

**ANALISIS KESTABILAN TITIK EQUILIBRIUM GERAK
LONGITUDINAL PESAWAT TERBANG BWB AC 20.30
MENGGUNAKAN METODE NILAI EIGEN DAN METODE ROUTH-
HURWITZ SERTA SIMULASINYA MENGGUNAKAN MATLAB
SIMULINK**

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

mencapai derajat Sarjana S-1



MUSA HERLAMBANG

10610021

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2015



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/3167/2015

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul

: Analisis Kestabilan Titik Equilibrium Gerak Longitudinal Pesawat Terbang BWB AC 20.30 Menggunakan Metode Nilai Eigen dan Metode Routh-Hurwitz serta Simulasinya Menggunakan Matlab Simulink

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

: Musa Herlambang

Nama

: 10610021

NIM

Telah dimunaqasyahkan pada

: 29 September 2015

Nilai Munaqasyah

: A / B

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

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Moh. Farhan Qudratullah, M.Si
NIP. 19790922 200801 1 011

Pengaji I

Sugiyanto, M.Si
NIP.19800505 200801 1 028

Pengaji II

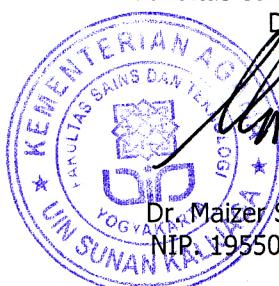
Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, M.Si
NIP.19800402 200501 1 003

Yogyakarta, 8 Oktober 2015

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

Delan



Dr. Maizer Said Nahdi, M.Si
NIP. 19550427 198403 2 001

**SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan Skripsi

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 saya selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Musa Herlambang

NIM : 10610021

Judul Skripsi : Analisis Kestabilan Titik Equilibrium Gerak Longitudinal Pesawat Terbang BWB AC 20.30 Menggunakan Metode Nilai Eigen dan Metode Routh-Hurwitz Serta Simulasinya Menggunakan Matlab SImulink

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 bidang Matematika.

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

Wassalamu 'alaikum wr. Wb

Yogyakarta, 18 September 2015

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Sugiyanto, M.Sc
NIP. 19800505 200801 1 028

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Musa Herlambang

NIM : 10610021

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri dan sepanjang pengetahuan penulis tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, dan atau telah digunakan sebagai persyaratan penyelesaian Tugas Akhir di Perguruan Tinggi lain, kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 18 September 2015

Yang menyatakan



Musa Herlambang

NIM. 10610021

MOTTO

“ Dialah yang menciptakan langit dan bumi dalam enam massa; kemudian dia bersemayam di atas Arasy. Dia mengetahui apa yang masuk ke dalam bumi dan apa yang keluar dari dalamnya, apa yang turun dari langit dan apa yang naik kesana. Dan dia bersama kamu di mana saja kamu berada. Dan Allah maha melihat apa yang kamu kerjakan”

(Q.S. Al-Hadid: 4)

“ Aku selalu percaya pada angka, dalam persamaan dan logika, yang membawa pada akal sehat. Tapi setelah seumur hidup mengajar, aku bertanya, apa logika sebenarnya? Dan siapa yang memutuskan apa yang masuk akal? Pencarianku membawaku ke alam fisik, metafisik, delusional dan kembali. Telah kudapatkan penemuan paling penting dalam karierku. Penemuan paling penting dalam hidupku. Hanya di persamaan misterius cinta, alasan logis bisa ditemukan. Aku di sini karenamu, kau alasan diriku ada. Kaulah semua alsanku ”

--Prof. John Nash (*The Beatiful Mind*)—

“Kuasailah duniamu, jangan biarkan dunia menguasaimu”



Karya sederhana ini ku persembahkan

Untuk almamater ku UIN Yogyakarta dan para pecinta ilmu pengetahuan

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT Tuhan semesta alam atas limpahan rahmat serta hidayah-NYA atas ridho-NYA, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat salam tak lupa tercurahkan kepada manusia yang paling sempurna di dunia ini yakni nabi Muhammad SAW, yang telah menuntun umatnya menuju jalan yang terang.

Skripsi ini disusun guna memperoleh gelar sarjana Sains (Matematika). Isi dari tugas akhir ini membahas tentang **ANALISIS KESTABILAN TITIK EQUILIBRIUM GERAK LONGITUDINAL PESAWAT TERBANG BWB AC 20.30 MENGGUNAKAN METODE NILAI EIGEN DAN METODE ROUTH-HURWITZ SERTA SIMULASINYA MENGGUNAKAN MATLAB SIMULINK.**

Penulisan skripsi ini tidak bisa terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Kesempatan kali ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak Dr. M. Wakhid Musthafa selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Pipit Pratiwi Rahayu, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa sangat begitu sabar memberikan pengarahan, bimbingan serta motivasi selama penulisan skripsi ini. Semoga ilmu yang diberikan beliau

kepada penulis akan senantiasa memberikan kemudahan bagi setiap langkah beliau.

