

**KARAKTERISTIK DOMAIN WAKTU DAN  
FREKUENSI PADA SISTEM *LINEAR TIME  
INVARIANT* (LTI)**

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1  
Program Studi Matematika



Diajukan oleh  
Nurlita Dewi Safitri

15610055

Kepada

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UIN SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**2019**



## **SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir  
Lamp :

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudari:

Nama : Nurilita Dewi Safitri  
NIM : 15610055  
Judul Skripsi : Karakteristik Domain Waktu dan Frekuensi pada Sistem *Linear Time Invariant* (LTI)

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Matematika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudari tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 2 Mei 2019

Pembimbing

Dr. M. Walkhid Mushofa, S.Si, M.Si

NIP: 19800402 200501 1 003

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nurlita Dewi Safitri  
NIM : 15610055  
Program Studi : Matematika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya prang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 2 Mei 2019

Menyatakan  
  
Nurlita Dewi Safitri

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

### PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1715/Un.02/DST/PP.00.9/05/2019

Tugas Akhir dengan judul : KARAKTERISTIK DOMAIN WAKTU DAN FREKUENSI PADA SISTEM LINEAR TIME INVARIANT (LTI)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NURLITA DEWI SAFITRI  
Nomor Induk Mahasiswa : 15610055  
Telah diujikan pada : Selasa, 07 Mei 2019  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si., M.Si.  
NIP. 19800402 200501 1 003

Penguji I

Muhamad Zaki Riyanto, S.Si., M.Sc.  
NIP. 19840113 201503 1 001

Penguji II

Pipit Pratiwi Rahayu, S.Si., M.Sc.  
NIP. 19861208 201503 2 006

Yogyakarta, 07 Mei 2019  
UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi  
DEKAN

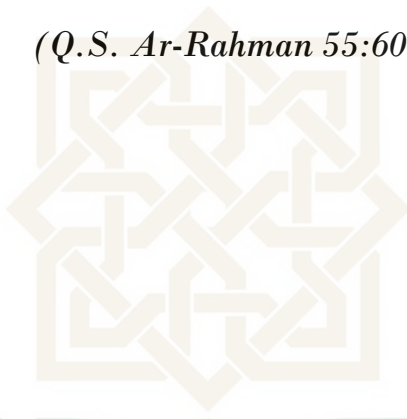


Dr. Mustono, M.Si.  
NIP. 19691212 200003 1 001

## MOTTO

*“Tidak ada balasan untuk kebaikan selain kebaikan (pula)”*

*(Q.S. Ar-Rahman 55:60)*



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Karya sederhana ini ku persembahkan  
untuk yang tercinta,  
ayahku Agus Siswanto,  
ibuku Sarmi,  
serta adik-adikku Sahanny Jatining Tyas, Bagus Rimawan,  
Diana Puspita Dewi, dan Piter Abiyasa.*

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrohmanirrohim*

Alhamdulillah robbil'alamin, segala puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, hidayah, serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "***Karakteristik Domain Waktu dan Frekuensi pada Sistem Linear Time Invariant (LTI)***" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Program Studi Matematika.

Shalawat serta salam semoga senantiasa terscurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya hingga akhir zaman.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini penulis memperoleh bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, saran, serta dorongan baik secara moral maupun material sejak dari awal sampai akhir penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak M. Wakhid Musthafa selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi sekaligus Dosen Pembimbing Akademik serta Dosen Pembimbing I yang senantiasa sabar dalam memberikan pengarahan, bimbingan

serta motivasi selama penulisan skripsi ini. Semoga ilmu yang telah diberikan kepada penulis akan memberikan kemudahan dalam setiap langkah beliau.

3. Seluruh dosen dan karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang tidak dapat penulis sebutkan satu demi satu yang telah memberikan penulis ilmu dan pengalaman untuk bekal di masa yang akan datang.
4. Ayah tercinta **Agus Siswanto** yang selama ini telah menjadi motivator terbaik, guru terbaik, terbijak dan terkeren, dan telah mengorbankan segala hal demi memberikan kebahagiaan kepada penulis, serta telah mendidik penulis menjadi pribadi yang lebih baik lagi dan lagi.
5. Ibunda tercinta **Sarmi** yang tak pernah kehabisan kesabaran dan kasih sayang dalam mendidik, membimbing dan mengajarkan banyak hal kepada penulis, serta telah menjadi sahabat terbaik, tempat berkeluh kesah dan selalu memberikan semangat tak henti-hentinya kepada penulis.
6. Adik-adik tersayang Sahanny Jati Ning Tyas, Bagus Rimawan, Diana Puspita Dewi, dan Piter Abiyasa yang selalu memberikan semangat dan dorongan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh keluarga besar penulis yang selalu memberikan motivasi dan dorongan bagi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.



