

**PENERAPAN TEORI KONTROL  
PADA MODEL DINAMIK GERAK SATELIT TANPA GANGGUAN**

**SKRIPSI**

untuk memenuhi sebagian persyaratan

mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Matematika



Diajukan Oleh :

**Fredy Haryanto**

**06610007**

kepada

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

**2010**



**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 Saudara:

**Nama : Fredy Haryanto**

**NIM : 06610007**

**Judul Skripsi : Penerapan Teori Kontrol Pada Model Dinamik Gerak  
Satelit Tanpa Gangguan**

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

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu`alaikum Wr. Wb*

Yogyakarta, 5 Juli 2010  
Pembimbing I

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



**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 Saudara:

**Nama : Fredy Haryanto**

**NIM : 06610007**

**Judul Skripsi : Penerapan Teori Kontrol Pada Model Dinamik Gerak  
Satelit Tanpa Gangguan**

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

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

*Wassalamu`alaikum Wr. Wb*

Yogyakarta, 5 Juli 2010  
Pembimbing II

Sugiyanto, M.Si  
NIP. 150409379



**PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/1606/2010

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Penerapan Teori Kontrol Pada Model Dinamik Gerak Satelit Tanpa Gangguan

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

Nama : Fredy Haryanto

NIM : 06610007

Telah dimunaqasyahkan pada : 13 juli 2010

Nilai Munaqasyah : A -

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

**TIM MUNAQASYAH :**

Ketua Sidang

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

Penguji I

Solikhatun, M.Si.  
NIP.19800314 200501 2 002

Penguji II

Zenith Purisha, S.Si.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 15 Juli 2010.

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

Dekan



Dra. Maizer Said Nahdi, M.Si

NIP.19550427 198403 2 001



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fredy Haryanto

NIM : 06610007

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa Skripsi saya yang berjudul:

### **Penerapan Teori Kontrol Pada Model Dinamik Gerak Satelit Tanpa Gangguan**

merupakan hasil penelitian saya sendiri dan bukan duplikasi ataupun saduran dari karya orang lain kecuali pada bagian secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti adanya penyimpangan dalam karya ini maka tanggung jawab sepenuhnya ada pada penulis.

Yogyakarta, 5 Juli 2010  
Penulis,



Fredy Haryanto  
NIM. 06610007

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyusun skripsi ini dengan baik. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, para sahabat dan para pengikutnya seluruh umat Islam hingga akhir zaman, insyaAllah termasuk kita. Amin.

Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Program Studi Matematika. Skripsi ini berisi mengenai pembahasan penerapan teori kontrol pada model dinamik gerak satelit tanpa gangguan. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan, dan motivasi dari berbagai pihak, laporan skripsi ini tidak dapat selesai dengan baik. Oleh karena itu ucapan terima kasih disampaikan sebesar-besarnya dan semoga Allah memberikan ridho-Nya kepada :

1. Dra. Maizer Said Nahdi, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si selaku Pembantu Dekan I.
3. Sri Utami Zuliana, S.Si., M.Sc selaku Ketua Program Studi Matematika dan Penasehat Akademik yang selalu memberi pengarahan.
4. Muhammad Wakhid Musthofa, M.Si. selaku Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membantu, memotivasi, membimbing serta mengarahkan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

5. Sugiyanto, M.Si selaku pembimbing II yang telah membantu dan mengarahkan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan
6. Segenap Dosen dan Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
7. Dr. Suryadi Siregar, selaku Ketua Jurusan Astronomi Institut Teknologi Bandung atas keramahannya bersedia berdiskusi tentang perilaku satelit.
8. Bos Tikus yang selalu memberi dorongan dan perhatian untuk cepat menyelesaikan skripsi penulis.
9. Crew Mathnews yang selalu membuat penulis untuk selalu mengembangkan diri dan semangat.
10. Segenap "teman-teman matematika 2006" yang telah memberi senyuman semangat dan tentunya lawakan, serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.