4. Bapak Sugiyanto, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah sabar membimbing dan memberikan pengarahan dalam penulisan skripsi ini. Semoga jasa-jasa beliau memberikan manfaat bagi semua orang.
5. Bapak Noor Saif Muhammad Musaffi, M.Sc. selaku Dosen pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan pengarahan selama kuliah.
6. Seluruh dosen dan karyawan Fakultas Sains dan Teknologi atas kesempatan penulis belajar dalam rangka meraih sesuatu yang lebih baik dimasa mendatang.
7. Kedua orang tua penulis Ibu Sumaryati dan Bapak Subiyono yang penulis sayangi atas kasih sayang yang tak terhingga banyaknya dan doa yang tak henti-hentinya diberikan kepada penulis, serta Kakak penulis Raisa Heryati, Adik penulis Fahrurroji dan seluruh keluarga besar simbah Atemo Wiyono yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi penulis.
8. Nduke Aulia Rahma yang selalu memberikan semangat, arahan serta dukungan dengan tulus dan tiada hentinya menemaniku dalam suka maupun duka. Kelak pada saat waktu yang telah ditentukan kita berdua akan tersenyum bangga dengan hati yang puas
9. Sahabat Matematika angkatan 2010 dan kos arjuna, terimakasih atas waktu dan ketulusan hati kalian melewati hari-hariku disaat suka maupun duka, canda tawa kalian tidak akan pernah ku lupakan. Kelak ketika kita sudah

berpisah kita akan berjumpa reuni di kota indah nan sejuta makna YOGYAKARTA dengan membawa cerita kita masing-masing.

10. Semua pihak yang memberikan dukungan dan do'a kepada penulis, serta pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan karya sederhana ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga segala bantuan dan motivasi yang penulis terima dapat bermanfaat untuk melanjutkan ke jenjang selanjutnya. Semoga budi baik dari semua pihak yang diberikan kepada penulis mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT, Amin.

Yogyakarta, 18 September 2015

Penulis

Musa Herlambang

NIM. 10610021

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Batasan Masalah	3
1.3. Rumusan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Tinjauan Pustaka.....	5
1.7. Sistematika Penulisan	9
1.8. Metode Penelitian	10

BAB II LANDASAN TEORI	12
2.1. Matriks.....	12
2.2. Vektor	23
2.3. Persamaan Diferensial	29
2.4. Teori Sistem.....	32
2.5. Pengenalan Simulink	46
2.6. Analisis Gerak Pesawat Terbang	51
2.7. Kajian Pesawat Terbang BWB AC 20.30.....	55
BAB III PEMBAHASAN	63
3.1. Model Matematika Gerak Longitudinal Pesawat Terbang BWB AC 20.30	63
3.2. Linearisasi Sistem Persamaan Gerak Longitudinal Pesawat Terbang BWB AC 20.30	74
3.3. Nilai Parameter Aerodinamika Gerak Longitudinal Pesawat Terbang BWB AC 20.30	90
3.4. Analisis Kestabilan Titik Equilibrium Gerak Longitudinal Pesawat Terbang BWB AC 20.30	92
3.5. Simulasi Kestabilan Sistem Gerak Longitudinal Pesawat Terbang BWB AC 20.30 Menggunakan Matlab Simulink.....	96
BAB IV PENUTUP	113
4.1. Kesimpulan.....	113
4.2. Saran	116

DAFTAR PUSTAKA..... 117



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Alur bagan penelitian	11
Gambar 2.1. Vektor AB	24
Gambar 2.2. Vektor diruang 2	24
Gambar 2.3. Vektor diruang 3	25
Gambar 2.4. Vektor $\overrightarrow{P_1P_2}$ (selisih vektor $\overrightarrow{OP_2}$ dan vektor $\overrightarrow{OP_1}$)	26
Gambar 2.5. Sudut θ (sudut antara dua vektor u dan v)	26
Gambar 2.6. Simulink button	47
Gambar 2.7. Simulink library browser	48
Gambar 2.8. Work space/new program	49
Gambar 2.9. Komponen/blok sistem	49
Gambar 2.10. Macam-macam komponen/blok sistem	50
Gambar 2.11. Penghubung antar komponen/blok sistem	51
Gambar 2.12. Gerak translasi	52
Gambar 2.13. Gerak rotasi	53
Gambar 2.14. Sumbu gerak longitudinal pesawat terbang	55
Gambar 2.15. Model 3d pesawat terbang BWB AC 20.30.....	56
Gambar 2.16. Model percobaan penerbangan pesawat terbang BWB AC 20.30.....	57
Gambar 2.17. Model uji wind tunnel pesawat terbang BWB AC 20.30	58
Gambar 2.18. Letak permukaan Kendali (<i>control surface</i>) Pesawat terbang BWB AC 20.30.....	60
Gambar 2.19. <i>Conventional tail</i>	61