8. Sahabatku, Hana, Iir, Syakila, dan Chusna untuk setiap bantuan, motivasi dan kesabarannya mendengarkan segala keluh kesah penulis.
9. Anak bimbingan Bapak Wakhid (Nike, Anis dan Aqil) untuk setiap semangat dan motivasinya yang selalu diberikan kepada penulis.
10. Keluarga besar Matematika angkatan 2015 untuk kebersamaannya selama menimba ilmu di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
11. Semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, besar harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan. Akhir kata semoga Allah SWT membalas segala langkah kebaikan yang telah kita lakukan dan menjadi amal ibadah kita.

Yogyakarta, 3 April 2019

Nurlita Dewi Safitri

15610055

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI</b> .....	ii
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>MOTTO</b> .....	v
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMBANG</b> .....	xv
<b>INTISARI</b> .....	xvi
<b>ABSTRACT</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Batasan Masalah .....	2
1.3. Rumusan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
1.6. Tinjauan Pustaka .....	4
1.7. Sistematika Penulisan .....	5
1.8. Metode Penelitian .....	6
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	8
2.1. Matriks .....	8
2.1.1. Determinan Matriks .....	8

2.1.2. Minor dan Kofaktor .....	9
2.1.3. Determinan Matriks berukuran $n \times n$ .....	10
2.2. Ruang Vektor .....	11
2.3. Subruang .....	12
2.4. Bebas Linear .....	13
2.5. Rank Matriks .....	13
2.6. Transformasi Linear .....	14
2.7. Kernel .....	14
2.8. Matriks Polinomial .....	15
2.9. Nilai dan Vektor Eigen .....	16
2.10. Bilangan Kompleks .....	16
2.10.1. Konjugat Kompleks .....	17
2.10.2. Bentuk Eksponensial .....	17
2.11. Teori Sistem .....	18
2.11.1. Solusi sistem .....	20
2.11.2. Linearisasi .....	23
2.11.3. Keteramatan Sistem <i>Linear Time Invariant</i> (LTI) .....	26
2.11.4. Kestabilan Sistem .....	29
2.11.5. Keterkendalian Sistem .....	33
2.12. Transformasi Laplace .....	37
2.12.1. Invers Transformasi Laplace .....	38
2.12.2. Teorema Konvolusi .....	39
2.13. Transformasi Fourier .....	41
<b>BAB III KARAKTERISTIK DOMAIN WAKTU DAN FREKUENSI PADA</b>	
<b>SISTEM <i>LINEAR TIME INVARIANT</i> (LTI) .....</b>	<b>41</b>
3.1. Fungsi Transfer dan Respon Frekuensi .....	42
3.1.1. Sistem Konvolusi .....	42
3.1.2. Sistem Differensial .....	49

3.1.3. Fungsi Transfer Mewakili Perilaku Bagian yang Terkendali ....	55
3.1.4. Fungsi Transfer Sistem yang saling Berhubungan.....	56
3.2. Karakteristik Domain Waktu .....	58
3.3. Karakteristik Respon Domain Frekuensi .....	63
3.3.1. Plot Bode.....	65
3.3.2. Plot Nyquist .....	68
3.4. Sistem Orde Pertama dan Kedua .....	69
3.4.1. Sistem Orde Pertama.....	69
3.4.2. Sistem Orde Kedua .....	70
3.5. Fungsi Transfer Rasional .....	74
3.5.1. Diagram Pole / Zero.....	75
3.5.2. Fungsi Transfer Representasi $i / s / o$ .....	76
3.5.3. Plot Bode dari Fungsi Transfer Rasional .....	78
<b>BAB IV SIMULASI .....</b>	<b>83</b>
4.1. Sistem Suspensi Mobil Seperempat Kendaraan .....	83
4.2. Karakteristik Domain Waktu dan Frekuensi Model Sistem Suspensi Mobil Seperempat Kendaraan.....	88
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>94</b>
5.1. Kesimpulan .....	94
5.2. Saran .....	95
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>96</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>98</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>100</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Tabel Transformasi Laplace .....	38
<b>Tabel 2. 2</b> Tabel Invers Transformasi Laplace (Prayudi, 2006:237) .....	39
<b>Tabel 4. 1</b> Parameter sistem suspensi .....	88



