

6. Teman-teman seperjuangan di tim perancangan (Niken Sulistyio T., Santo Herlambang, Ayu Ryan Chela Susanti, Rezky Eko Bawono, Adha Luri Adam R., Agus Maulana, Wawan Edi Saputra) yang saling memberikan semangat serta tempat berbagi selama kuliah baik susah maupun senang.
7. Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam melakukan penulisan Tugas Akhir yang mungkin tidak dapat disebutkan satu persatu semoga Allah membalas dengan kebaikan yang lebih banyak.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih terdapat kekurangan karena keterbatasan penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar penulis dapat menyempurnakannya pada masa yang akan datang. Semoga apa yang penulis sajikan dapat bermanfaat bagi kita semua.

Yogyakarta, Juni 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>ABSTRAK</b> .....	xx
<b>ABSTRACT</b> .....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	5
2.1 Kajian Pustaka .....	5
2.2 Pengertian Sistem Kendali <i>Autopilot</i> .....	6
2.3 Turunan Persamaan pada Gerak Matra <i>Lateral</i> .....	6
2.4 Pemodelan <i>State-space</i> .....	10
2.5 Pemodelan <i>State-space</i> Gerak <i>Lateral</i> .....	12
2.6 Mode Gerak Matra <i>Lateral</i> .....	14
2.6.1 <i>Spiral motion</i> .....	14
2.6.2 <i>Roll Motion</i> .....	15

2.6.3 <i>Dutch Roll motion</i> .....	15
2.7 Kriteria Kestabilan Dinamis <i>Lateral</i> Direksional.....	16
2.8 Kendali Terbang .....	21
2.8.1 <i>Opened-Loop Control System</i> .....	21
2.8.2 <i>Closed-Loop Control System</i> .....	21
2.9 Sistem kendali <i>Autopilot</i> <i>Matra Lateral</i> .....	22
2.9.1 <i>Yaw Damper Control System</i> .....	22
2.9.2 <i>Roll Attitude Hold Control System</i> .....	23
2.9.3 <i>Heading Hold Control System</i> .....	23
2.10 <i>Waypoint Following</i> .....	23
2.11 <i>Pole Placement</i> .....	25
2.12 <i>Eigenvalue</i> .....	26
2.13 <i>Matlab/Simulink</i> .....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	28
3.1 Objek Penelitian .....	28
3.2 Metode Pengumpulan Data .....	28
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	30
3.4 Simulasi Pesawat Boeing 747 .....	31
3.5 Analisis Gerak <i>Lateral</i> Pesawat Boeing 747.....	36
3.5.1 Data Pesawat Boeing 747.....	36
3.5.2 Penyusunan Persamaan <i>State-Space</i> Pesawat Boeing 747 .....	37
3.6 Metode <i>Pole Placement</i> .....	48
3.6.1 Menentukan Nilai <i>Eigenvalue</i> .....	49
3.6.2 Proses Pemrograman .....	51
3.7 Penentuan Titik <i>Waypoint Following</i> .....	52
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	54
4.1 Hasil Program Sistem Kendali <i>Autopilot</i> <i>Matra Lateral</i> .....	54
4.2 Perencanaan Terbang <i>Waypoint Following</i> .....	58
4.2.1 <i>Subsystem Lateral</i> .....	59
4.2.2 <i>Subsystem Gerak</i> .....	60
4.2.3 <i>Subsystem Switch</i> .....	60

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada masa-masa awal transportasi udara, pesawat udara membutuhkan perhatian terus menerus dari seorang pilot agar dapat terbang dengan aman. Hal ini membutuhkan perhatian yang sangat tinggi yang mengakibatkan kelelahan pada pilot. Maka dari itu semakin berkembangnya transportasi udara dibuatlah sistem kendali *autopilot* pada tahun 1912 oleh Lawrence Sperry.

Sistem kendali *autopilot* merupakan sistem yang dapat mengendalikan dan menjaga kesetimbangan pesawat baik dengan mempercepat respon maupun memperlambat gerak pesawat secara otomatis. Dengan adanya sistem kendali *autopilot* ini, pilot tidak harus mengontrol secara penuh gerakan pesawat, Pergerakan pada pesawat terjadi pada dua matra yaitu, matra *longitudinal* dan matra *lateral* seperti pada Gambar 1.1 di bawah ini.