Gambar 2.20. <i>Twin tail</i>	61
Gambar 2.21. Sistem sumbu badan pesawat terbang BWB AC 20.30	62
Gambar 2.22. Arah sudut serang pesawat terbang BWB AC 20.30.....	62
Gambar 3.1. Arah sumbu badan pesawat terbang BWB AC 20.30.....	63
Gambar 3.2. Komponen gaya gravitasi pesawat terbang	66
Gambar 3.3. Block step.....	97
Gambar 3.4. Source block parameters: Step	98
Gambar 3.5. Sum block.....	98
Gambar 3.6. Function block parameters: Sum;Main	99
Gambar 3.7. Function block parameters: Sum;Signal data type	99
Gambar 3.8. State space block	100
Gambar 3.9. Function block parameters: State space	100
Gambar 3.10. Demux block	101
Gambar 3.11. Function block parameters: Demux	101
Gambar 3.12. Scope block	102
Gambar 3.13. Mux block	102
Gambar 3.14. Function block parameters: Mux	103
Gambar 3.15. Struktur desain gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30	103
Gambar 3.16. Function block parameters: State space Saat initial conditions = 0	104
Gambar 3.17. Output saat initial conditions = 0.....	105

Gambar 3.18. Function block parameters: State space short periode mode

Saat initial conditions gerak translasi di $w = 5$ 106

Gambar 3.19. Output short periode mode saat initial conditions gerak

translasi di $w = 5$ dan saat $t = 0\text{-}200$ detik: Autoscale 107

Gambar 3.20. Output short periode mode saat initial conditions gerak

translasi di $w = 5$ dan saat $t = 0\text{-}200$ detik: diperbesar 108

Gambar 3.21. Function block parameters: State space phugoid mode saat

initial conditions sudut ketinggian/ $\text{pitch altitude } \theta = 5$ 109

Gambar 3.22. Output phugoid mode saat initial conditions sudut ketinggian

/ $\text{pitch altitude } \theta = 5$ dan saat $t = 0\text{-}200$ detik;Autoscale 110

Gambar 3.23. Output phugoid mode saat initial conditions sudut ketinggian

/ $\text{pitch altitude } \theta = 5$ dan saat $t = 0\text{-}200$ detik;diperbesar 111



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi dan kondisi penerbangan pesawat terbang	
BWB AC 20.30	59
Tabel 3.1. Arah sumbu badan.....	64
Tabel 3.2. Nilai parameter aerodinamika matriks A	90
Tabel 3.3. Nilai parameter aerodinamika matriks B	91

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

$A_{m \times n}$: Matriks A berorde $m \times n$
$\det(A)$: Determinan matriks A
$\frac{dy}{dx}$: Turunan tingkat pertama fungsi y terhadap x
$\frac{\partial y}{\partial x}$: Turunan parsial tingkat pertama fungsi y terhadap x
p	: Kontrol gerak rotasi di sumbu roll X
q	: Kontrol gerak rotasi di sumbu pitch Y
r	: Kontrol gerak rotasi di sumbu yaw Z
u	: Kontrol gerak translasi di sumbu roll X
v	: Kontrol gerak translasi di sumbu pitch Y
w	: Kontrol gerak translasi di sumbu yaw Z
L	: Momen aerodinamika di sumbu roll X
M	: Momen aerodinamika di sumbu pitch Y
N	: Momen aerodinamika di sumbu yaw Z
A	: Gaya aerodinamika di sumbu roll X
B	: Gaya aerodinamika di sumbu pitch Y
C	: Gaya aerodinamika di sumbu yaw Z
δ_E	: Defleksi <i>elevator/aelirons</i>
$\delta_{F\ Wing}$: Defleksi <i>flaps wing</i>
$\delta_{F\ Rear\ End}$: Defleksi <i>flaps rear end</i>

**ANALISIS KESTABILAN TITIK EQUILIBRIUM GERAK
LONGITUDINAL PESAWAT TERBANG BWB AC 20.30
MENGGUNAKAN METODE NILAI EIGEN DAN METODE ROUTH-
HURWITZ SERTA SIMULASINYA MENGGUNAKAN MATLAB
SIMULINK**