Semoga Allah SWT berkenan membalas kebaikan mereka dengan pahala yang berlipat ganda. Hanya kepada Allah penulis menyembah dan memohon ampunan atas segala kekurangan dan kekhilafan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Yogyakarta, 5 Juli 2010  
Penulis

Fredy Haryanto  
NIM. 06610007

## HALAMAN PERSEMBAHAN

***Skripsi ini saya persembahkan  
kepada:***

*Kedua Orang tuaku,  
berkat belaian, kasih sayang dan doanya  
saya tumbuh menjadi  
Manusia yang tangguh*

*kakak KU  
yang senantiasa menjadi  
motivator terbesar*

***Almamater tercinta  
Program Studi Matematika  
Fakultas Sains dan Teknologi***

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**Teman-temanku semua  
Yang selalu memberi semangat**



## HALAMAN MOTTO

*“Hai orang-orang beriman apabila kamu dikatakan kepadamu: "Berlapang-lapanglah dalam majlis", maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan: "Berdirilah kamu", maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan” (Al-Mujaadilah :11)*

Allah Maha Mendengar dan Maha Melihat

PERCAYA DIRI DIMANAPUN  
KAU BERADA

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
HALAMAN MOTTO .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....	xiii
ABSTRAKSI .....	xv
BAB I : PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Batasan Masalah .....	2
1.3. Rumusan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
1.6. Tinjauan Pustaka .....	4
1.7. Metode Penelitian .....	5
BAB II : LANDASAN TEORI .....	6
2.1. Derivatif .....	6
2.2. Matriks .....	13
2.2.1. Operasi Matriks .....	13
2.2.2. Matriks <i>Invertible</i> .....	16
2.2.3. Determinan .....	16
2.2.4. Rank Matriks .....	17
2.3. Persamaan Differensial Orde-Dua .....	18
2.3.1. Masalah Nilai Awal .....	18

2.4. Teori Sistem Matematika .....	19
2.4.1. Linearisasi .....	21
2.4.2. Kestabilan Sistem .....	26
2.5. Teori Kontrol Linear .....	29
2.6. Vektor .....	50
2.6.1. Vektor di Ruang .....	50
2.7. Gerak Rotasi .....	53
2.8. Hukum Kepler .....	56
2.8.1. Hukum Kepler I .....	57
2.8.2. Hukum Kepler II .....	57
2.8.3. Hukum Kepler III .....	58
2.9. Hukum Newton .....	59
2.9.1. Hukum Kedua Newton .....	60
<b>BAB III : ASPEK KETERKENDALIAN DAN KETERAMATAN PADA MODEL DINAMIK GERAK SATELIT TANPA GANGGUAN</b>	
3.1. Satelit Sebagai Benda Langit .....	61
3.2. Persamaan Dinamik Gerak Satelit .....	62
3.3. Linearisasi .....	71
3.4. Keterkendalian .....	73
3.5. Keteramatan .....	77
<b>BAB IV : DESAIN FEEDBACK DAN DESAIN OBSERVER PADA PERSAMAAN GERAK SATELIT TANPA GANGGUAN</b>	
4.1. Desain Feedback pada Persamaan Gerak Satelit Tanpa Gangguan.	82
4.2. Desain Observer pada Persamaan Gerak Satelit Tanpa Gangguan.	101
<b>BAB V : PENUTUP</b> .....	105
5.1. Kesimpulan .....	105
5.2. Saran .....	106
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	108

