OPTIMASI SISTEM SENJATA

Dr. Rachmat Setiawibawa., S.I.P., M.M., M.Tr(Han) | Dekki Widiatmoko, S.T., M.Tr.T.
Kasiyanto, S.T., M.M. | Heri Setiawan, S.T., M.Tr.T. | Aguk Sridaryono, S.T., M.M.

OPTIMASI SISTEM SENJATA

Optomasi Sistem Senjata Alutsista militer yang sudah dimiliki saat ini terkendala dengan usia pakai dan teknologi yang sudah tertinggal. Buku ini dirancang untuk memberikan pemahaman kepada pembaca, baik pemula maupun profesional, pengetahuan mendalam tentang dunia Optimasi. Dengan memanfaatkan Alutsista yang ada, buku ini dapat dijadikan referensi untuk mengoptimalkan kinerja Alutsista dengan mempelajari beberapa aspek penting dari Optimasi, diantaranya *Teori kontrol optimal*, *Optimasi indeks performansi dengan menggunakan kalkulus variasi, Euler Lagrange*, *Hamilton*, *Linear Quadratic Regulator (LQR)*, dan *Linear Quadratic Gaussian (LQG)*. Pembaca akan diajak untuk memahami berbagai teori kontrol untuk mengoptimalkan fungsi Alutsista militer yang sudah dimiliki.

eureka media aksara
Anggota IKAPI
No. 225/JTE/2021

0858 5343 1992
eurekamediaaksara@gmail.com
JL Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-120-399-1
9 786231 203991

OPTIMASI SISTEM SENJATA

Dr. Rachmat Setiawibawa, S.I.P., M.M., M.Tr(Han)
Dekki Widiatmoko, S.T., M.Tr.T.
Kasiyanto, S.T., M.M.
Heri Setiawan, S.T., M.Tr.T.
Aguk Sridaryono, S.T., M.M.

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

OPTIMASI SISTEM SENJATA

Penulis : Dr. Rachmat Setiawibawa, S.I.P., M.M., M.Tr(Han)
Dekki Widiatmoko, S.T., M.Tr.T.
Kasiyanto, S.T., M.M.
Heri Setiawan, S.T., M.Tr.T.
Aguk Sridaryono, S.T., M.M.
Desain Sampul : Ardyan Arya Hayuwaskita
Tata Letak : Nur Cholifatun Nisa
ISBN : 978-623-120-399-1

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, DESEMBER 2023**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:
Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekamediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2023

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil 'aalamiin. Terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah mencurahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Buku dengan judul "**Optimasi Sistem Senjata**"

Selanjutnya, terima kasih kepada seluruh pihak dan rekan yang telah berkontribusi dalam proses penyelesaian buku ajar ini.

Dengan disusunnya Buku ini, penulis berharap agar dapat memberikan pengetahuan serta sebagai pegangan dasar bagi bintara siswa dalam memahami ilmu pengetahuan tentang **Optimasi Sistem Senjata** yang berkaitan dengan control senjata secara teori maupun praktis.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, penulis mengharapkan adanya masukan membangun dari pembaca demi perbaikan kedepannya. Atas perhatiannya penulis ucapkan Terima kasih.

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **iii**
DAFTAR ISI ..... **iv**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
A. Umum 1
B. Maksud dan Tujuan 8
C. Ruang Lingkup dan Tata Urut 8
BAB 2 TEORI KONTROL OPTIMAL **9**
A. Umum 9
B. Sejarah Ringkas Kontrol Otomatik 10
C. Beberapa Masalah Kontrol Optimal 33
BAB 3 OPTIMASI INDEKS **37**
A. Umum 37
B. Formulasi Masalah Kontrol Optimal 37
C. Persamaan Euler-Langrange 41
D. Cara Hamiltonian 44
E. Persamaan Hamilton-Jacobi 57
F. Masalah Optimal Kontrol dengan Syarat Keadaan Akhir Bebas 61
BAB 4 LINIER QUADRATIC REGULATOR (LQR) **64**
A. Umum 64
B. Matriks Semi-Definit Positip dan Definit Positip. 67
C. Kontrol *Loop* Buka 68
D. Beberapa Komentar LQR *Loop*-Buka 73
E. Kontrol *Loop*-Tutup 77
F. Keadaan-Steadi dan Kontrol Suboptimal 86
G. Kontrol Suboptimal 94
H. Disain Struktur*eigen* LQR 99
I. Disain Kontrol Minimum Waktu dan Masukan-Dibatasi 107
J. Disain Kuadratik Linier Minimum-Waktu 109

K. Disain Masukan-Dibatasi 111
L. Linier Regulator dengan Menentukan Derajad Kestabilan 119
M. Masalah Regulator *Output* 122
N. Suboptimal Linier Regulator..... 124
O. Pengakomodasian Gangguan Luar yang Bekerja Pada Suatu Sistem..... 127
BAB 5 LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN (LQG)..... 133
A. Umum 133
B. Mengapa Perlu LQG Regulator? 133
C. Solusi yang Ditawarkan oleh LQG Regulator 133
D. Menetapkan Qn dan Rn untuk Kalman Filter..... 135
DAFTAR PUSTAKA 136
TENTANG PENULIS 137