**Oleh: Musa Herlambang
(10610021)**

ABSTRAK

Gerak longitudinal pada pesawat terbang BWB AC 20.30 merupakan gerak dalam arah vertikal misalnya gerakan mendaki atau menurunkan yang diakibatkan oleh gaya pada arah sumbu *roll* (*X*) dan sumbu *yaw* (*Z*). Untuk menjelaskan mengenai gerak longitudinal tersebut terlebih dahulu dimodelkan ke dalam bentuk model matematika, dalam bentuk sistem persamaan diferensial non linear. Langkah selanjutnya akan dianalisa kestabilan titik equilibrium dari sistem persamaan diferensial nonlinear. Sistem persamaan diferensial non linear terlebih dahulu harus dilinearisasi sehingga mendapatkan sistem persamaan diferensial linear atau disebut sebagai persamaan *state space* (ruang keadaan). Untuk menganalisa kestabilan titik equilibrium digunakan dua metode yaitu dengan menggunakan metode nilai eigen dan metode Routh-Hurwitz. Hasil kajian dari kedua metode tersebut diperoleh kestabilan titik equilibrium yang stabil asimtotik. Langkah selanjutnya akan disimulasikan mengenai kestabilan sistem gerak longitudinal pesawat terbang BW AC 20.30 dengan menggunakan Matlab Simulink.

Kata kunci: *Gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30, Titik equilibrium, Nilai eigen, Routh-Hurwitz, Stabil asimtotik, Matlab Simulink*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir dunia penerbangan telah mengalami perkembangan, salah satunya adalah dibuatnya kendaraan udara tanpa awak. Kendaraan udara jenis inilah yang biasa disebut sebagai UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). Dalam tugas akhir ini penulis mengkaji mengenai pesawat terbang tanpa awak BWB AC 20.30 yang dibuat oleh Hamburg University of Applied Sciences dan University Munich yang bekerja sama oleh perusahaan Airbus. Desain Pesawat terbang BWB AC 20.30 tidak memiliki bagian badan utama atau yang disebut *fuselage* dan ekor HTP (*horizontal tail plane*) seperti pada pesawat terbang konvensional yang dikenal saat ini.

Bentuk pesawat terbang BWB AC 20.30 menyerupai boomerang yang pada dasarnya memang merupakan dua bilah sayap yang digabungkan langsung dengan badan menjadi satu unit, sehingga desain pada pesawat terbang ini memiliki keunggulan daya angkat (*lift*) yang lebih baik dibandingkan pesawat terbang konvensional, untuk gerak pesawat terbang BWB AC 20.30 dikendalikan oleh *Elevons (Elevators dan Ailerons)*, *Flaps (Wing)*, *Flaps (Rear End) dan rudder (VTP)*.

Ketepatan posisi pada pesawat terbang atau yang disebut dengan *attitude* pesawat terbang sangat penting untuk mendukung tujuan utama pesawat terbang agar bisa mencapai posisi stabil diudara. Secara umum, pesawat terbang memiliki enam kebebasan gerak (*six freedom of degree*) yang terdiri dari tiga gerak

translasi dalam arah sumbu (u, v, w) dan tiga gerak rotasi dalam arah sumbu (p, q, r) terhadap sumbu 3 dimensi *roll X*, *pitch Y* dan *yaw Z* sehingga memungkinkan pesawat terbang tidak bergerak stabil oleh karena itu dalam analisa lanjut diperlukan sistem persamaan gerak pesawat terbang yang stabil.

Sistem persamaan gerak pesawat terbang merupakan sistem persamaan nonlinear tiga dimensi sehingga diperlukanlah proses hampiran persamaan nonlinear dengan bentuk linear yaitu proses linearisasi, selanjutnya dari enam kebebasan gerak (*six freedom of degree*) yang dimiliki pesawat terbang kemudian dibagi menjadi dua bagian yaitu gerak longitudinal dan gerak lateral, dalam hal ini penulis hanya akan mengkaji mengenai gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30.

Gerak longitudinal adalah gerak yang diakibatkan oleh gaya yang bekerja pada arah sumbu *roll X* dan *yaw Z*. Di dalam gerak longitudinal pesawat terbang terdapat dua mode gerak, yang pertama gerak *short period mode* dan yang kedua gerak *phugoid mode*. Gerak *short period mode* adalah gerak osilasi pendek yang dipengaruhi oleh sudut serang (α) dan kontrol gerak translasi di (w) sumbu *yaw Z* sedangkan gerak *phugoid mode* adalah gerak osilasi panjang yang dipengaruhi oleh sudut ketinggian/*pitch altitude* (θ) dan kontrol gerak translasi di (u) sumbu *roll X*, selanjutnya akan dianalisa kestabilan titik equilibrium gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30 menggunakan metode niai eigen dan metode Routh-Hurwitz serta mensimulasikan kestabilan sistem geraknya menggunakan Matlab Simulink.