Gambar 1.1 Sumbu Kestabilan *Longitudinal* dan *Lateral*

Sumber: [www.aviation.stackexchange.com](http://www.aviation.stackexchange.com)

Matra *lateral* adalah salah satu sumbu stabilitas pergerakan pesawat yang dapat dikendalikan respon geraknya pada kondisi tertentu diantaranya, sudut *sideslip* ( $\beta$ ), *roll rate* ( $p$ ), *yawing rate* ( $r$ ), dan sudut *phi* ( $\phi$ ). Maka dari itu perhatian

dikhususkan pada bagaimana proses perancangan sistem kendali *autopilot* matra *lateral*.

Di dalam penyusunan dan pengerjaan tugas akhir ini akan dijelaskan proses perancangan dan simulasi dari sistem kendali *autopilot* pada saat *cruise* dimana proses perancangannya dibantu dengan menggunakan *Software* Matlab/Simulink dan dianalisis menggunakan metode *pole placement* untuk memperoleh harga-harga *gain* yang diinginkan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan di atas, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana Perancangan Sistem Kendali *Yaw Damper* Pesawat?
2. Bagaimana Perancangan Sistem Kendali *Roll attitude Hold* Pesawat?
3. Bagaimana Perancangan Sistem Kendali *Heading Hold* Pesawat?
4. Bagaimana Perancangan Sistem Kendali *Waypoint Following* Pesawat?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi agar tidak meluas dan keluar dari topik pembahasan maka, diberikan beberapa batasan masalah diantaranya:

1. Objek yang digunakan Pesawat Boeing 747.
2. Sistem kendali berupa *Pole Placement*.
3. Menggunakan teori kendali modern.
4. Efek angin dan turbulensi diabaikan.
5. Efek kompresibilitas diabaikan.
6. Massa pesawat Boeing 747 konstan selama analisis dilakukan.
7. Data turunan kestabilan dari pesawat Boeing 747 pada ketinggian 40.000 ft diperoleh dari turunan kestabilan pada buku *flight Stability and Automatic Control* tulisan Robert C. Nelson edisi ke-2 pada Appendix Hal: 416 & 417.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai adalah

1. Merancang Sistem Kendali *Yaw Damper* Pesawat
2. Merancang Sistem Kendali *Roll attitude Hold* Pesawat
3. Merancang Sistem Kendali *Heading Hold* Pesawat
4. Merancang Sistem Kendali *Waypoint Following* Pesawat

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu hasil dari skripsi ini diharapkan bermanfaat untuk berbagai kalangan yang membaca guna melanjutkan maupun melakukan penelitian karya ilmiah mengenai Perancangan Sistem Kendali *Autopilot* Pesawat.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika yang digunakan dalam laporan tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut:

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada Bab Pendahuluan berisikan tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan, Batasan Masalah, Manfaat Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

##### **BAB II LANDASAN TEORI**

Pada Bab Landasan Teori berisikan hasil penelitian yang telah dipublikasikan berupa Kajian Pustaka, dan teori teori dasar yang akan membantu penulis dalam memecahkan masalah yang dibahas dalam skripsi ini.

### BAB III METODE PENELITIAN

Pada Bab Metode Penelitian berisikan tentang Objek Penelitian Pesawat Boeing 747, Metode Pengumpulan Data, Diagram Alir Penelitian, Simulasi Pesawat 747 di Matlab/Simulink, Analisis Gerak *Lateral* Pesawat Boeing 747, dan penentuan titik *waypoint following*.

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab Hasil dan Pembahasan akan diuraikan proses perancangan dan simulasi hasil rancangan untuk sistem kendali *autopilot* matral *lateral* pesawat Boeing 747.

### BAB V PENUTUP

Pada Bab Penutup berisikan tentang Kesimpulan dan Saran setelah dilakukannya proses perancangan sistem kendali *autopilot* matra *lateral* pesawat Boeing 747.