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3. 1</b> Respon frekuensi dari Contoh 3.1 .....	48
<b>Gambar 3. 2</b> (a) Seri, (b) paralel, (c) interkoneksi umpan balik. $\Sigma_1$ .....	56
<b>Gambar 3. 3</b> Respon Langkah dari $(1-0,5s)/(1+s)(1+0,5s+s^2)$ .....	60
<b>Gambar 3. 4</b> Plot Bode dari $(1-0,5s)/(1+s)(1+0,5s+s^2)$ .....	67
<b>Gambar 3. 5</b> Plot Nyquist dari $(1-0,5s)/(1+s)(1+0,5s+s^2)$ .....	69
<b>Gambar 3. 6</b> Respon sistem orde pertama .....	70
<b>Gambar 3. 7</b> Respon sistem orde kedua.....	72
<b>Gambar 3. 8</b> Diagram <i>Pole/Zero</i> dari Contoh 3.4.....	76
<b>Gambar 3. 9</b> Plot Bode dari $1, s, 1+s$ , dan $1+2\zeta s+s^2$ , dan Plot Bode aproksimat dari $1+s$ , dan $1+2\zeta s+s^2$ .....	80
<b>Gambar 3. 10</b> Plot Bode dan Plot Bode aproksimat dari (3.16).....	82
<b>Gambar 4. 1</b> Model sistem suspensi mobil seperempat kendaraan.....	84
<b>Gambar 4. 2</b> Respon langkah dari fungsi transfer sistem .....	90
<b>Gambar 4. 3</b> Plot Bode dari fungsi transfer system .....	91
<b>Gambar 4. 4</b> Plot Nyquist dari fungsi transfer sistem .....	92
<b>Gambar 4. 5</b> Diagram Pole / Zero dari fungsi transfer sistem .....	92

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR LAMBANG

$\mathbb{R}$	Himpunan semua bilangan <i>real</i>
$\mathbb{C}$	Himpunan semua bilangan kompleks
$\mathbb{R}[\xi]$	Himpunan semua polinomial dengan koefisien <i>real</i>
$\mathcal{L}_1^{loc}(\mathbb{R}, \mathbb{R}^q)$	Himpunan fungsi terintegral lokal
$\deg$	<i>Degree</i> polinomial
$\det$	Determinan
$im$	<i>Image</i> dari pemetaan linear
$ker$	Kernel dari pemetaan linear
$\mathcal{L}_1(\mathbb{R}, \mathbb{R}^q)$	Himpunan fungsi terintegral
$\mathcal{L}_2(\mathbb{R}, \mathbb{R}^q)$	Himpunan fungsi terintegral kuadrat
$\zeta(s)$	Perilaku eksponensial
$\Sigma$	Ruang <i>state space</i>
$\lambda$	Nilai eigen
$\operatorname{Re}(\lambda)$	Nilai <i>real</i> dari nilai eigen
$\operatorname{Im}(\lambda)$	Nilai imajiner dari nilai eigen

**INTISARI**  
**KARAKTERISTIK DOMAIN WAKTU DAN FREKUENSI**  
**PADA SISTEM *LINEAR TIME INVARIANT* (LTI)**

**Oleh**

**Nurlita Dewi Safitri**

**15610055**

Semakin berkembangnya dunia saat ini, maka semakin banyak pula masalah yang muncul dalam kehidupan sehari-hari. Untuk memecahkan suatu masalah, matematika dapat digunakan sebagai alat untuk mempermudah dalam proses penyelesaian masalah dengan menggabungkan satu atau lebih cabang ilmu lain yang berkaitan dengan masalah tersebut. Sebagai contoh yaitu masalah system dan kendali yang menggabungkan ilmu matematika dengan ilmu teknik, fisika, dan lain-lain. Salah satu system yang ada di dunia adalah sistem *Linear Time Invariant* (LTI). Sistem dinamik LTI adalah suatu system dinamik yang mempunyai komponen yang tidak berubah terhadap waktu.

Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai karakteristik domain waktu dan frekuensi pada sistem *Linear Time Invariant* (LTI). Domain waktu pada sistem diubah kedalam domain frekuensi menggunakan fungsi transfer. Kemudian untuk menggambarkan karakteristik respon domain frekuensi pada sistem digunakan *Plot Bode* dan *Plot Nyquist*. Sedangkan karakteristik fungsi transfer rasional dalam suatu sistem dapat dilihat dengan menggabungkan *Plot Bode* dari sistem orde pertama dan orde kedua. Untuk menggambarkan karakteristik domain waktu dan frekuensi digunakan model sistem suspensi mobil seperempat kendaraan.

**Kata kunci :** karakteristik sistem, domain waktu dan frekuensi, LTI.



**ABSTRACT**  
**TIME AND FREQUENCY DOMAIN CHARACTERISTIC**  
**OF LINEAR TIME INVARIANT (LTI) SYSTEM**

**By**

**Nurlta Dewi Safitri**

**15610055**

The development of the world today, the more problems that arise in everyday life. To solve a problem, mathematic can be used as a tool to simplify the problem solving process by combining one or more branches of science related to the problem. For example, system and control problems that combine mathematical science with engineering, physics, and others. One of the systems in the world is the *Linear Time Invariant (LTI)* system. The *LTI* system is a dynamic system that has components that are unchanged over time.

In this study will discuss the time and frequency domain characteristic of *Linear Time Invariant (LTI)* system. The time domain of the system transformed into frequency domain with the transfer function. The frequency domain response characteristic of the system obtained by Bode Plot and Nyquist Plot. And the rational transfer function characteristic for such system obtained by combining Bode Plot of first- and second-order system. To describe the time and frequency domain characteristic of the *Linear Time Invariant* system used a quarter car suspension system.

**Keyword:** system characteristic, time and frequency domain, LTI.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Matematika merupakan salah satu ilmu yang sangat penting dalam perkembangan peradaban manusia. Matematikawan diseluruh dunia telah mengembangkan matematika mulai dari zaman Mesir kuno, Babylonia, hingga Yunani kuno. Pada zaman tersebut matematika dipelajari, dikembangkan serta digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah seperti perdagangan, konstruksi, pengukuran tanah hingga masalah astronomi. Bahkan sampai saat ini matematika tetap digunakan untuk mengatasi masalah-masalah dalam kehidupan dan untuk mengembangkan disiplin ilmu yang lainnya.

Dalam kehidupan sehari-hari banyak permasalahan yang muncul yaitu masalah yang dipengaruhi oleh waktu dan frekuensi yang disajikan dalam bentuk sistem dinamik. Berbagai permasalahan yang muncul tersebut dapat diselesaikan dengan metode teoritis dan matematis setelah melalui tahapan-tahapan pemodelan matematika.

Model matematis sistem dinamik secara umum didapat melalui beberapa hukum dalam ilmu alam maupun melalui proses empiris. Beberapa contoh hukum dalam bidang fisika yang biasanya digunakan dalam memodelkan sistem dinamik yaitu hukum kekekalan, hukum empiris, hukum Newton dan yang lainnya (Musthofa, 2015:06).

Sistem *Linear Time Invariant* (LTI) merupakan sistem dinamik yang mengandung komponen parameter yang tidak berubah terhadap waktu. Penelitian ini akan membahas bagaimana sistem *Linear Time*

*Invariant* (LTI) bertindak dalam domain frekuensi. Dari sistem tersebut terdapat fitur penting yaitu dalam pengaturan input/output sistem mengubah input sinusoidal (lebih umum, eksponensial) menjadi output sinusoidal (eksponensial). Cara yang mudah untuk menggambarkan sistem tersebut mengarah pada fungsi transfer dan respons frekuensi. (Polderman, 2007:287)

Penelitian ini juga akan membahas karakteristik dari respons domain waktu dan frekuensi dengan menggambarkan karakteristik penting dari suatu sistem. Hal tersebut dapat disimpulkan dari respon langkahnya atau dari plot Bode dan Nyquist-nya.