1.2. Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan dalam suatu penelitian agar lebih fokus dengan objek penelitian. Batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pembahasan sistem gerak pesawat terbang BWB AC 20.30 difokuskan pada gerak longitudinal.
2. Menggunakan metode nilai eigen dan metode Routh-Hurwitz untuk menganalisa kestabilan titik equilibrium gerak longitudinal.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana memodelkan sistem persamaan gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30 ke dalam persamaan ruang keadaan (*state space*)?
2. Bagaimana menganalisa kestabilan titik equilibrium gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30 menggunakan metode nilai eigen dan metode Routh-Hurwitz?
3. Bagaimana mensimulasikan kestabilan sistem gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30 yang di dalamnya terdiri dari gerak *short period mode* dan gerak *phugoid mode* menggunakan Matlab Simulink?

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memodelkan sistem persamaan gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30 ke dalam persamaan ruang keadaan (*state space*).
2. Menganalisa kestabilan titik equilibrium gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30 menggunakan metode nilai eigen dan metode Routh-Hurwitz.
3. Mensimulasikan kestabilan sistem gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30 yang di dalamnya terdiri dari gerak *short period mode* dan gerak *phugoid mode* menggunakan Matlab Simulink.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan kajian mengenai tahap/proses memodelkan sistem persamaan gerak pesawat terbang ke dalam bentuk model matematika yang dapat mewakili keadaan sebenarnya.
2. Mengetahui kriteria kestabilan titik equilibrium gerak pesawat terbang BWB AC 20.30 sebagai pesawat terbang tanpa awak.
3. Sebagai informasi bagaimana cara membuat blok sistem menggunakan Matlab Simulink untuk mensimulasikan kestabilan sistem gerak longitudinal pesawat terbang yang di dalamnya terdiri dari gerak *short period mode* dan gerak *phugoid mode*.

1.6. Tinjauan Pustaka

Penulisan tugas akhir ini mengacu pada jurnal penelitian yang ditulis oleh Eko Budi Purwanto (2012) yang berjudul “*Pemodelan Sistem Dan Analisa Kestabilan Dinamika Pesawat UAV*”. Penelitian tersebut menganalisa mengenai dinamika pesawat UAV dengan menggunakan metode nilai eigen untuk menentukan kestabilan sistem persamaan geraknya.

Penulisan tugas akhir ini mengacu pada jurnal penelitian yang ditulis oleh Mohammad Rifa'i (2012) yang berjudul “*Analisa Kestabilan Persamaan Gerak Roket Tiga Dimensi Tipe RKX-200 LAPAN Dan Simulasinya*”. Penelitian tersebut menjelaskan mengenai kestabilan sistem persamaan gerak roket tipe RKX-200 LAPAN dan menguji kestabilannya menggunakan simulasi blok simulink.

Penulisan tugas akhir ini juga mengacu pada proyek tesis yang dipublikasikan oleh Hamburg University Of Applied Science Dan University Munich (2008) yang berjudul “*Flight Dynamic Investigations of a Blended Wing Body Aircraft 20.30*”. pada penelitian tersebut menganalisa dan merancang pesawat terbang BWB AC 20.30 dan menentukan kestabilan gerak longitudinal dan gerak lateral pada pesawat terbang BWB Aircraft 20.30.

Berdasarkan ketiga tinjauan pustaka tersebut disajikan menggunakan tabel seperti berikut:

No	Penulis	Judul	Isi
1.	Eko Budi Purwanto"Jurnal Teknologi Dirgantara Vol.10 No.1 Juni 2012:1-12"	Pemodelan Sistem Dan Analisa Kestabilan Dinamika pesawat UAV	Menganalisa dinamika terbang pesawat UAV dengan menggunakan nilai karakteristik (nilai eigen) sistem untuk menentukan kestabilan sistem persamaan gerak longitudinal dangerak lateral
2.	Mohammad Rifa'i "ITS Surabaya 2012"	Analisa Kestabilan Persamaan Gerak Roket Tiga Dimensi Tipe RKX-200 LAPAN dan Simulas	Menganalisa kestabilan sistem persamaan gerak roket tipe RKX-200 LAPAN dan menguji kestabilan geraknya menggunakan simulasi blok simulink

3.	<p>“Penelitian Hamburg University of Applied Science dan University Munich 2008”</p>	<p>Flight Dynamic Investigations of a Blended Wing Body Aircraft 20.30</p>	<p>Merancang pesawat terbang BWB AC 20.30 dan menganalisa kestabilan gerak longitudinal dan gerak lateral pada pesawat terbang BWB AC 20.30.</p> <p>Keterangan: Dalam penelitian ini tidak menjelaskan proses perhitungan model matematika kedalam persamaan ruang keadaan (<i>state space</i>) untuk gerak longitudinal dan lateral</p>
----	--	--	---

4.	Musa Herlambang “Skripsi”	Analisis Kestabilan Titik Equilibrium Gerak Longitudinal Pesawat Terbang BWB AC 20.30 Dengan Metode Nilai Eigen dan Metode Routh-Hurwitz Serta Simulasinya Dengan Matlab Simulink	Menjelaskan proses memodelkan sistem persamaan gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30 kedalam persamaan ruang keadaan (<i>state space</i>) dan menganalisa kestabilan titik equilibrium gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30 menggunakan metode nilai eigen dan metode Routh Hurwitz, serta mensimulasikan kestabilan sistem geraknya menggunakan Matlab Simulink
----	------------------------------	--	---

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. BAB I

Bab I berisi pendahuluan meliputi latar belakang masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, sistematika penulisan dan metode penelitian.