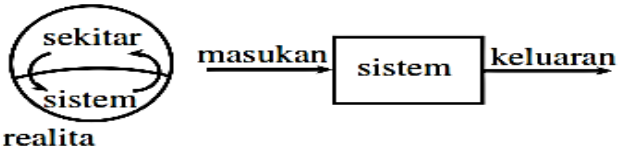
OPTIMASI SISTEM SENJATA

Dr. Rachmat Setiawibawa, S.I.P., M.M., M.Tr(Han)
Dekki Widiatmoko, S.T., M.Tr.T.
Kasiyanto, S.T., M.M.
Heri Setiawan, S.T., M.Tr.T.
Aguk Sridaryono, S.T., M.M.

BAB 1 PENDAHULUAN

A. Umum

Dalam bagian ini diberikan suatu pengertian dari suatu sistem secara umum, dari pengertian ini diharapkan memberi suatu gambaran apa sistem itu dalam konteks pengertian yang diberikan sebagaimana berikut ini. Selanjutnya diberikan beberapa contoh untuk menjelaskan pengertian ini. Gambar 1.1 memberikan alur pengertian suatu sistem.



Gambar 1. 1 Pengertian Sistem.

Secara langsung bisa dikatakan bahwa sistem adalah bagian dari realita. Realita diluar sistem dinamakan "sekitar sistem". Interaksi diantara sistem dan sekitar sistem direalisasikan lewat besaran, sangat sering merupakan fungsi dari waktu yang dinamakan ma-sukan (input) dan keluaran (*output*). Sistem dipengaruhi sekitar melaui masukan dan sistem mempunyai pengaruh pada sekitar melalui keluaran. Masukan dan keluaran sistem yang disajikan oleh signal atau

BAB 2

TEORI KONTROL OPTIMAL

A. Umum

Dalam kajian teknik pendisainan kontroler umpan balik sistem banyak masukan banyak keluran bertujuan untuk memperoleh perilaku sifat-sifat sistem, misalnya kestabilan, ketepatan keadaan stedi dan yang lainnya.

Kontrol umpan balik adalah mekanis dasar dimana sistem-sistem; sistem mekanik, sistem elektrik atau sistem biologi diupayakan kestabilannya. Dalam berbagai bentuk kehidupan yang lebih tinggi, kondisi dimana kehidupan dapat bersinambung sungguh tidak luas. Perubahan temperatur dalam badan dari separuh tingkatan umumnya menunjukkan suatu tanda kegagalan. Kestabilan dari badan dipertahankan dengan menggunakan man- faat kontrol umpan balik [Wiener 1948]. Kontribusi utama dari C.R. Darwin adalah teori umpan balik pada periode yang lama merupakan suatu faktor kunci evolusi species. Pada tahun 1931 V. Volterra menerangkan keseimbangan diantara dua populasi ikan dengan pemanfaatan teori umpan balik ada kesetaraan.

Kontrol umpan balik dapat didefinisikan sebagai pemanfaatan beda signal yang di- tentukan oleh perbandingan nilai - nilai aktual dari fariabel sistem dengan nilai - nilai yang diharapkan, beda ini mempunyai arti sebagai pengontrolan

BAB 3

OPTIMASI INDEKS

A. Umum

Pada bagian terdahulu telah diberikan contoh-contoh masalah kontrol optimal. Pada contoh masalah Pertumbuhan tanamam diselesaikan masalah tersebuthanya dengan "kalkulus sederhana". Namum demikian untuk permasalahan lain yang lebih umum tentunya akan sulit menyelesaikan permasalahan hanya dengan menggunakan "kalkulus sederhana". Oleh karena itu pada bagian ini akan diformulasikan secara umum masalah kontrol opti- mal dalam bentuk ungkapan matematik, yaitu dalam bentuk beberapa persamaan dengan harapan memberikan kejelasan serta bagaimana menyelesaikannya.

B. Formulasi masalah kontrol optimal

Formulasi masalah kontrol optimal diberikan sebagai berikut. Misalkan suatu laju perubahan dari fariabel keadaan x(t) terhadap berubahnya waktu t diberikan oleh persamaan

$$\dot{x}(t) = f\,(x(t), u(t), t),$$

dengan keadaam awal x(t0) = x0 dan keadaan akhir x(t1) = x1 dan u(t) menyatakan pengontrol keadaan pada waktu t. Dalam hal ini masalah kontrol optimal adalah mencari pengontrol

BAB 4

LINIER QUADRATIC REGULATOR (LQR)

A. Umum

Sebagaimana telah diketahui bila sistem terkontrol dan teramati dalam pendisainan suatu kompensator untuk masukantunggal-keluarantunggal dapat tempatkan *pole loop*-tutup dimana saja sesuai yang diinginkan. Walaupun *pole loop*-tutup menentukan kecepatan (bandwidth) dan damping dari respon hal ini belum cukup untuk memberikan hasil yang terbaik dari pendisainan, dengan kata lain belum memberikan suatu hasil yang optimal.