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ilustrasi sistem .....	18
Gambar 2. <i>Open-loop control system</i> .....	37
Gambar 3. <i>Closed-loop control system</i> .....	37
Gambar 4. Diagram observer .....	47
Gambar 5. Letak dari suatu titik ditentukan letaknya dengan melihat jaraknya terhadap ketiga bidang istimewa .....	50
Gambar 6. Penjumlahan vektor di ruang dengan menggunakan aturan empat persegi panjang seperti di bidang .....	51
Gambar 7. Roda yang sedang berotasi dengan arah berlawanan dengan jarum jam terhadap sumbu yang melalui pusat roda pada titik O. Garis melingkar yang terputus-putus merupakan lintasan titik <i>P</i> .....	52
Gambar 8. Planet mengelilingi matahari .....	57
Gambar 9. Orbit satelit .....	60
Gambar 10. Satelit bumi .....	62
Gambar 11. Vektor $\vec{1}_r$ dan $\vec{1}_\theta$ .....	62
Gambar 12. Pergerakan jarak satelit dengan pusat bumi tanpa kontrol	90
Gambar 13. Pergerakan kecepatan satelit tanpa kontrol .....	91
Gambar 14. Pergerakan sudut satelit dengan pusat bumi tanpa kontrol	91
Gambar 15. Pergerakan kecepatan sudut satelit tanpa kontrol .....	92
Gambar 16. Pergerakan jarak satelit dengan pusat bumi setelah diberi pengontrol	



feedback .....	96
Gambar 17. Pergerakan kecepatan satelit setelah diberi pengontrol	
feedback .....	97
Gambar 18. Pergerakan sudut satelit dengan pusat bumi setelah diberi pengontrol	
feedback .....	97
Gambar 19. Pergerakan kecepatan sudut satelit dengan pusat bumi setelah diberi	
pengontrol feedback .....	98

## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

$\varepsilon$	: epsilon
$\delta$	: delta
$\in$	: elemen/ anggota himpunan
$\Rightarrow$	: implikasi (jika ... maka ... )
$\Leftrightarrow$	: biimplikasi (... jika dan hanya jika ... )
$\forall$	: untuk setiap
$\exists$	: ada/ terdapat
$=$	: sama dengan
$\neq$	: tidak sama dengan
$\approx$	: pembulatan
$\subset$	: himpunan bagian
$   $	: harga mutlak
$\  \ $	: norm vektor
$Im$	: image himpunan
$\Delta x$	: delta $x$ (perubahan nilai $x$ )
$Df$	: turunan dari fungsi $f$
$r$	: jarak
$\dot{r}$	: kecepatan radial
$\theta$	: sudut
$\dot{\theta}$	: kecepatan tangensial
$\omega$	: kecepatan sudut

$\lambda$	: nilai eigen
$A^{-1}$	: invers dari matriks A
$R$	: himpunan bilangan real
$R^n$	: himpunan semua bentuk $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ dengan $x_1 \in R$
$I$	: matriks identitas
$a_{tan}$	: percepatan tangensial
$a_r$	: percepatan radial
$v$	: kecepatan linear
$t$	: waktu dalam detik
$P$	: periode planet
$k$	: konstanta
$G$	: $6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}$
$g$	: $9,807 \text{ m/s}^2$
$\vec{1}_r$	: vektor satuan pada arah radial
$\vec{1}_\theta$	: vektor satuan pada arah radial

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
 SUNAN KALIJAGA  
 YOGYAKARTA

# **PENERAPAN TEORI KONTROL PADA MODEL DINAMIK GERAK SATELIT TANPA GANGGUAN**

## **ABSTRAKSI**

Fredy Haryanto  
NIM. 06610007

Satelit yang diletakkan pada posisi yang tepat di langit digunakan sebagai sarana komunikasi telepon dan TV, memandu pelayaran kapal dan pesawat, perkiraan cuaca, dll. Satelit tersebut disebut satelit *geostationary*. Pada prinsipnya orbit *geostationary* dapat dicapai dengan mengendalikan gaya yang ada pada satelit sedemikian sehingga satelit terletak pada orbit yang diinginkan. Gaya tersebut dapat dihasilkan dengan alat jet kecil yang membawa satelit. Satelit akan bergerak pada lintasannya sesuai waktu dan sudut yang diinginkan. Satelit memerlukan suatu sistem yang dapat mengendalikannya agar selalu tepat pada lintasan yang diinginkan yaitu sistem kontrol.

Penelitian ini akan membahas tentang konstruksi model matematika persamaan dinamik gerak satelit tanpa gangguan yang dibentuk dari beberapa gaya yang mempengaruhinya. Selanjutnya akan dianalisa keterkendalian dan keteramatan dinamika gerak satelit tersebut. Di akhir pembahasan akan didesain kendali linear feedback yang akan menstabilkan gerak satelit agar tetap berada pada orbit yang diinginkan.