2. BAB II

Bab II berisi landasan teori yang berhubungan dalam tugas akhir ini, antara lain sistem sumbu pesawat terbang BWB AC 20.30, model persamaan gerak pesawat terbang BWB AC 20.30, serta teori matematika sistem. Semua dasar teori tersebut digunakan sebagai acuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

3. BAB III

Bab III berisi pembahasan meliputi proses pemodelan sistem persamaan gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30 ke dalam persamaan ruang keadaan (*state space*), analisa kestabilan dengan metode nilai eigen dan metode Routh-Hurwitz dan simulasi geraknya menggunakan Matlab Simulink.

4. BAB IV

Bab IV berisi kesimpulan dan saran dari analisa dan pembahasan tugas akhir ini.

1.8. Metode Penelitian

Tahap-tahap yang dilakukan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Landasan utama dalam melakukan sebuah penulisan adalah diperlukannya teori penunjang yang memadai, dalam hal ini terlebih dahulu penulis mengumpulkan data dan informasi dari berbagai materi seperti buku, jurnal, skripsi maupun tesis yang berkaitan dengan tugas akhir ini.

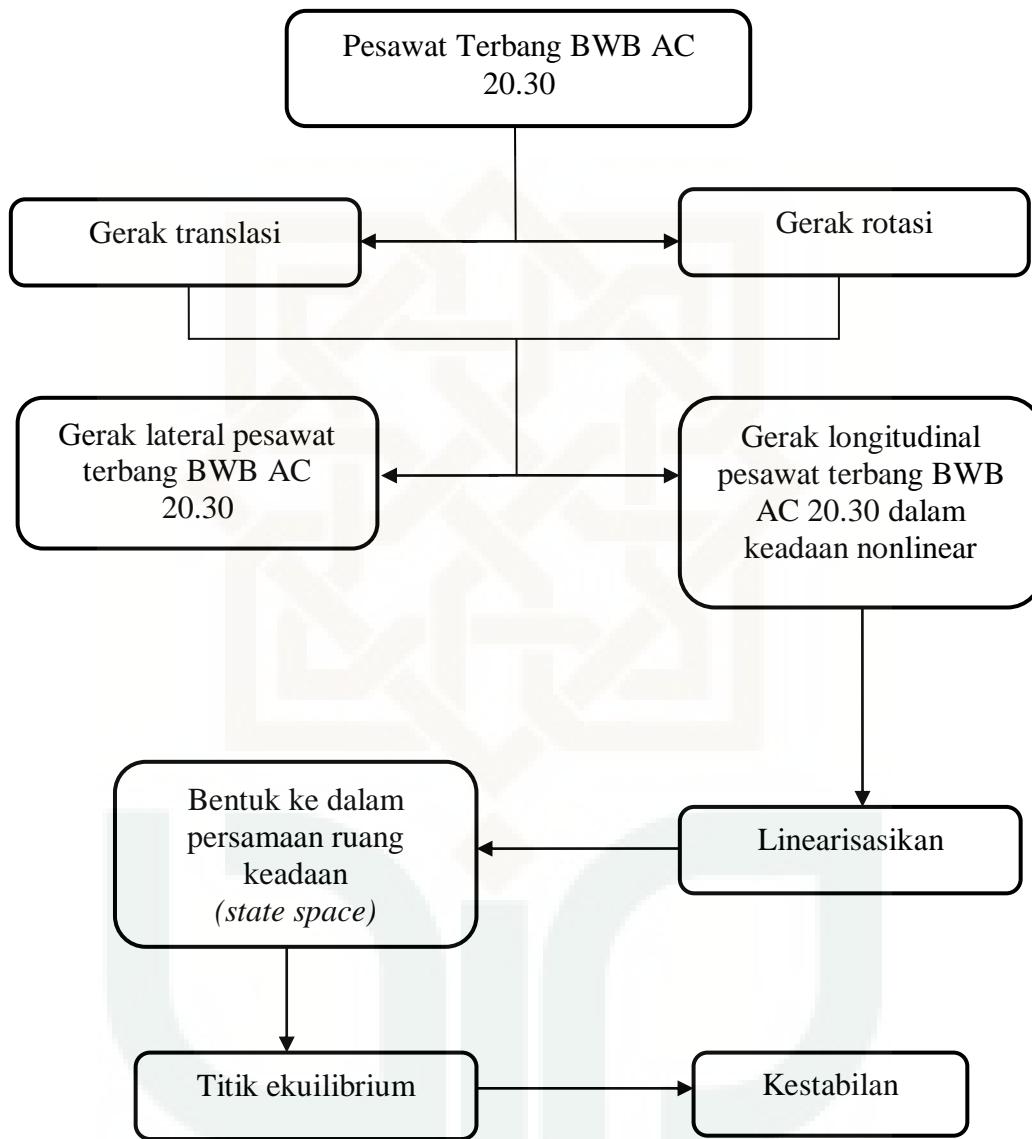
2. Pemodelan Matematika

Pemodelan matematika merupakan salah satu tahap paling penting dalam penggerjaan tugas akhir ini, oleh karena itu dalam proses/tahap ini pemodelan matematika mengenai sistem persamaan gerak pesawat terbang BWB AC 20.30 harus dilakukan secara tepat agar didapat model matematika yang dapat mewakili keadaan sebenarnya.

3. Simulasi

Melakukan simulasi kestabilan sistem gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30 dengan membuat model blok sistem menggunakan Matlab Simulink sehingga diperoleh kesimpulan sistem persamaan geraknya.

Adapun alur penelitian yang dilakukan oleh penulis dalam tugas akhir ini disajikan dalam alur bagan penelitian sebagai berikut:



Gambar 1.1. Alur bagan Penelitian

BAB IV

PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan studi literatur yang dilakukan oleh penulis mengenai analisis titik equilibrium gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30 menggunakan metode nilai eigen dan metode Routh-Hurwitz maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30 merupakan gerak yang diakibatkan oleh kontrol gerak translasidi(u) sumbu *roll X*, gerak translasi di (w) sumbu *yaw Z*, gerak rotasi di (q) sumbu *pitch Y* dan sudut angguk/*pitch altitude* (θ).
2. Persamaan ruang keadaan (*state space*) gerak longitudinal pesawat terbang BWBAC 20.30 adalah:

$$\dot{\vec{x}} = A\vec{x} + B\vec{u}$$

$$\dot{\vec{x}} = \begin{bmatrix} \Delta\dot{u} \\ \Delta\dot{w} \\ \Delta\dot{q} \\ \Delta\dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{A_u}{m} & \frac{A_w}{m} & 0 & -g \\ \frac{C_u}{m} & \frac{C_w}{m} & U_0 & 0 \\ \tilde{M}_u & \tilde{M}_w & \tilde{M}_q & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta u \\ \Delta w \\ \Delta q \\ \Delta \theta \end{bmatrix} +$$

$$\begin{bmatrix} \frac{A_{\delta_E}}{m} & \frac{A_{\delta_{FWing}}}{m} & \frac{A_{\delta_{F RearEnd}}}{m} \\ \frac{C_{\delta_E}}{m} & \frac{C_{\delta_{FWing}}}{m} & \frac{C_{\delta_{F RearEnd}}}{m} \\ \tilde{M}_{\delta_E} & \tilde{M}_{\delta_{FWing}} & \tilde{M}_{\delta_{F RearEnd}} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_E \\ \Delta \delta_{F Wing} \\ \Delta \delta_{F RearEnd} \end{bmatrix}$$

3. Kestabilan Titik Equilibrium gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC

20.30 dianalisa dengan dua metode yaitu:

A. Metode nilai eigen, diperoleh:

$$\lambda_1 = -2.5768 + 2.5885i$$

$$\lambda_2 = -2.5768 - 2.5885i$$

$$\lambda_3 = -0.0489 + 1.1022i$$

$$\lambda_4 = -0.0489 - 1.1022i$$

Karena semua nilai eigen mempunyai bagian real kurang dari nol $Re(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4) < 0$, sehingga kestabilan titik equilibrium gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30 adalah *stabil asimtotik*.

B. Metode Routh-Hurwitz, diperoleh:

a. Untuk $H_1 = [a_1] = [5.2515]$

sehingga $\det H_1 = |5.2515| = 5.2515 > 0$

b. Untuk $H_2 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 \\ a_3 & a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5.2515 & 1 \\ 7.5793 & 15.0621 \end{bmatrix}$

sehingga $\det H_2 = \begin{vmatrix} 5.2515 & 1 \\ 7.5793 & 15.0621 \end{vmatrix} = 71.519 > 0$

c. Untuk $H_3 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 \\ 0 & 0 & a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5.2515 & 1 & 0 \\ 7.5793 & 15.0621 & 5.2515 \\ 0 & 0 & 7.5793 \end{bmatrix}$