## 1.2. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan tersebut, maka penelitian ini dibatasi oleh hal-hal berikut:

1. Sistem yang akan digunakan dalam pembahasan adalah sistem dinamik *Linear Time Invariant* (LTI).
2. Permasalahan yang dipertimbangkan dalam pembahasan karakteristik domain waktu hanyalah kasus *single-input/single-output* (SISO).

## 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang telah dipaparkan tersebut, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sistem *Linear Time Invariant* (LTI) bertindak dalam domain frekuensi?
2. Bagaimana respons frekuensi dalam sistem *Linear Time Invariant* (LTI) dengan menggunakan fungsi transfer?
3. Bagaimana karakteristik domain waktu pada sistem *Linear Time Invariant* (LTI)?

4. Bagaimana karakteristik domain frekuensi pada sistem *Linear Time Invariant* (LTI)?
5. Bagaimana gambaran teori fungsi transfer rasional pada sistem *Linear Time Invariant*?

#### 1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan maka tujuan penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Menjelaskan sistem *Linear Time Invariant* (LTI) bertindak dalam domain frekuensi.
2. Menjelaskan respons frekuensi dalam sistem *Linear Time Invariant* (LTI) dengan menggunakan fungsi transfer.
3. Menjelaskan karakteristik domain waktu pada sistem *Linear Time Invariant* (LTI).
4. Menjelaskan karakteristik domain frekuensi pada sistem *Linear Time Invariant* (LTI).
5. Menjelaskan gambaran teori fungsi transfer rasional pada sistem *Linear Time Invariant*.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penulisan penelitian ini adalah:

1. Bagi Penulis  
Penelitian ini dapat memberi manfaat sebagai ilmu pengetahuan tambahan mengenai matematika khususnya matematika terapan sehingga dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam dunia kerja.
2. Bagi Program Studi Matematika  
Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi tambahan pada penerapan matematika dalam bidang teori sistem dan kendali

serta mampu menjadi rujukan pembelajaran maupun penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh mahasiswa matematika khususnya mengenai sistem *Linear Time Invariant* (LTI).

## 1.6. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini merujuk pada buku karya Jan Willem Polderman dan Jan C. Willems yang berjudul *Introduction to Mathematical System Theory* yang diterbitkan pada tahun 1997. Selain itu penulis juga menggunakan buku karangan G. J. Olsder dan J. W. Van der Woude yang berjudul *Mathematical System Theory* yang diterbitkan pada tahun 2003, serta beberapa buku lainnya.

Penulis juga menggunakan tinjauan pustaka dari beberapa penelitian sebelumnya, diantaranya skripsi karya Nyoman Bangsin dengan judul Pengujian Prototip Suspensi Aktif Tegar (Robust) Model Seperempat Kendaraan yang diterbitkan pada tahun 2004, Andi Ariyanto dengan judul Analisis Kestabilan Sistem Suspensi Mobil Seperempat Kendaraan dengan Metode Lyapunov Langsung yang diterbitkan pada tahun 2015 serta Maulida Agustin dengan judul Analisis Kestabilan Sistem Dinamik *Linear Time Invariant* (LTI) yang diterbitkan pada tahun 2018 yang memberi inspirasi dalam penelitian yang dilakukan.

Penelitian ini membahas tentang sistem *Linear Time Invariant* (LTI) dengan domain waktu dan frekuensi. Untuk mengetahui respons sistem terhadap domain frekuensi dapat digambarkan oleh fungsi transfer dan respons frekuensinya. Selain itu, juga dibahas mengenai dua kelas sistem yang terkait dengan sistem dinamik *Linear Time Invariant* (LTI) yaitu sistem konvolusi dan sistem differensial. Hasil dari penelitian akan disimulasikan dengan menggunakan program

aplikasi MATLAB 7.1 sehingga akan memberikan informasi yang lebih jelas.

### 1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini terdiri dari lima bab yaitu:

#### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini. Selain itu, bab ini juga menjelaskan tentang batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, sistematika penulisan dan metode penelitian.

#### BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan tentang berbagai teori yang akan digunakan dalam penyusunan penelitian ini seperti matriks, kernel matriks, bilangan kompleks, transformasi Laplace, sistem teori dan beberapa teori lainnya.

#### BAB III KARAKTERISTIK DOMAIN WAKTU DAN FREKUENSI SISTEM *LINEAR TIME INVARIANT* (LTI)

Bab ini menjelaskan tentang sistem *Linear Time Invariant* (LTI) bertindak dalam domain frekuensi, respons frekuensi dalam sistem *Linear Time Invariant* (LTI) dengan menggunakan fungsi transfer, karakteristik domain waktu dan frekuensi pada sistem *Linear Time Invariant* (LTI), gambaran

teori fungsi transfer rasional pada sistem *Linear Time Invariant* (LTI). Selain itu, pada bab ini juga akan diberikan contoh sistem *Linear Time Invariant* (LTI) dengan domain waktu dan frekuensi.

#### BAB IV SIMULASI

Bab ini menjelaskan tentang gambaran karakteristik domain waktu dan frekuensi sistem *Linear Time Invariant* (LTI). Gambaran tersebut dilakukan dengan mensimulasi sistem dengan menggunakan program MATLAB 7.1.

#### BAB V PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Selain itu bab ini juga memberikan saran untuk penelitian yang dapat dilakukan selanjutnya.

### 1.8. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode literatur, yaitu dengan membahas topik masalah secara teoritis dan konseptual. Sumber-sumber literatur yang digunakan sebagai rujukan diperoleh dari buku referensi dan karya ilmiah yang menunjang penelitian tentang karakteristik domain waktu dan frekuensi sistem *Linear Time Invariant* (LTI).

Langkah-langkah yang dilakukan oleh penulis dalam penelitian yaitu sebagai berikut:

#### 1. Studi Literatur

Studi literatur mengacu pada beberapa sumber, diantaranya adalah buku, jurnal, skripsi, tesis dan internet yang berhubungan

dengan karakteristik domain waktu dan frekuensi sistem *Linear Time Invariant* (LTI). Sumber utama yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah buku dengan judul *Intoduction to Mathematical System Theory* yang ditulis oleh Jan Willem Polderman (1997).

2. Analisis Karakteristik Domain Waktu dan Frekuensi

Pada tahap ini dilakukan analisis tentang bagaimana karakteristik domain waktu dan frekuensi sistem *Linear Time Invariant* (LTI).

3. Simulasi

Pada tahap ini dilakukan simulasi tentang gambaran karakteristik domain waktu dan frekuensi sistem *Linear Time Invarian* (LTI). Gambaran tersebut dilakukan dengan mensimulasi sistem dengan menggunakan program MATLAB 7.1.

4. Intepretasi

Tahap ini bertujuan untuk menjelaskan hasil simulasi dari suatu sistem *Linear Time Invariant* (LTI) sehingga dapat memberikan informasi yang jelas.

5. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini dilakukan untuk memeberikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, serta memberikan saran dalam melakukan penelitian selanjutnya.



## BAB V

### PENUTUP

Tujuan dari bab ini yaitu untuk menyajikan kesimpulan dari penelitian dengan judul "*Karakteristik Domain Waktu dan Frekuensi pada Sistem Linear Time Invariant (LTI)*" serta saran yang dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya.

#### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil penulis setelah menyelesaikan penelitian skripsi ini adalah

1. Sistem *Linear Time Invariant (LTI)* memproses secara periodik (lebih umum, eksponensial) komponen sinyal secara individual, tanpa gangguan diantara frekuensi yang berbeda. Hal ini mengarah pada pengertian fungsi transfer dan respon frekuensi. Fungsi transfer menyatakan bagaimana input eksponensial diubah menjadi output eksponensial.
2. Fungsi transfer hanya menentukan bagian yang terkendali dari suatu sistem, dan bagian yang tidak terkendali tidak diwakili olehnya. Hal ini membatasi potensi fungsi transfer untuk mendeskripsikan sistem.
3. Respon langkah adalah respon suatu sistem terhadap input langkah. Banyak karakteristik domain waktu yang bermanfaat seperti *overshoot*, *settling time*, dan *rise time* dari suatu sistem dapat dibaca dari respon langkahnya.
4. Untuk merepresentasikan respon frekuensi suatu sistem yaitu dengan Plot Bode. Banyak karakteristik domain frekuensi seperti *bandwidth*, dan frekuensi resonansi yang dapat dibaca dari Plot Bode.

5. Parameter dari sistem orde pertama memiliki interpretasi langsung dalam hal waktu konstan dan *gain steady-state*. Untuk sistem orde kedua, karakteristik dan koefisien redaman adalah parameter yang penting.
6. Fungsi transfer rasional sangat sering terjadi dalam aplikasi. Karakteristik fitur mereka dapat dengan mudah disimpulkan dengan diagram *Pole / Zero*.  
*Pole* dan *Zero* menentukan *breakpoint* dari plot Bode. Plot Bode dapat dengan mudah digambarkan dari *gain steady-state* dan diagram *Pole / Zero*.

## 5.2. Saran

Setelah menyelesaikan penelitian ini, saran yang dapat penulis sampaikan adalah:

1. Penelitian ini hanya menjelaskan karakteristik domain waktu dan frekuensi pada sistem *Linear Time Invariant (LTI)*. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat menjelaskan karakteristik domain waktu dan frekuensi pada sistem *Linear Time Varying* atau yang lainnya.
2. Penelitian selanjutnya dapat menjelaskan studi literatur mengenai materi Sistem dan Kendali yang belum dipelajari selama proses perkuliahan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Maulida. 2018. *Analisis Kestabilan Sistem Dinamik Linear Time Invariant (LTI)*. UIN Sains & Tek. Yogyakarta.
- Anton, Howard. 1987. *Aljabar Linear Elementer versi Aplikasi: Edisi Kedelapan / Jilid 1*. Diterjemahkan oleh: Refina Indriasari dan Irzam Harmelin. Jakarta: Erlangga.
- Anton, Howard. 2000. *Elementary Linear Algebra: Eighth Edition*. New Jersey: John Willey & Sons, Inc.
- Ariyanto, Andi. 2015. *Analisis Kestabilan Sistem Suspensi Mobil Seperempat Kendaraan dengan Metode Lyapunov langsung*. UIN Sains & Tek. Yogyakarta.
- Bangsin, N. 2004. *Pengujian Prototip Suspensi Aktif Tegar (Robust) Model Seperempat Kendaraan*. PROC. ITB Sains & Tek. Vol. 36A, No.1. 2004. 83-95.
- Bereends, R.J., dkk. 2003. *Fourier and Laplace Transforms*. New York: Cambridge University Press.
- Bracewell, Ronald N. 2000. *The Fourier Transformation and its Applications: Third Edition*. New York: McGraw Hill.
- Brown, James Ward dan Churchill, Ruel V. 2009. *Complex Variables and Applications: Eight Edition*. New York: McGraw Hill.
- Laksono, Heru Dibyo. 2004. *Sistem Kendali*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Laksono, Heru Dibyo. 2014. *Sistem Kendali dengan MATLAB*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Musthofa, M. Wakhid. 2015. *Pengantar Teori Sistem dan Kendali*. Yogyakarta: Jurusan Matematika, Fakultas SAINTEK-UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Noya, Vendira H. P., Rumlawang, F. Y., & Lesnussa, Y. A. 2014. *Aplikasi Transformasi Fourier untuk Menentukan Periode Curah Hujan (Studi Kasus: Periode Curah Hujan di Kabupaten Seram Bagian Barat, Provinsi Maluku)*. Vol. 2: 85-94.

- Olsder, G. J & Woude. J. W. Van der. 2003. *Mathematical System Theory: Second edition*. Delft: VVSD.
- Ogata, Katsuhiko. 2010. *Modern Control Engineering: Fifth Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Polderman, Jan Willem, dan Jan C. Willems. 1997. *Introduction to Mathematical Theory of System and Control*. Berlin: Springer-Verlag.
- Prayudi. 2006. *Matematika Teknik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Schiff, Joel L. 1999. *The Laplace Transform*. New York: Springer-Verlag.
- Stroud, K.A dan Booth, Dexter J. 2003. *Matematika Teknik*. Diterjemahkan oleh: Alit Bondan. Jakarta: Erlangga.
- Sukirman. 2016. *Teori Grup (Aljabar Abstrak I)*. Yogyakarta: UNY Press.