Kata kunci : persamaan dinamik gerak satelit tanpa gangguan, kestabilan, keterkendalian, keteramatan, feedback, dan observer.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Zaman globalisasi ini menuntut manusia untuk selalu berpikir ke depan dan mengembangkan keahliannya untuk mendapat pengetahuan dan teknologi yang lebih canggih. Perkembangan teknologi di dunia ini semakin tahun semakin meningkat sesuai dengan fungsinya untuk memudahkan manusia dalam menyelesaikan pekerjaannya. Kehidupan sehari-hari juga diperlukan adanya pengontrol agar dapat menjaga kestabilan dan keterkendalian pada diri manusia. Di samping itu, teknologi informasi dan komunikasi membutuhkan adanya satelit. Satelit yang diletakkan pada posisi yang tepat di langit digunakan sebagai sarana komunikasi telepon dan TV, memandu pelayaran kapal dan pesawat, perkiraan cuaca, dan lain-lain. Satelit tersebut disebut satelit *geostationary*. Pada prinsipnya orbit *geostationary* dapat dicapai dengan mengendalikan gaya yang ada pada satelit sedemikian sehingga satelit terletak pada orbit yang diinginkan. Gaya tersebut dapat dihasilkan dengan alat jet kecil yang membawa satelit. Satelit akan bergerak pada lintasannya sesuai waktu dan sudut dari pusat bumi dengan satelit tersebut sesuai yang diinginkan.

Satelit memerlukan suatu sistem yang dapat mengendalikannya agar selalu tepat pada lintasan yang diinginkan yaitu sistem kontrol. Sistem kontrol yang dibahas dalam skripsi ini adalah sistem kontrol linier pada

gerakan unit massa satelit yang kinerjanya didasarkan pada *inverse square law force field* yang dipengaruhi oleh suatu pasangan persamaan diferensial orde dua pada jari-jari  $r$  dan sudut  $\theta$ . Selain itu akan dibahas pengertian *controllability* (keterkendalian), *observability* (keteramatan), dan desain *feedback* (umpan balik), sehingga dapat dianalisis apakah model persamaan gerak satelit stabil, *controllable* (terkendali), *observable* (teramati), serta dapat dibuat desain *feedback* dan desain observernya.

## 1.2. Batasan Masalah

Permasalahan pada satelit sebenarnya sangatlah kompleks maka perlu adanya pembatasan dalam penelitian ini. Adapun batasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Membentuk model persamaan dinamik gerak satelit tanpa gangguan.
2. Menganalisis keterkendalian dan keteramatan dinamika gerak satelit tanpa gangguan.
3. Mendesain pengontrol tipe *feedback* pada persamaan gerak satelit tanpa gangguan.
4. Mendesain observer pada persamaan gerak satelit tanpa gangguan.

### 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah bentuk model persamaan dinamik gerak satelit tanpa gangguan?
2. Apakah sistem dinamik gerak satelit tanpa gangguan terkendali dan teramati?
3. Bagaimana desain feedback dan desain observer pada persamaan dinamik gerak satelit tanpa gangguan?

### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Menurunkan model persamaan dinamik gerak satelit tanpa gangguan.
2. Menganalisa keterkendalian dan keteramatan sistem dinamik gerak satelit tanpa gangguan.
3. Mendesain feedback sistem dinamik gerak satelit tanpa gangguan.
4. Mendesain observer sistem dinamik gerak satelit tanpa gangguan.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

- a. Memberikan pengetahuan tentang penerapan teori kontrol linear pada model persamaan gerak satelit.