sehingga $\det H_3 = \begin{vmatrix} 5.2515 & 1 & 0 \\ 7.5793 & 15.0621 & 5.2515 \\ 0 & 0 & 7.5793 \end{vmatrix} = 546.457 > 0$

d. Untuk

$$H_4 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 \\ 0 & a_4 & a_3 & a_2 \\ 0 & 0 & 0 & a_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5.2515 & 1 & 0 & 0 \\ 7.5793 & 15.0621 & 5.2515 & 1 \\ 0 & 7.5793 & 7.5793 & 15.0621 \\ 0 & 0 & 0 & 16.2394 \end{bmatrix}$$

$$\text{sehingga } \det H_4 = \begin{vmatrix} 5.2515 & 1 & 0 & 0 \\ 7.5793 & 15.0621 & 5.2515 & 1 \\ 0 & 7.5793 & 7.5793 & 15.0621 \\ 0 & 0 & 0 & 16.2394 \end{vmatrix} = 1529.913 > 0$$

karena semua matriks Hurwitznya bernilai positif, sehingga kestabilan titik equilibrium gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.0 adalah *stabil asimtotik*.

4. Dalam gerak longitudinal pesawat terbang BWB AC 20.30 terdapat dua mode gerak, yang pertama adalah *short period mode* dan yang kedua adalah *phugoid mode*. Karakteristik terbang *short period mode* saat kontrol gerak translasi di $w = 5$ dan $t = 0 - 200$ detik adalah stabil dikarenakan pada waktu $t = 0 - 200$ detik gerak grafik tersebut menuju kondisi *trim/seimbang* dan juga karakteristik terbang *phugoid mode* saat kontrol sudut angguk $\theta = 5$ dan saat $t = 0 - 200$ detik adalah stabil dikarenakan pada waktu $t = 0 - 200$ detik gerak grafik tersebut menuju kondisi *trim/seimbang*.

4.2. Saran

Berdasarkan penelitian dan studi literatur yang dilakukan penulis, maka saran-saran yang ingin disampaikan adalah sebagai berikut:

1. Diharapkan peneliti lain dapat memodelkan sistem persamaan gerak lateral pesawat terbang BWB AC 20.30 dalam bentuk persamaan ruang keadaan (*state space*) sekaligus mencari nilai kestabilannya.
2. Analisa solusi kestabilan sistem persamaan gerak pesawat terbang BWB AC 20.30 baik gerak longitudinal maupun gerak lateral gunakan selain metode nilai eigen dan Routh-Hurwitz, sebagai contoh menggunakan metode kestabilan lyapunov.
3. Untuk Analisa sistem persamaan gerak longitudinal maupun gerak lateral pesawat terbang BWB AC 20.30 carilah sifat sistem selain kestabilan seperti keterkendalian sistem dan keteramatian sistem, agar diperoleh penelitian mengenai geraknya lebih lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- Anton, Howard. 1981. *Aljabar Linear Elemente Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Budi Purwanto, Eko. 2012. *Pemodelan Sistem dan Analisis Kestabilan Dinamik Pesawat UAV*. Pustekbang, LAPAN.
- Jati, Bambang Murdaka E dan Tri Kuntoro Priyambodo. 2009. *Fisika Dasar untuk Mahasiswa IlmuKomputer dan Informatika*. Yogyakarta: Andi.
- John W.Cain and Angela M.Reynolds. 2010. *Ordinary and Partial Differential Equation First Edition*. Department of Mathematics & Applied Mathematics, Commonwealth University of Virginia.
- Kusumawati, Ririen. 2009. *Aljabar Linear dan Matriks*. Malang: Uin Malang-Press.
- McLean, Donald. 1990. *Automatic Flight Control System*. Prentice Hall International: UK
- Nelson, Robert C. 1990. *Flight Stability and Automatic Control*. Mc Graw Hill Book Co. Singapore.
- Rifai, Mohammad. 2012. *Analisa Kestabilan Persamaan Gerak Roket Tiga Dimensi Tipe RKX-200 LAPAN dan Simulasinya*. ITS, Surabaya.
- Sukandi, Agus. 2009. *Metodelogi Pengendalian Gerak*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Sukandi, Agus. 2009. *Pengendalian Geral Longitudinal Pesawat Terbang dengan Metode Decoupling*. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
- Sutarman, E. 2010. *Matematika Teknik*. Yogyakarta: Andi.
- Thomas A.Riest and David W.Zing. 2013. *Aerodynamics Shape Optimization of Blended-Wing-Body Regional Transport for a Short Range Mission*. Institute for Aerospace Studies, University of Toronto, Canada.
- University of Applied Science and University Munich. 2008. *Flight Dynamics Investigation of a Blended Wing Body Aircraft 20.30*. Germany.