Beberapa alasan mengapa kajian kontrol optimal diperlukan diberikan sebagai berikut. Pertama untuk mencari kontrol optimal dalam suatu sistem banyak masukan-banyak keluaran, teknik penempatan *pole* yang telah dikenal tidak menguraikan secara lengkap dan khusus kontroler atau parameter kompensator (gain). Misalnya, diberikan plan dengan order-k dengan sebanyak m masukan dan keseluruhan vektor keadaan dapat diakses un- tuk umpan-balik. Dalam hal ini, suatu kontroler tak-dinamik sebanyak nk parameter harus ditentukan, tetapi hanya sebanyak k lokasi *pole loop*-tutup yang mungkin. Jadi harus diatur sebanyak m kali yaitu sesuai banyaknya parameter sebagai *pole*. Ada banyak takhingga cara supaya *pole loop*-tutup yang sama bisa dicapai. Timbul

BAB 5

LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN (LQG)

A. Umum

Sebelum mebahas tentang LQG, maka akan kita cari apa itu LQG Regulator? LQG Regulator adalah LQR yang proses dan pengukurannya telah bercampur Gaussian white *noise* dan semua/sebagian variabel state-nya tidak terukur.

B. Mengapa perlu LQG Regulator?

Dari definisi di atas, LQG Regulator diperlukan jika/ketika :

1. Diduga ada *noise* pada LQR, baik *noise* proses maupun *noise* ukur
2. Semua/sebagian variabel state tidak terukur

C. Solusi yang ditawarkan oleh LQG Regulator

1. Pertama, kehadiran Gaussian white *noise* pasti memengaruhi respon sistem, sehingga diperlukan filter untuk mengeliminasi pengaruh *noise* tersebut. Filter yang handal untuk mengatasi *noise* ini adalah Kalman filter.
2. Ke dua, sebagian atau bahkan semua variabel state tidak dapat diukur oleh sensor, padahal teknik LQR itu memerlukan umpan balik variabel state (state-feedback) untuk dijadikan input. Hal ini dapat diatasi dengan teknik

DAFTAR PUSTAKA

Bronson, R. 1982. The Theory and Problem of Operations Research. USA: McGraw Hill Inc.

Luknanto, Djoko. (2000). Program Optimasi Non Linier. Yogyakarta.

Rao, S. S. 1984.Optimization Theory and Applications (Second Edition). USA: Dept. of Mechanical Engg. San Diego State University.

Siang, Jong Jek. 2011. Riset Operasi Dalam Pendekatan Algoritmis. Yogyakarta : Andi.

TENTANG PENULIS

Dr. Rachmat Setiawibawa, S.I.P., M.M., M.Tr(Han)

Rachmat Setiawibawa merupakan Jenderal bintang satu di Angkatan Darat pria kelahiran Cianjur Jawa Barat yang saat ini menjadi menjabat sebagai Komandan Politeknik Angkatan Darat, latar belakang pendidikan S1 Ilmu Administrasi (Niaga, Negara, Publik, Pembangunan), S2 Ilmu Manajemen dan S3 Ilmu Manajemen, Alumni Lemhannas Angkatan 58, Penugasan luar negeri diantaranya: Malaysia, Jepang, Arab Saudi, Tiongkok, Turki dan Spanyol.

Dekki Widiatmoko, S.T., M.Tr.T.

Penulis lahir di Palangkaraya pada tanggal 10 Oktober 1967, penulis menempuh Pendidikan S1 di Universitas Merdeka Malang, S2 di Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, selain sebagai Staf pengajar di Universitas Trunojoyo juga sebagai Kepala Jurusan Teknik Elektronika.

Kasiyanto, S.T., M.M.

Penulis Lahir di Madiun pada tanggal 27 Maret 1985, selain sebagai staff pengajar, saat ini ditugaskan sebagai editorial Board di Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Angkatan Darat.

Heri Setiawan, S.T., M.Tr.T.

Menyelesaikan Pendidikan S1 di Teknik Elektro Universitas Islam Malang, S2 di Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, sebagai editorial Board di Jurnal Penelitian di Universitas Trunojoyo Madura, saat ini bekerja sebagai staf pengajar di Program Studi Teknik Rekam Siber Politeknik Angkatan Darat dan Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang.

Aguk Sridaryono, S.T., M.M.

Menempuh Pendidikan di S2 Universitas Gajayana Malang, Pria kelahiran Malang ini aktif sebagai staf pengajar di Program Studi Teknik Elektro Politeknik Angkatan Darat.