- b. Membantu dalam memecahkan masalah penstabilan gerak satelit agar tetap berada pada posisi dan orbit yang diinginkan dengan memanfaatkan teori kontrol linear.
- c. Memberikan motivasi kepada para pembaca untuk lebih banyak mengembangkan suatu ilmu dan mengaitkannya dengan ilmu-ilmu lain sehingga mendapatkan sesuatu yang baru serta berguna bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

### 1.6. Tinjauan Pustaka

Buku yang berjudul "*Mathematical System Theory*" yang ditulis oleh Prof. Dr. G. J. Olsder. Buku ini memberikan materi tentang dasar-dasar teori sistem dan terkontrol. Dalam buku ini dijelaskan definisi dan teorema tentang keterkendalian dan keteramatan serta aplikasinya dan contoh soal.

Buku yang berjudul "*Applied Mathematical Sciences (AMS) series*" yang ditulis oleh J.W. Polderman. Buku ini menjelaskan tentang dinamika gerak satelit, faktor-faktor yang mempengaruhi pada gerak satelit serta menurunkan persamaan dinamik gerak satelit sampai dengan persamaan dinamik gerak satelit tanpa gangguan.

Skripsi yang berjudul "Aplikasi Teori Kontrol dalam Linearisasi Model Persamaan Gerak Satelit" yang ditulis oleh Swesti Yunita Purwanti mahasiswa Jurusan Matematika Universitas Padjajaran Bandung. Skripsi ini memberikan gambaran pada penulis dalam melakukan studi literatur tentang model persamaan gerak satelit. Pembahasan yang dilakukannya mengenai



model persamaan gerak satelit serta menganalisisnya dengan teori kontrol linear. Untuk itu penulis akan meneliti lebih lanjut dan berusaha memberikan penjelasan secara lebih detail serta menambahkan beberapa unsur yang diperlukan.

Skripsi yang berjudul “*Analisis Perubahan Setengah Sumbu Panjang dan Eksentrisitas Orbit Satelit Rendah Akibat Gaya Hambatan Atmosfer Bumi*” yang ditulis oleh E. E. Yusri mahasiswa Astronomi ITB Bandung. Skripsi yang ditulis menjelaskan tentang persamaan gerak satelit dengan pendekatan ilmu astronomi serta fisika mekanika.

Jurnal yang berjudul “*Numerical Homotopy Algorithms for Satellite Trajectory Control by Pole Placement*” yang ditulis Jan Verschelde dan Yusong Wang. Jurnal ini memberikan salah satu alternatif nilai eigen agar dinamika gerak satelit selalu berada pada orbit yang diinginkan.

### **1.7. Metode Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian studi literatur, dimana penulis akan mempelajari beberapa sumber tertulis tentang *system and control theory* dan aplikasinya pada *satellite dynamics*. Sifat penelitian dalam studi literatur ini adalah kualitatif. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sumber-sumber tertulis yang dapat berupa buku, skripsi, jurnal, makalah, artikel maupun hasil penelitian lain yang mendukung penelitian ini.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi literatur yang dilakukan tentang penerapan teori kontrol terhadap persamaan gerak satelit tanpa gangguan berikut :

1. Model persamaan gerak satelit tanpa gangguan dipengaruhi oleh suatu pasangan persamaan diferensial orde dua:

$$\ddot{r}(t) = r(t)\dot{\theta}^2(t) - \frac{k}{r^2(t)} + \frac{u_r(t)}{m},$$

$$\ddot{\theta}(t) = -2\dot{r}(t)\dot{\theta}(t) \cdot \frac{1}{r(t)} + \frac{u_\theta(t)}{r(t)m}.$$

Persamaan diferensial tersebut merupakan persamaan diferensial non linear, melalui proses linearisasi di sekitar titik equilibrium didapatkan sistem dinamik yang linear. Berdasarkan analisa diperoleh sistem *linear time invariant* dalam bentuk persamaan *state space*

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

$$y(t) = Cx(t)$$

dengan

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 3\omega^2 & 0 & 0 & 2\omega \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -2\omega & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad B_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{1}{m} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

$$C = [0 \ 0 \ 1 \ 0]$$

terkendali dan teramati, untuk  $\omega = 4,62$ . Persamaan gerak satelit tanpa gangguan terkendali dan teramati maka dapat dicari desain feedback dan desain observer dengan mengambil nilai-nilai eigen.

