsi dari  $t$ , dan  $J$  adalah fungsional dari  $x(t)$  dan  $v(t)$ .

**Perubahan naik/increment fungsi:**  $\Delta f(t, \Delta t) \triangleq f(t + \Delta t) - f(t)$

Contoh: Misalkan  $f(t) = (t_1 + t_2)^2$  cari perubahan naik dari fungsi tsb.

$$\Delta f \triangleq f(t + \Delta t) - f(t)$$

$$= (t_1 + \Delta t_1 + t_2 + \Delta t_2)^2 - (t_1 + t_2)^2$$

$$= (t_1 + \Delta t_1)^2 + (t_2 + \Delta t_2)^2 + 2(t_1 + \Delta t_1)(t_2 + \Delta t_2) - (t_1^2 + t_2^2 + 2t_1t_2)$$

$$= 2(t_1 + t_2)\Delta t_1 + 2(t_1 + t_2)\Delta t_2 + (\Delta t_1)^2 + (\Delta t_2)^2 + 2\Delta t_1\Delta t_2$$

**Perubahan naik fungsional:**  $\Delta J(x(t), \delta x(t)) \triangleq J(x(t) + \delta x(t)) - J(x(t))$

Dimana  $\delta x(t)$  adalah variasi dari fungsi  $x(t)$ .

Contoh: Misalkan diberikan suatu fungsional

$$J = \int_{t_0}^{t_f} [2x^2(t) + 1] dt$$

cari perubahan naik dari fungsi tsb.

$$\Delta J \triangleq J(x(t) + \delta x(t)) - J(x(t))$$

$$= \int_{t_0}^{t_f} [2(x(t) + \delta x(t))^2 + 1] dt - \int_{t_0}^{t_f} [2x^2(t) + 1] dt$$

$$= \int_{t_0}^{t_f} [4x(t)\delta x(t) + 2(\delta x(t))^2] dt$$

# Kondisi Optimum dari Fungsi:

Suatu fungsi  $f(t)$  dikatakan memiliki nilai optimum relatif di titik  $t^*$  jika ada parameter dengan nilai positif  $\epsilon$  sehingga untuk seluruh titik  $t$  pada domain  $\mathcal{D}$  yang memenuhi  $|t - t^*| < \epsilon$ , penambahan nilai  $f(t)$  memiliki tanda yang sama (positif atau negatif).

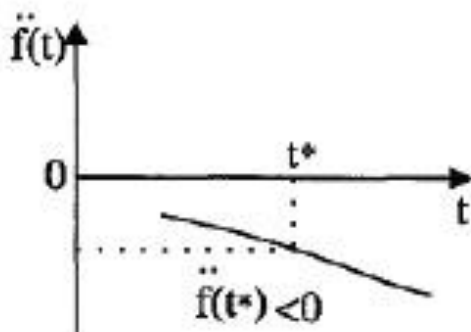
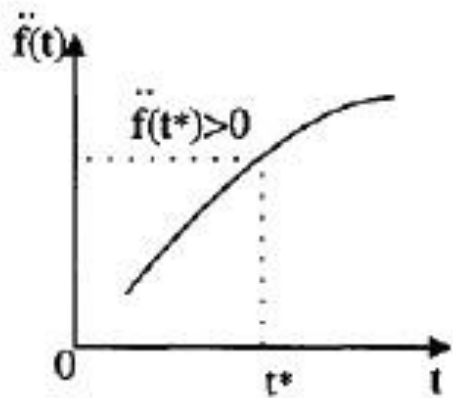
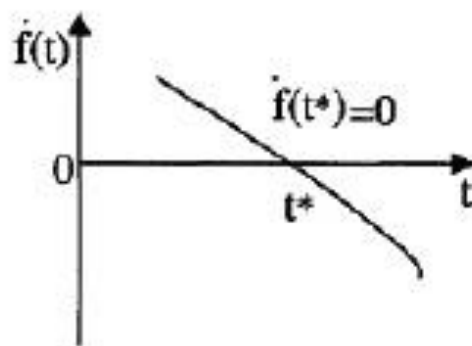
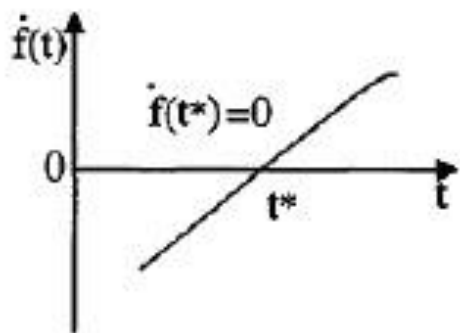
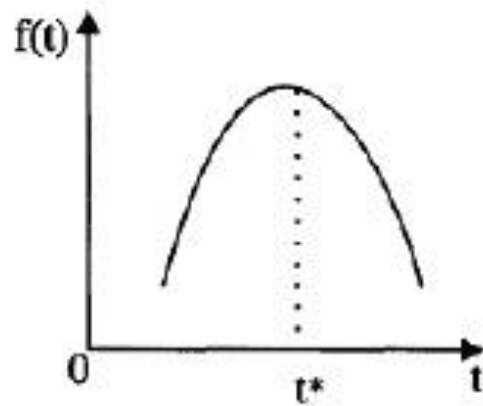
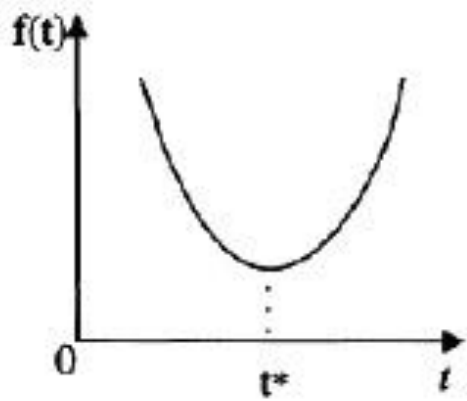
- (a)  $\Delta f = f(t) - f^*(t) \geq 0 \rightarrow$  dimana  $f(t^*)$  adalah lokal minimum relatif
- (b)  $\Delta f = f(t) - f^*(t) \leq 0 \rightarrow$  dimana  $f(t^*)$  adalah lokal maksimum relatif

Syarat kondisi perlu di titik optimum relatif:  $\dot{f}(t^*) = 0$

Syarat kondisi cukup di titik optimum relatif:

1. Untuk minimum, turunan kedua dari fungsi  $\ddot{f}(t) > 0$
2. Untuk maksimum, turunan kedua dari fungsi  $\ddot{f}(t) < 0$
3. Jika  $\dot{f}(t) = 0$ , disebut titik stasioner





# Kondisi optimum dari fungsional

Suatu fungsional  $J$  dikatakan memiliki nilai optimum relatif di titik  $x^*$  jika ada parameter dengan nilai positif  $\epsilon$  sehingga untuk seluruh fungsi  $x$  pada domain  $\Omega$  dimana memenuhi  $|x - x^*| < \epsilon$ , penambahan nilai  $J$  memiliki tanda yang sama (positif atau negatif).

(a)  $\Delta J = J(x) - J^*(x) \geq 0 \rightarrow$  dimana  $J(x^*)$  adalah lokal minimum relatif

(b)  $\Delta J = J(x) - J^*(x) \leq 0 \rightarrow$  dimana  $J(x^*)$  adalah lokal maksimum relatif

Untuk  $\epsilon \rightarrow \infty$ , nilai  $J(x^*)$  adalah nilai optimum absolut global.

Teorema: Jika  $x^*(t)$  merupakan kandidat nilai optimum, variasi pertama  $J$  akan bernilai nol pada  $x^*(t)$ , yaitu  $\delta J(x^*(t), \delta x(t)) = 0$  untuk semua nilai  $\delta x(t)$  yang memenuhi  $\rightarrow$  Syarat kondisi perlu. Syarat kondisi cukup di titik optimum:

1. Untuk minimum, variasi kedua dari fungsional  $\delta^2 J > 0$
2. Untuk maksimum, variasi kedua dari fungsional  $\delta^2 J < 0$

Terimakasih



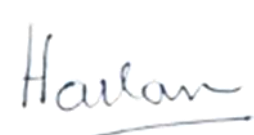


**INSTITUT SAINS dan TEKNOLOGI NASIONAL**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1**

**RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)**

MATA KULIAH (MK)	KODE MK	Rumpun Mata Kuliah (RMK)	Bobot	Semester	Tgl. Penyusunan
Sistem Kendali Optimal	227405	Ilmu Teknik	3 SKS	7	5-Nop-22
<b>OTORISASI</b>	Dosen Pengembangan RPS		Koordinator RMK	Kepala Program Studi Teknik Elektro	
	 (Ariman, ST, MT)		 (M. Ikrar Yamin, ST, MTr)	 (Harlan Effendi, ST, MT)	
Capaian Pembelajaran (CP)  Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)  Capaian Pembelajaran-Matakuliah (CP-MK)	CP-Prodi	URAIAN-URAIAN			
	CPL01	Kemampuan menerapkan pengetahuan matematika, ilmu pengetahuan alam dan/atau material, teknologi informasi dan keteknikan untuk mendapatkan pemahaman menyeluruh tentang prinsip-prinsip keteknikan.			
	CPL04	Kemampuan mengidentifikasi, merumuskan, menganalisis dan menyelesaikan permasalahan teknik.			
	CPL05	Kemampuan menerapkan metode, keterampilan dan piranti teknik yang modern yang diperlukan untuk praktek keteknikan.			
	CP-MK	1. Pengantar Teknik Kendali Optimal			
		2. Konsep Kendali			
		3. Model Mekanik			
		4. Model Elektrik			
		5. Tugas 1			
		6.			
		7.			
		8. Ujian Tengah Semester			
		9. SKO Kontrol Optimal Dasar			
		10. SKO Kontrol Optimal LQR			
		11. SKO Contoh-contoh KO-LQR			
	12. SKO Kontrol Optimal LQE				
13. SKO Contoh-contoh soal KO-LQE					
14. SKO Kontrol Optimal LQG					
15. SKO Kontrol Optimal LQG					
16. Ujian Akhir Semester					
Deskripsi Singkat Mata Kuliah	Mata Kuliah ini menjelaskan tentang teori sistem kontrol optimal yang meliputi teori kontrol optimal dasar, control optimal Linear Quadratic Regulator (LQR), kontrol optimal Linear Quadratic Estimator (LQE), control optimal Linear Quadratic Gaussian (LQG) dan Kontrol robust				
Materi Pembelajaran/ Pokok Bahasan	1. Pengantar Teknik Kendali 2. Konsep Kendali				

	3. Model Mechanic
	4. Model Electric
	5. Tugas 1
	6.
	7.
	8. Ujian Tengah Semester
	9. SKO Kontrol Optimal Dasar
	10. SKO Kontrol Optimal LQR
	11. SKO Contoh-contoh KO-LQR
	12. SKO Kontrol Optimal LQE
	13. SKO Contoh-contoh soal KO-LQE
	14. SKO Kontrol Optimal LQG
	15. SKO Kontrol Optimal LQG
	16. Ujian Akhir Semester
<b>Pustaka</b>	<b>Utama</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lewis, F. L. &amp; Syrmos, V. L 1995, "Optimal control", John Wiley &amp; Sons, New York, NY, USA</li> <li>• Hocking, L. M., 1991, "Optimal control: an introduction to the theory with applications", Oxford University Press</li> <li>• Ogata, K, Modern Control Engineering</li> <li>• Diktat PENGANTAR KONTROL MAJU, Telkom University</li> </ul>
	<b>Pendukung</b>
Media Pembelajaran	Perangkat Lunak:
	MS Power Point, MS Word, MS Exel.
	Perangkat Keras:
	White Board(WB) ; LCD Projector ; Laptop ; Pointer ; Spidol WB ; Gadget ; WIFI.
Team Teaching	Dosen Pengampu/Utama : Muhammad Ikrar Yamin , ST, MT Trp Dosen Pendamping : Ariman, ST, MT.
Mata Kuliah Syarat	Mata Kuliah Dasar Sistem Kendali
Bobot Penilaian	Absen 10% Tugas/Quis 20% UTS 30% (include Attitude) UAS 40% (include Attitude)
Grade	Angka Huruf 80 - 100 A 75 - 79,99 A- 72 - 74,99 B+ 68 - 71,99 B 65 - 67,99 B- 62 - 64,99 C+ 55 - 61,99 C 41 - 54,99 D 0 - 40,99 E




### Matrik Rencana Pembelajaran

Pertemuan ke :	Sub-CP-MK (sebagai kemampuan akhir yang diharapkan)	Indikator	Kriteria & Bentuk	Metode Pembelajaran (estimasi waktu)	Materi Pembelajaran	Bobot
1	Pengantar Teknik Kendali Optimal	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Pengantar Teknik Kendali Optimal	<p><b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan metode dan perbedaan dasar Pengantar Teknik Kendali Optimal</p> <p><b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal metode dan konsep dasar perbedaan dasar Pengantar Teknik Kendali Optimal</p>	<p><b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"</p> <p><b>Tugas :</b> Belum ada tugas.</p>	1. Pengantar Teknik Kendali Optimal	0,74 %
2	Konsep & Jenis Sistem Kendali	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Konsep & Jenis Sistem Kendali	<p><b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam Konsep &amp; Jenis Sistem Kendali</p> <p><b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Konsep &amp; Jenis Sistem Kendali</p>	<p><b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"</p> <p><b>Tugas :</b> Belum ada tugas</p>	1. Konsep & Jenis Sistem Kendali	0,74 %
3	Model_mekanik	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan Model_mekanik	<p><b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan Model_mekanik</p> <p><b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Model_mekanik</p>	<p><b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"</p> <p><b>Tugas :</b> Mengerjakan soal-soal Model_mekanik, dikumpulkan pada pertemuan berikutnya.</p>	1. Model_mekanik suhu	0,74 %
4	Model_elektrik	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Model_elektrik	<p><b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan Model_elektrik</p>	<p><b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"</p> <p><b>Tugas :</b> Mengerjakan soal-soal Model_elektrik, dikumpulkan pada</p>	1. Model_elektrik	0,74 %

			<b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Model_elektrik	pertemuan berikutnya.		
5	Tugas 1	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan Tugas 1	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam mengenai Tugas 1  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Tugas 1	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas	1. Tugas 1	0,74 %
6	Tugas 2	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Tugas 2	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan Tugas 2  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Tugas 2	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Tugas 2	1. Tugas 2	0,74 %
7	Tugas 3	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Tugas 3	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan Tugas 3  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Tugas 3	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Mengerjakan soal-soal Tugas 3	1. Tugas 3	0,74 %
8	<b>UJIAN TENGAH SEMESTER</b>	Dapat menyelesaikan soal-soal minimal 70 %.	Soal Essay	Ujian tulis dengan rentang waktu sesuai waktu kuliah	Materi dari pertemuan 1 s/d 6.	<b>30 %</b>
9	Kontrol Optimal Dasar	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Kontrol Optimal Dasar	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan Kontrol Optimal Dasar  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Kontrol Optimal Dasar	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas	1. Kontrol Optimal Dasar	0,74 %
10	Kontrol Optimal LQR	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan Kontrol Optimal	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas	1. Kontrol Optimal LQR	0,74 %

		Sistem Kontrol Optimal LQR.	LQR  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Kontrol Optimal LQR			
11	Contoh-contoh KO-LQR-C & D	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Contoh-contoh KO-LQR-C & D	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan Contoh-contoh KO-LQR-C & D  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Contoh-contoh KO-LQR-C & D	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas	1. Contoh-contoh KO-LQR-C & D	0,74 %
12	Kontrol Optimal LQE	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Kontrol Optimal LQE	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan Kontrol Optimal LQE  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Kontrol Optimal LQE	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas	1. Kontrol Optimal LQE	0,74 %
13	Contoh-contoh soal KO-LQE	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Contoh-contoh soal KO-LQE	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan Contoh-contoh soal KO-LQE  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Contoh-contoh soal KO-LQE	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas	1. Contoh-contoh soal KO-LQE	0,74 %
14	Kontrol Optimal LQG (Multivariable)	Dapat mengkaji dan mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Kontrol Optimal LQG (Multivariable)	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan Kontrol Optimal LQG (Multivariable)  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Kontrol Optimal LQG (Multivariable)	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas	1. Kontrol Optimal LQG (Multivariable)	0,74 %
15	Contoh-contoh soal KO-LQG	Dapat mengkaji dan	<b>Kriteria :</b> Ketepatan dan	<b>Kuliah &amp; Diskusi:</b> Ceramah TM (Tatap	1. Contoh-contoh soal KO-LQG	0,74 %



		mengupayakan penguasaan atas teori, prinsip, konsep, dan generalisasi yang berkaitan dengan Contoh-contoh soal KO-LQG	kesesuaian dalam menyampaikan ragam permasalahan Contoh-contoh soal KO-LQG  <b>Bentuk :</b> Membuat resume perihal Contoh-contoh soal KO-LQG	Muka)/daring = 1x2x50"  <b>Tugas :</b> Belum ada tugas		
16	<b>UJIAN AKHIR SEMESTER</b>	Dapat menyelesaikan soal-soal minimal 70 %.	Soal Essay	Ujian tulis dengan rentang waktu sesuai waktu kuliah	Materi dari pertemuan 9 s/d 15.	<b>40 %</b>
Di susun oleh:		<p align="center"><b>= PERHATIAN =</b>  <b>Dilarang</b>  <b>merubah/memperbanyak</b>  <b>sebagian atau seluruh isi</b>  <b>dokumen tanpa izin dari Program</b>  <b>Studi Teknik Elektro - Fakultas</b>  <b>Teknologi Industri - ISTN</b></p>		Ketua Program Studi Teknk Elektro:	Diperiksa oleh Ketua Tim Kelompok Ilmu - Teknik Elektro:	
						
(Ariman, ST, MT)				(Harlan Effendi, ST,MT)	(M.Ikrar Yamin, ST. MTr)	