2. Desain kendali feedback untuk model gerak satelit tanpa gangguan (4.1) dilakukan dengan menempatkan nilai eigen sebagai berikut:

$-2 + i, -2 - i, -5, -7$  dan dihasilkan matriks kendali feedback.

$$F = \left[ \begin{array}{cccc} \frac{(-48\omega^2 - 200)m}{2\omega} & \left(-\frac{175}{6\omega^3} - \frac{88}{2\omega} + \frac{\omega}{2}\right)m & \frac{175m}{3\omega^2} & -16m \end{array} \right]$$

Demikian juga dengan penempatan nilai eigen  $-2 + i, -2 - i, -5, -7$  diperoleh matriks observer.

$$K = \begin{bmatrix} \frac{-48\omega - 175}{6\omega^3} \\ \frac{8\omega^2 - 100}{\omega} \\ 16 \\ 88 - \omega^2 \end{bmatrix}$$

## 5.2 Saran

Berdasarkan pada proses penelitian yang dilakukan tentang penerapan teori kontrol terhadap persamaan gerak satelit tanpa gangguan, maka saran-saran yang dapat disampaikan oleh peneliti adalah :

1. Penelitian ini dapat dikembangkan untuk menelaah aspek-aspek teori kontrol (keterkendalian, keterobservasian, desain kendali feedback dan observer) pada sistem dinamik gerak satelit dengan gangguan.
2. Desain kendali pada Sistem Dinamik Satelit dapat dikembangkan untuk mendapatkan kendali yang lebih baik yaitu desain kendali yang tahan

terhadap gangguan dan ketidakpastian atau mampu menyesuaikan dinamika sistem.

Demikian saran-saran yang dapat disampaikan oleh peneliti. Semoga skripsi ini dapat menjadi inspirasi bagi pembaca untuk mengembangkan lebih lanjut tentang gerak satelit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gazali, Wikaria dan Soedadyatmodjo.2007.*KALKULUS Edisi kedua*.Yogyakarta : GRAHA ILMU
- Polderman, J.W..2006. *Applied Mathematical Sciences (AMS) series*. Enschede, Groningen
- Olsder, G.J..1994.*Mathematical Systems Theory*. Netherlands: Faculty of Technical Mathematics and Informatics Delft University of Technology
- Budhi, Wono Setya.1995.*Aljabar Linear*.Jakarta: PT Gramedia
- Soemartojo, Noeniek.1982.*Analisa Vektor*.Jakarta: Erlangga
- Bhattacharya,S.K..2005.*Control System Engineering*. Singapura : Pearson Education
- Ayres JR. PhD.,Frank.1984.*Seri Buku Schaum Teori dan Soal-soal MATRIKS*.Jakarta: Erlangga
- Giancoli, Douglas C.2001.*FISIKA Edisi kelima*.Jakarta: Erlangga
- Brockett, R.W..1970.*Finite Dimensional Lynear Systems*.New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Stewart, James.1999.*Calculus, Fourth Edition*. A division of International Thomson Publishing Inc.
- Alih bahasa : Drs. I Nyoman Susila, M.Sc. dan Hendra Gunawan, Ph.D.
- Flowers, Grant R. Fowles and Cassiday, George L..2005.*Analytical Mechanics*.America : Thomson Learning, Inc
- Dedy, Endang dkk.2003.*KALKULUS I*.Bandung : JICA
- G.Hadley.1983.*Aljabar Linear edisi revisi*.Jakarta Erlangga
- David Poole.2003. *Linear Algebra a Modern Introduction*.America: the Wadsworth group, a division of thomson learning,Inc
- Siregar, Suryadi.2008.*LINTASAN SATELIT*.Bandung : ITB



Siregar, Suryadi.2008.*DASAR-DASAR GERAK DAN LINTASAN SATELIT*.Bandung : ITB

Jan Verschelde dan Yusong Wang. 2000. *Numerical Homotopy Algorithms for SatelliteTrajectory Control by Pole Placement*. Chicago : Department of Mathematics, Statistics, and Computer Science University of Illinois at Chicago 851 South Morgan (M/C 249)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA