



**ANALISIS *RANGE* MAKSIMUM PESAWAT N219 PADA FASE
TERBANG JELAJAH MENGGUNAKAN METODE *SPECIFIC
AIR RANGE***

SKRIPSI

Oleh
Gita Kusumastuti
NIM 141910101068

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**ANALISIS *RANGE* MAKSIMUM PESAWAT N219 PADA FASE
TERBANG JELAJAH MENGGUNAKAN METODE *SPECIFIC
AIR RANGE***

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
Gita Kusumastuti
141910101068

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Dengan segala puji syukur kehadirat Allah SWT maka skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Allah Subhanahuwata'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik
2. Ayahanda Slamet Kuswadi dan Ibunda Wahyu Murti Ningsih tercinta yang tak pernah lelah memberikan kasih sayang, dukungan, nasihat, serta doa yang selalu mengiringi perjuangan penulis dalam menyelesaikan skripsi
3. Kakak-kakak Galuh Kresnawati dan Galih Hariseno yang selalu memberikan inspirasi, dan membagikan pengalaman serta ilmunya untuk penulis
4. Guru-guru TK Pembangunan 1 Jatiroto, SD Negeri Kaliboto Lor 01, SMP Negeri 1 Jatiroto, SMA Negeri 1 Lumajang yang telah memberikan ilmu yang sangat berharga, serta dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember yang telah membimbing penulis selama melaksanakan perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi
5. Almamater Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

MOTTO

“Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah”

(HR.Turmudzi)

“Barang siapa menempuh suatu jalan untuk mencari ilmu, maka Allah memudahkannya mendapat jalan ke syurga”

(H.R Muslim)

“Orang yang menuntut ilmu berarti menuntut rahmat, orang yang menuntut ilmu berarti menjalankan rukun Islam dan pahala yang diberikan kepadanya sama dengan para Nabi”.

(HR. Dailani dari Anas r.a)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Gita Kusumastuti

NIM : 141910101068

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan skripsi yang berjudul "*Analisis Range Maksimum Pesawat N219 pada Fase Terbang Jelajah Menggunakan Metode Specific Air Range*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanggung jawab tanpa ada unsur pemaksaan serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Desember 2017

Yang Menyatakan,

Gita Kusumastuti

141910101068

SKRIPSI

**ANALISIS *RANGE* MAKSIMUM PESAWAT N219 PADA FASE
TERBANG JELAJAH MENGGUNAKAN METODE *SPECIFIC AIR
RANGE***

Oleh

Gita Kusumastuti

NIM 141910101068

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Hary Sutjahjono, S.T, M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dedi Dwilaksana, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis *Range* Maksimum Pesawat N219 pada Fase Terbang Jelajah Menggunakan Metode *Specific Air Range*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari, tanggal : Rabu, 20 Desember 2017

Tempat : Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Pembimbing,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

NIP 19681205 199702 1 002

Dedi Dwilaksana, S.T., M.T.

NIP 19691201 199602 1 001

Penguji,

Penguji I,

Penguji II,

Sumarji, S.T., M.T.

NIP 19680202 199702 1 001

Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.

NIP 19850117 201212 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM

NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Analisis *Range* Maksimum Pesawat N219 pada Fase Terbang Jelajah Menggunakan Metode *Specific Air Range*; Gita Kusumastuti, 141910101068; 2017; 96 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pesawat N219 adalah pesawat dengan kapasitas 19 penumpang yang menggunakan mesin turboprop ganda. Pesawat ini dirancang untuk dapat beroperasi di daerah terpencil dengan infrastruktur bandara yang terbatas. Kemampuan khusus yang dimiliki oleh pesawat ini yaitu dapat melakukan lepas landas (*take-off*) dan mendarat (*landing*) dengan baik pada landasan pacu yang tidak beraspal dengan jarak kurang dari 600 m. Sebagai pesawat yang masih dalam masa pengujian terbang, pesawat ini perlu dikaji lebih lanjut untuk keperluan evaluasi dan penyempurnaan di berbagai bidang. Dalam penelitian ini, bidang yang dikaji adalah bidang *performance* yang mengkaji prestasi terbang pesawat. Untuk mengkaji prestasi terbang pesawat maka perlu untuk mengetahui fungsi dari pesawat tersebut. Dalam hal ini pesawat N219 difungsikan sebagai pesawat transportasi komersil sehingga perlu untuk mengkaji *range* maksimum yang dapat dijangkau oleh pesawat tersebut.

Dalam penerbangannya pesawat mengalami beberapa fase terbang yaitu *take-off*, *climb*, *cruise*, *descent*, dan *landing*. Fase terbang yang paling dominan baik dalam hal jarak, waktu, dan konsumsi bahan bakar adalah fase *cruise* atau disebut juga fase terbang jelajah sehingga fase ini dijadikan sebagai fokus kajian. Variasi yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi temperatur ISA yaitu ISA 0 dan ISA+20 serta variasi ketinggian terbang yaitu *sea level*, 5 000 ft, dan 10 000 ft. Metode perhitungan yang digunakan adalah metode *specific air range*. Metode ini digunakan untuk menentukan kecepatan terbang pesawat yang dapat menghasilkan *range* maksimum.

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa *range* maksimum pada temperatur ISA+20 lebih tinggi dibandingkan pada temperatur ISA 0. Hal ini terjadi karena pada temperatur ISA+20 massa jenis udara lebih rendah dibandingkan dengan

temperatur ISA 0. Massa jenis udara yang lebih rendah ini menyebabkan kecepatan *stall* pesawat menjadi lebih tinggi. Hal ini mempengaruhi *specific air range* maksimum yang nilainya lebih besar pada temperatur ISA+20 dibandingkan dengan ISA 0 sehingga kecepatan untuk dapat menghasilkan *range* maksimum pada temperatur ISA+20 lebih tinggi dibandingkan ISA 0. Dengan kecepatan yang lebih tinggi pada temperatur ISA+20, pesawat N219 di fase terbang jelajah menghasilkan nilai *fuel flow* yang lebih rendah sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mengkonsumsi bahan bakar semakin lama sehingga pesawat N219 di fase terbang jelajah pada temperatur ISA+20 dapat mencapai *range* maksimum yang lebih jauh dibandingkan pada temperatur ISA 0.

Range maksimum pada ketinggian 10 000 ft lebih tinggi dibandingkan dengan ketinggian *sea level* dan 5 000 ft. Hal ini disebabkan oleh pengaruh percepatan gravitasi yang semakin berkurang seiring dengan peningkatan ketinggian terbang. Selain itu massa jenis udara juga semakin rendah akibat peningkatan ketinggian terbang sehingga kecepatan untuk dapat menghasilkan *range* maksimum semakin meningkat. Hal ini menyebabkan *fuel flow* menjadi lebih rendah dan waktu yang dibutuhkan pesawat untuk mengkonsumsi bahan bakar menjadi lebih lama. Oleh karena itu *range* maksimum yang dapat dicapai oleh pesawat N219 pada fase terbang jelajah semakin meningkat seiring dengan peningkatan ketinggian terbang.

SUMMARY

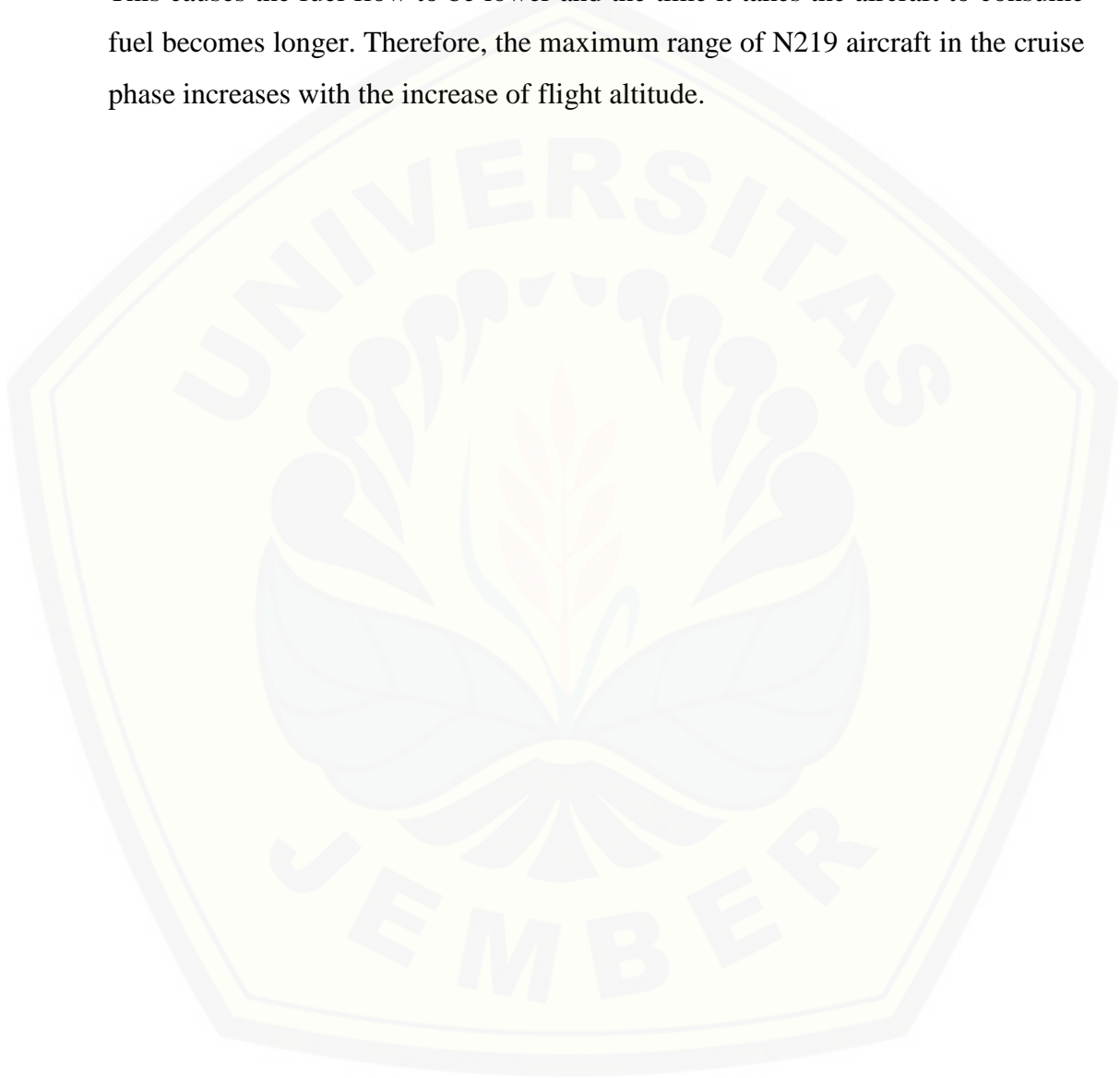
Analysis of Maximum Range of N219 Aircraft in Cruise Phase Using Specific Air Range; Gita Kusumastuti, 141910101068; 2017; 96 pages; the Faculty of Engineering, Jember University.

N219 aircraft is a plane with a capacity of 19 passengers using a double turboprop engine. The aircraft is designed to operate in pioneer areas with limited airport infrastructure. The special ability of this aircraft is to take-off and landing well on an unpaved runway with a distance of less than 600 m. As a plane that is still in flight testing, the aircraft needs to be further studied for evaluation and refinement in various fields. In this study, the focused field is the performance that examines the flying achievements of aircraft. To examine the flying achievements of aircraft, it is necessary to know the function of the aircraft. In this case the N219 aircraft has a function as a commercial transport plane so it is necessary to examine the maximum range that the plane can reach.

In its flight the plane has several flying phases namely take-off, climb, cruise, descent, and landing. The most dominant flying phase in terms of distance, time, and fuel consumption is the cruise phase so this phase is used as the focus of the study. The variations used in this study are ISA temperature variations as ISA 0 and ISA + 20 and flying altitude variations as sea level, 5 000 ft, and 10 000 ft. The calculation method used is the specific air range method. This method is used to determine the flight speed of an aircraft that can produce the maximum range.

From the research results, it can be seen that the maximum range at ISA+ 20 temperature is higher than at ISA 0 temperature. This occurs because the air density is lower at ISA+ 20 than ISA 0. this lower air density causes the stall speed of the aircraft to be higher. This makes the maximum specific air at ISA+ 20 larger than ISA 0, so the speed to produce maximum range at ISA+ 20 is higher than ISA 0. This causes the fuel flow to be lower, so the time required to consume the fuel becomes longer and the N219 aircraft in the cruise phase can reach maximum range farther at ISA+20 than ISA 0.

Maximum range at flying altitude of 10 000 ft is higher than the *sea level* and 5 000 ft. This is due to the reduced effect of gravitational acceleration with increasing flying altituded. In addition, the air density becomes lower due to increased flight altitude and causes an increase in speed to produce maximum range. This causes the fuel flow to be lower and the time it takes the aircraft to consume fuel becomes longer. Therefore, the maximum range of N219 aircraft in the cruise phase increases with the increase of flight altitude.



PRAKATA

Puji dan syukur kehadirat Allah Subhanahuwata'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Analisis Range Maksimum Pesawat N219 pada Fase Terbang Jelajah Menggunakan Metode Spesific Air Range*”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

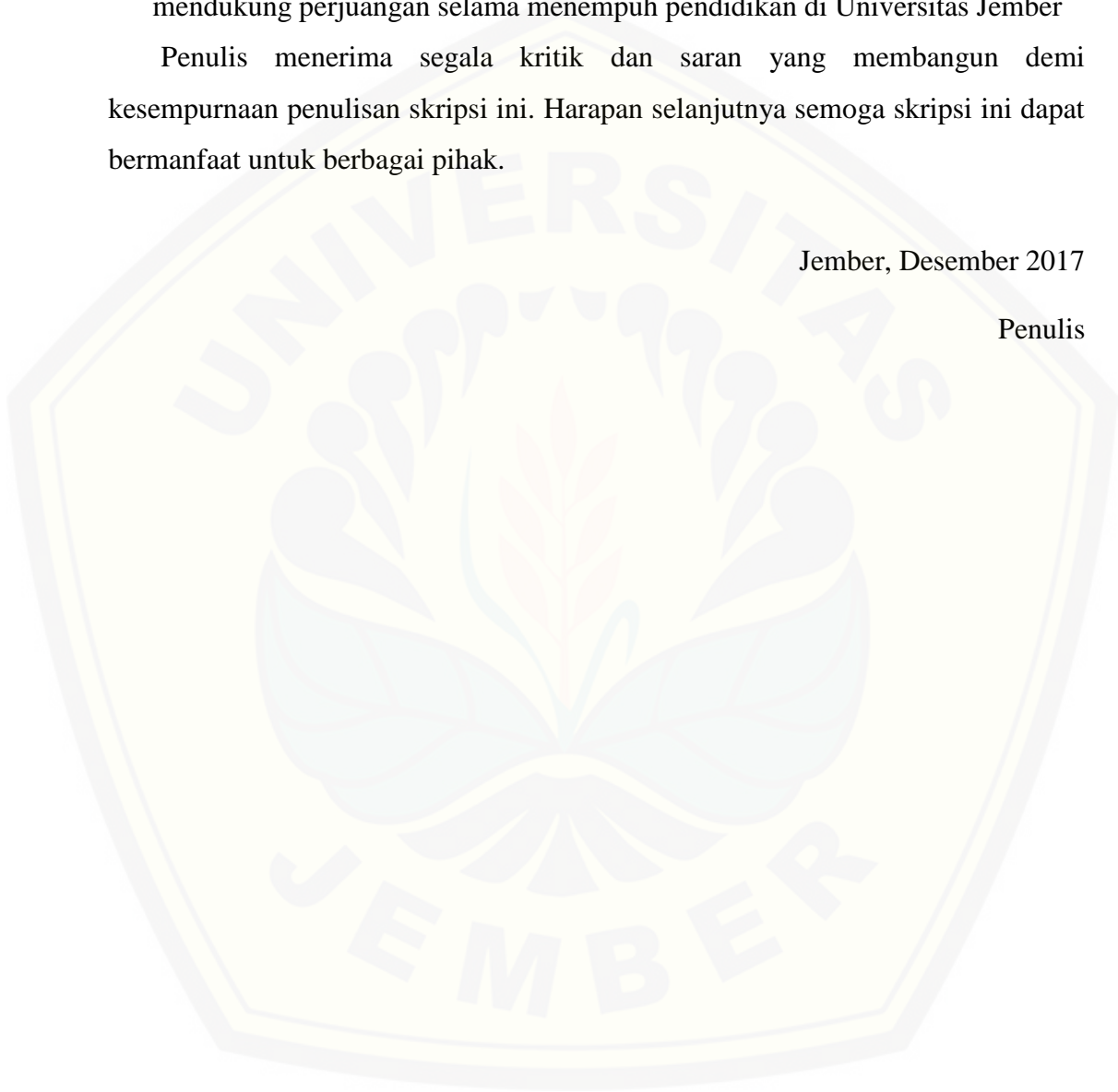
Dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Entin Hidayah M, UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember
2. Bapak Hari Arbiantara, S.T, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember
3. Bapak Hary Sutjahjono, S.T, M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember dan Dosen Pembimbing Utama
4. Bapak Dedi Dwilaksana, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota
5. Bapak Skriptyan Noor Hidayatullah Syuhri, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik
6. Bapak Junitu D. Tikupasang selaku Manajer Divisi Aerodinamik PT. Dirgantara Indonesia
7. Bapak Panji Kalapatra selaku Pembimbing Lapangan PT. Dirgantara Indonesia
8. Ayah, Ibu, Kakak, dan segenap keluarga yang telah memberikan semangat, doa, dan nasihat kepada penulis selama menyelesaikan pendidikan
9. Segenap civitas akademika Universitas Jember pada umumnya dan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik pada khususnya
10. Saudara-saudara Teknik Mesin angkatan 2014 atas semangat dan dukungan selama menempuh pendidikan di Universitas Jember

11. Teman-teman KKN UMD 76 Gelombang II T.A 2016/2017 Desa Sumber Dumpyong Kecamatan Pakem Kabupaten Bondowoso atas dukungan dan semangat yang diberikan
 12. Akhmad Nirman Zaki yang selalu membagikan ilmu dan pengalaman serta mendukung perjuangan selama menempuh pendidikan di Universitas Jember
- Penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Harapan selanjutnya semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk berbagai pihak.

Jember, Desember 2017

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR SAMPUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN.....	iv
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR SIMBOL	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.4.1 Tujuan.....	3
1.4.2 Manfaat.....	4
1.5 Hipotesis.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pesawat N219	5
2.2 Prestasi Terbang Pesawat	6
2.2.1 Aerodinamika	6
2.2.2 Struktur Pesawat.....	7
2.2.3 Propulsi Pesawat.....	8
2.3 Berat Struktural Pesawat	8
2.3.1 <i>Manufacture's Empty Weight (MEW)</i>	9
2.3.2 <i>Operational Empty Weight (OEW)</i>	9
2.3.3 <i>Dry Operating Weight (DOW)</i>	9
2.3.4 <i>Zero Fuel Weight (ZFW)</i>	9
2.3.5 <i>Landing Weight (LW)</i>	9

2.3.6	<i>Maximum Take-off Weight (MTOW)</i>	9
2.4	Fase Terbang Pesawat	10
2.4.1	<i>Taxi</i>	10
2.4.2	<i>Take-off</i>	10
2.4.3	<i>Climb</i>	10
2.4.4	<i>Cruise</i>	10
2.4.5	<i>Descent</i>	11
2.4.6	<i>Landing</i>	11
2.5	Pentingnya Terbang Jelajah	11
2.6	Pemodelan Standart Atmosfer	12
2.6.1	Temperatur	12
2.6.2	Tekanan	13
2.6.3	Massa Jenis Udara	13
2.6.4	Percepatan Gravitasi	14
2.7	Persamaan Gerak Terbang Pesawat	14
2.7.1	Keseimbangan Gaya pada Sumbu Z	15
2.7.2	Keseimbangan Gaya pada Sumbu X	17
2.8	Parameter Prestasi Terbang Jelajah	18
2.8.1	Kecepatan <i>Stall</i>	18
2.8.2	<i>Power Available</i>	19
2.8.3	<i>Power Required</i>	19
2.8.4	<i>Fuel Flow</i>	19
2.8.5	<i>Airspeed</i>	20
2.8.6	Waktu Tempuh	21
2.9	Jarak Terbang Jelajah (<i>Range</i>)	21
2.10	Metode <i>Specific Air Range (SAR)</i>	22
BAB 3. METODE PENELITIAN		24
3.1	Metode Penelitian	24
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.3	Alat dan Bahan	24
3.3.1	Alat	24
3.3.2	Bahan	25
3.4	Variabel	25
3.4.1	Variabel Bebas	25

3.4.2	Variabel Terikat.....	25
3.5	Prosedur Penelitian.....	25
3.6	Pengambilan Data	26
3.6.2	Data Berat Pesawat N219.....	26
3.6.3	Data Geometri Sayap Pesawat N219.....	26
3.6.4	Data Propulsi Pesawat N219	27
3.7	Pengolahan Data.....	27
3.8	Diagram Alir Penelitian	28
3.9	Format Pengambilan Data.....	29
3.9.1	Data Aerodinamik	29
3.9.2	Data Berat Pesawat.....	29
3.9.3	Data Geometri Sayap.....	29
3.9.4	Data Propulsi	29
BAB 4.	PENGOLAHAN DATA	30
4.1	Pengumpulan Data	30
4.1.1	Data Aerodinamik	30
4.1.2	Data Berat Pesawat.....	30
4.1.3	Data Geometri Sayap.....	31
4.1.4	Data Propulsi	31
4.2	Pengolahan Data.....	33
4.2.1	Temperatur dan Tekanan Udara	33
4.2.2	Massa Jenis Udara	34
4.2.3	Percepatan Gravitasi dan Berat	35
4.2.4	Kecepatan <i>Stall</i>	36
4.2.5	Koefisien <i>Lift</i>	38
4.2.6	Koefisien <i>Drag</i>	38
4.2.7	Gaya Hambat (<i>drag</i>).....	39
4.2.8	<i>Power Required</i>	40
4.2.9	<i>Specific Fuel Consumption</i>	41
4.2.10	<i>Specific Air Range</i>	42
4.2.11	Kecepatan untuk <i>Range</i> Maksimum.....	44
4.2.12	<i>Fuel Flow</i>	47
4.2.13	Waktu Tempuh	49
4.2.14	<i>Range</i> Maksimum.....	50

4.3	Analisa Data	52
4.3.1	Massa Jenis Udara	52
4.3.2	Berat Pesawat (<i>Maximum Take-off Weight</i>)	53
4.3.3	Kecepatan untuk <i>Range</i> Maksimum.....	54
4.3.4	<i>Fuel Flow</i>	56
4.3.5	Waktu Tempuh	57
4.3.6	<i>Range</i> Maksimum.....	59
BAB 5. PENUTUP	61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pesawat N219 (detik.com)	5
Gambar 2.2 Geometri Pesawat N219 (Humas PT.DI).....	6
Gambar 2.3 Fase Terbang Jelajah (www.aviationweek.com).....	11
Gambar 2.4 Kestimbangan Gaya pada Pesawat (Dokumen PT.DI).....	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 4.1 Specific Fuel Consumption	41
Gambar 4.2 Grafik Specific Air Range pada ISA 0.....	43
Gambar 4.3 Grafik Specific Air Range pada ISA+20	44
Gambar 4.4 Grafik Kecepatan Range Maksimum (ISA 0 dan ketinggian 10.000 ft)	46
Gambar 4.5 Grafik Kecepatan Range Maksimum (ISA+20 dan ketinggian 10.000 ft)	46
Gambar 4.6 Grafik Fuel Flow	48
Gambar 4.7 Grafik Analisa Data Massa Jenis Udara.....	53
Gambar 4.8 Grafik Analisa Data Berat MTOW	54
Gambar 4.9 Grafik Analisa Data Vmaks	55
Gambar 4.10 Grafik Analisa Data Fuel flow	57
Gambar 4.11 Grafik Analisa Data Waktu Tempuh.....	58
Gambar 4.12 Grafik Analisa Data Range Maksimum	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kondisi Atmosfer pada ISA.....	12
Tabel 3.1 Rencana Data Aerodinamik	29
Tabel 3.2 Rencana Data Berat Pesawat.....	29
Tabel 3.3 Rencana Data Geometri Sayap	29
Tabel 3.4 Rencana Data Propulsi	29
Tabel 4.1 Data Aerodinamik.....	30
Tabel 4.2 Data Berat Pesawat	30
Tabel 4.3 Data Geometri Sayap	31
Tabel 4.4 Data Propulsi (ISA 0, 0 ft)	31
Tabel 4.5 Data Propulsi (ISA 0, 5 000 ft)	31
Tabel 4.6 Data Propulsi (ISA 0, 10 000 ft)	32
Tabel 4.7 Data Propulsi (ISA+20, 0 ft).....	32
Tabel 4.8 Data Propulsi (ISA+20, 5 000 ft).....	32
Tabel 4.9 Data Propulsi (ISA+20, 10 000 ft).....	33
Tabel 4.10 Temperatur dan Tekanan Udara.....	34
Tabel 4.11 Massa Jenis pada ISA 0	35
Tabel 4.12 Massa Jenis Udara pada ISA+20	35
Tabel 4.13 Percepatan Gravitasi	36
Tabel 4.14 Kecepatan Stall	37
Tabel 4.15 Persamaan Specific Fuel Consumption.....	42
Tabel 4.16 Kecepatan untuk Range Maksimum pada ISA 0	44
Tabel 4.17 Kecepatan untuk Range Maksimum pada ISA+20	45
Tabel 4.18 Kecepatan Range Maksimum	47
Tabel 4.19 Fuel Flow	49
Tabel 4.20 Waktu Tempuh Pesawat	50
Tabel 4.21 Range Maksimum	51

DAFTAR SIMBOL

p_0	: tekanan kondisi <i>sea level</i>	(101325 N/m^2)
ρ	: massa jenis udara kondisi <i>sea level</i>	(1,225 kg/m^3)
T_0	: temperatur kondisi <i>sea level</i>	(288,15 K)
a_0	: kecepatan suara	(340,294 m/s)
g_0	: percepatan gravitasi	(9,80665 m/s^2)
R_a	: konstanta gas universal	(8314,32 $J/K.kmol$)
T_{ISA}	: temperatur pada kondisi ISA	(K)
T_0	: temperatur kondisi <i>sea level</i>	(K)
λ	: gradien temperatur	(-0,0065 K/m)
H_{ISA}	: ketinggian	(m)
H_0	: ketinggian kondisi <i>sea level</i>	(0 m)
T	: temperatur	(K)
T_{ISA}	: temperatur	(K)
ΔT	: selisih dengan temperatur ISA	
p	: tekanan	(N/m^2)
H	: ketinggian	(m)
R	: konstanta spesifik gas untuk udara	(287,05 m^2/s^2K)
ρ_{ISA}	: massa jenis pada temperatur ISA	(kg/m^3)
g	: percepatan gravitasi di ketinggian tertentu	(m/s^2)
R_b	: jari-jari bumi	(m)
L	: <i>lift</i>	
W	: berat pesawat	($kg.m/s^2$)
m	: massa pesawat	(kg)
g	: percepatan gravitasi di ketinggian tertentu	(m/s^2)
C_L	: koefisien <i>lift</i>	
V	: kecepatan pesawat	(m/s)
S	: luas sayap	(m^2)
T	: <i>thrust</i>	($kg.m/s^2$)
D	: <i>drag</i>	($kg.m/s^2$)
C_D	: koefisien <i>drag</i>	
C_{Dmin}	: koefisien minimum <i>drag</i>	
k	: faktor induksi pada <i>drag</i>	
C_{Lmin}	: koefisien <i>lift</i> minimum	
V_s	: kecepatan <i>stall</i>	(m/s)
C_{Lmax}	: koefisien <i>lift</i> maksimum	
P_a	: <i>power available</i>	(watt)
P_r	: <i>power required</i>	(watt)
F_f	: <i>fuel flow</i>	(kg/s)
t	: waktu terbang jelajah	(s)
W_f	: berat bahan bakar total	($kg.m/s^2$)
R	: <i>range</i>	(km)

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara kepulauan, Indonesia sangat membutuhkan pesawat untuk berbagai keperluan yang dapat menjangkau seluruh pelosok negeri. Hal ini diperlukan guna mewujudkan pemerataan pembangunan di seluruh wilayah Indonesia, salah satunya di pulau Papua. Daratan Papua yang memiliki banyak pegunungan tidak memungkinkan untuk pembuatan landasan pacu pesawat yang panjang sehingga pesawat yang sesuai untuk wilayah ini adalah pesawat dengan ukuran relatif kecil agar pesawat dapat beroperasi pada landasan pacu yang pendek. Berdasarkan alasan tersebut maka PT. Dirgantara Indonesia bekerjasama dengan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) untuk membuat pesawat dengan nama N219 yang sesuai untuk profil daratan di wilayah timur Indonesia tersebut.

Pesawat N219 merupakan pesawat multifungsi berkapasitas 19 penumpang yang juga bisa digunakan sebagai pengangkut kargo karena memiliki pintu yang dirancang fleksibel dan volume kabin terbesar di kelasnya. Pesawat ini memiliki mesin ganda berjenis turboprop dengan bentang sayap sebesar 20.272 mm dan khusus dirancang untuk dapat lepas landas dan mendarat dengan landasan pacu yang pendek yaitu 600 m. Pesawat ini merupakan hasil pengembangan dari pesawat CN212 yang telah diproduksi sebelumnya oleh PT. Dirgantara Indonesia di bawah lisensi *Construcciones Aeronauticas SA* atau biasa disebut CASA (Wikipedia, 2017).

Sebagai pesawat baru yang masih dalam masa uji terbang, N219 harus terus dikaji agar dapat disempurnakan sebelum diproduksi massal. Salah satu masalah yang dikaji adalah pada bidang *performance*. *Performance* merupakan bagian dari mekanika terbang yang menghitung gerak translasi menggunakan hukum gerak Newton (Ojha, 1995). Bidang ini mengkaji tentang unjuk kerja atau prestasi terbang pesawat mulai dari lepas landas hingga kembali mendarat. Selama penerbangan mulai dari lepas landas hingga mendarat tersebut pesawat mengalami berbagai fase terbang yaitu *take off*, *climb*, *cruise*, *descent*, dan *landing*. Di antara fase-fase yang

lain, fase terbang yang memiliki waktu tempuh terlama dan membutuhkan bahan bakar terbanyak adalah fase *cruise* atau fase terbang jelajah (Turgut, et al., 2014). Selama fase terbang jelajah, pesawat bergerak *steady* sepanjang garis lurus di bidang horizontal. Persamaan yang digunakan yaitu kesetimbangan antara *thrust* dan *drag* serta *lift* dan berat pesawat (Rivas, et al., 2010). Pesawat cenderung berada pada ketinggian dan kecepatan yang relatif konstan (Ojha, 1995). Selain itu, fase ini merupakan fase terbang yang paling aman selama penerbangan pesawat. Oleh karena itu, dalam penelitian ini fase terbang jelajah dijadikan sebagai fokus kajian.

Selain untuk Indonesia, target pemasaran pesawat N219 juga merambah pasar internasional. Dengan kondisi atmosfer dan lingkungan yang berbeda dengan Indonesia, tentu prestasi terbang yang dihasilkan oleh pesawat juga akan berbeda. Unsur utama yang mempengaruhi kondisi atmosfer yaitu suhu dan tekanan udara. Dua unsur tersebut menentukan kerapatan atau massa jenis udara, selanjutnya mempengaruhi prestasi terbang pesawat (Fadholi, 2013). Oleh karena itu perlu dikaji prestasi terbang jelajah pesawat N219 di berbagai kondisi terhadap ISA (*International Standard Atmosphere*). Hal ini dapat membantu calon konsumen untuk memperkirakan kesesuaian pesawat dengan kondisi atmosfer dan lingkungan tempat pesawat diterbangkan.

Perbedaan ketinggian terbang juga perlu dipertimbangkan. Sebelum pesawat dapat beroperasi, pesawat harus mendapatkan izin terbang. Izin terbang ini juga mencantumkan ketinggian terbang yang diizinkan selama perjalanan pesawat. Ketinggian terbang pesawat tergantung pada jenis pesawat serta arah bandara yang akan dituju, sesuai dengan aturan yang telah dikeluarkan *International Civil Aviation Organization* atau disebut juga ICAO (Fadholi, 2013). Berdasarkan hal tersebut maka perlu dikaji prestasi terbang jelajah di berbagai ketinggian yang memungkinkan.

Pengkajian prestasi terbang pesawat berbeda-beda bergantung pada fungsi pesawat. Dalam penelitian ini pesawat N219 direncanakan sebagai alat transportasi komersil. Sebagai alat transportasi maka perlu diketahui jarak maksimum yang dapat ditempuh oleh pesawat dengan kapasitas bahan bakar yang tersedia. Proses pengolahan data akan dilakukan menggunakan metode *specific air range*. *Specific*

air range merupakan perbandingan jarak yang ditempuh tiap satuan bahan bakar. Metode ini digunakan untuk menentukan kecepatan maksimum pada fase terbang jelajah yang diperoleh dari titik maksimum grafik tersebut, yang dapat menghasilkan jarak terbang maksimum pesawat (Filippone, 2008). Dengan berbagai variasi yang telah disebutkan di atas maka dalam penelitian ini dikaji prestasi terbang jelajah pesawat N219 dalam mencapai *range* maksimum di bawah pengaruh variasi kondisi terhadap ISA dan ketinggian terbang dengan kapasitas bahan bakar yang tersedia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat disajikan rumusan masalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana pengaruh peningkatan temperatur dari kondisi ISA terhadap jarak terbang jelajah maksimum pesawat N219?
- b. Bagaimana pengaruh ketinggian terbang terhadap jarak terbang jelajah maksimum pesawat N219?

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini cukup luas sehingga dibutuhkan batasan masalah agar penelitian lebih terarah untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Pesawat N219 dalam masa pengujian terbang
- b. Pesawat berada pada fase terbang jelajah (*cruise*)
- c. Ketinggian acuan terbang pesawat yaitu terhadap *sea level*
- d. Kondisi acuan atmosfer yaitu kondisi ISA
- e. Berat pesawat pada kondisi *Maximum Take-off Weight* (MTOW) yaitu 7031 kg

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengetahui pengaruh peningkatan temperatur dari kondisi ISA terhadap jarak terbang jelajah maksimum pesawat N219
- b. Mengetahui pengaruh ketinggian terbang terhadap jarak terbang jelajah maksimum pesawat N219

1.4.2 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Memperoleh informasi mengenai pengaruh peningkatan temperatur dari kondisi ISA dan pengaruh ketinggian terbang terhadap jarak terbang jelajah maksimum pesawat N219
- b. Dapat digunakan sebagai pembandingan dengan hasil perhitungan sebelum pengujian terbang
- c. Dapat digunakan sebagai pembandingan dengan prestasi terbang pesawat lain yang sejenis

1.5 Hipotesis

Semakin bertambahnya temperatur terhadap kondisi ISA maka *range* maksimum pesawat N219 semakin bertambah pula. Hal ini disebabkan oleh massa jenis udara yang semakin menurun dengan bertambahnya temperatur, sehingga kecepatan semakin meningkat karena kecepatan berbanding terbalik dengan massa jenis. Kecepatan yang semakin meningkat menyebabkan *range* maksimum juga meningkat seiring dengan bertambahnya temperatur.

Semakin bertambahnya ketinggian maka *range* maksimum pesawat N219 juga semakin bertambah. Hal ini disebabkan oleh berat pesawat yang lebih ringan pada ketinggian yang semakin tinggi akibat berkurangnya percepatan gravitasi. Selain itu massa jenis udara juga semakin menurun dengan bertambahnya temperatur menyebabkan kecepatan semakin meningkat. Sehingga *range* maksimum meningkat seiring dengan bertambahnya ketinggian terbang.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pesawat N219

Pesawat N219 adalah pesawat hasil rancangan PT. Dirgantara Indonesia yang bekerja sama dengan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Pesawat N219 juga merupakan hasil pengembangan dari pesawat CN212 yang telah diproduksi terlebih dahulu oleh PT. Dirgantara Indonesia di bawah lisensi *Construcciones Aeronauticas SA* (CASA) dan dirancang dengan mengacu pada regulasi CASR Part 23. Pesawat ini memiliki kapasitas 19 penumpang dan 2 kru pesawat dengan mesin turbin gas ganda berjenis turboprop yaitu Pratt and Whitney Aircraft of Canada Limited PT6A-42 yang masing-masing memiliki tenaga sebesar 850 SHP dan dilengkapi dengan Hartzell 4-Blade Metal Propeller (Solehudin, 2017). Pesawat N219 dirancang multifungsi sehingga dapat digunakan sebagai pesawat penumpang maupun kargo karena didukung oleh adanya pintu yang fleksibel dan volume kabin terbesar di kelasnya. Kemampuan utama yang dimiliki oleh pesawat N219 ini yaitu dapat lepas landas dan mendarat di landasan pacu yang pendek yaitu kurang dari 600 m. Hal ini sesuai dengan tujuan pembuatan pesawat yaitu dapat beroperasi di daerah-daerah terpencil (Wikipedia, 2017).



Gambar 2.1 Pesawat N219 (detik.com)

Selain keunggulan yang telah disebutkan di atas, beberapa keunggulan lain yang dimiliki oleh pesawat N219 adalah sebagai berikut (Viva.com, 2017).

- a. Dapat melakukan *take-off* dan *landing* di landasan pacu yang tidak beraspal
- b. Dapat melakukan terbang rendah dengan baik meskipun dalam kecepatan rendah yaitu mencapai 59 knots
- c. Dapat melakukan *self starting* tanpa bantuan *ground support unit*
- d. Dapat beroperasi dengan baik meskipun dengan *ground support equipment* yang minim
- e. Memiliki teknologi yang memungkinkan pesawat untuk tidak melakukan pengisian ulang bahan bakar agar dapat melanjutkan penerbangan ke rute selanjutnya, yang disebut dengan *Multihop Capability Fuel Tank*



Gambar 2.2 Geometri Pesawat N219 (Humas PT.DI)

2.2 Prestasi Terbang Pesawat

Ilmu tentang prestasi terbang terdiri dari tiga kajian yaitu aerodinamika, struktur pesawat, dan propulsi pesawat. Dalam menyelesaikan permasalahan mengenai prestasi terbang, ketiga unsur ini tidak dapat dipisahkan. Penjelasan mengenai ketiga unsur tersebut adalah sebagai berikut (Ojha, 1995).

2.2.1 Aerodinamika

Aerodinamika adalah ilmu yang mempelajari tentang medan aliran dan gaya yang ditimbulkan oleh gerakan relatif antara pesawat (atau body lain) dan udara di sekelilingnya. Medan aliran meliputi aliran *steady* dan *unsteady*, aliran laminar dan turbulen, aliran separasi dan gabung/dempet, dan aliran rotasi dan irotasi. Konsep medan aliran meliputi analisis mengenai perbedaan antara aliran kompresibel dan inkompresibel. Kajian mengenai aerodinamik meliputi perhitungan kecepatan, temperatur, dan peningkatan tekanan akibat gerakan relatif antara body dengan

udara. Kecepatan dan tekanan dapat memperkirakan medan aliran dan gaya akibat dari gesekan. Tekanan dan gaya gesek yang bekerja pada masing-masing titik dari permukaan body memberikan peningkatan *lift*, *drag*, dan gaya samping (*side force*). Kajian aerodinamik membantu untuk menghitung gaya dan *design surfaces* dengan *lift* yang tinggi dan *drag* yang rendah. Rasio L/D disebut juga dengan efisiensi aerodinamik, yang disimbolkan dengan E.

Gaya aerodinamika mempengaruhi stabilitas dan kendali, dan kualitas penanganan pesawat. Sebuah pesawat yang stabil dapat kembali ke posisi kesetimbangan awal setelah mengalami gangguan kecil. Kestabilan pesawat diperhitungkan di 3 sumbu yang saling tegak lurus dan melewati pusat gravitasi. Kestabilan longitudinal berhubungan dengan kestabilan gerak *pitch* pesawat, kestabilan direksional mengkaji kestabilan *yaw* atau *sideslip* pesawat, dan kestabilan lateral mengacu pada kestabilan *roll* atau *bank* pesawat.

2.2.2 Struktur Pesawat

Struktur pesawat membahas tentang beban aerodinamik dan struktural. Fungsi utama dari *struktural engineering* adalah untuk merencanakan efisiensi dan optimalisasi struktur sehingga strukturnya cukup kuat untuk dapat menahan beban dengan aman di bawah kondisi operasional yang berbeda-beda. Beban ini dapat disebabkan oleh hembusan angin, tabrakan, atau getaran. Pokok persoalan dari struktur pesawat adalah analisis tegangan dan regangan. Hal tersebut memperkirakan kondisi di bawah deformasi struktural, ketidakstabilan elastis, struktural fatig, dan kegagalan yang terjadi. Hal penting tentang proses perancangan struktur adalah memaksimalkan rasio kekuatan-beban dari struktur tersebut. Berat dari struktur seharusnya menjadi minimum karena pengecilan rasio W/S, yang diketahui sebagai *wing loading*.

Struktur *rigid* sempurna hanya terjadi pada keadaan ideal. Semua struktur bagian sesungguhnya bersifat elastis. Karena struktur pesawat harus seringan mungkin, kebutuhan ini menghasilkan struktur yang fleksibel. Fleksibilitas pada struktur pesawat memberikan peningkatan gaya elastis yang berkombinasi dengan gaya aerodinamik untuk menghasilkan efek aeroelastik. Efek ini penting untuk

semua pesawat, terutama pesawat kecepatan tinggi atau performa tinggi. Kekakuan yang lebih rendah, menghasilkan defleksi yang semakin besar pada pembebanan yang diberikan. Kelebihan defleksi atau bending di bawah pembebanan dapat menyebabkan hilangnya kendali pesawat.

2.2.3 Propulsi Pesawat

Hal utama pada propulsi pesawat adalah merancang mesin pesawat agar cukup kuat mendorong pesawat, hingga mempercepatnya mencapai *airspeed* yang diinginkan. Karena mesin menyala di udara bersama dengan pesawat, maka pesawat tersebut harus memiliki keandalan, ringan, dan harus memiliki *drag* sekecil mungkin selama penerbangan. Sebuah unit propulsi umumnya terdiri dari proses difusi udara, kompresi, pencampuran bahan bakar, pengapian, pembakaran, ekspansi gas, dan ekshaus. Variasi komponen mesin harus dirancang sehingga proses ini dapat dilakukan dengan efisien dan cocok untuk unit tenaga pada *power plan*. Mesin pesawat memiliki beberapa jenis yang berbeda, seperti *reciprocating engine* dengan propeler, turbin gas, ramjet, dan roket. Mesin-mesin tersebut memiliki perbedaan karakteristik dan pertimbangan harus diambil hingga perhitungan selama instalasi, termasuk ketinggian dan rentang *Mach number* pesawat. Rasio maksimum *thrust*-berat mesin adalah parameter penting, rasio tersebut harus dapat setinggi mungkin. Konsumsi bahan bakar per satuan *trust (power)* disebut dengan *thrust-specific fuel consumption* atau *power-specific fuel consumption* adalah parameter penting pada mesin pesawat, yang harus dijaga serendah mungkin.

2.3 Berat Struktural Pesawat

Setiap pesawat memiliki kemampuan struktural yang berbeda-beda bergantung dari jenis dan tujuan pembuatan pesawat tersebut. Salah satu kriteria kemampuan struktural pesawat adalah berat. Macam-macam jenis berat pesawat adalah sebagai berikut (Cedex, 2002).

2.3.1 *Manufacture's Empty Weight (MEW)*

MEW adalah berat struktur yang di dalamnya terdapat sistem kelistrikan, perabotan pesawat, dan sistem-sistem lainnya. Berat ini disebut juga berat kering, fluida yang termasuk di dalamnya hanyalah cairan yang terkandung dalam sistem tertutup seperti cairan hidrolik.

2.3.2 *Operational Empty Weight (OEW)*

MEW ditambah dengan sejumlah barang-barang operator, yaitu kru penerbangan, kabin, dan bagasi, bahan bakar yang tidak digunakan, oli mesin, peralatan darurat, bahan kimia dan cairan toilet, peralatan catering, kursi, dokumen, dan lain-lain.

2.3.3 *Dry Operating Weight (DOW)*

Berat total pesawat yang siap untuk jenis operasi tertentu, tidak termasuk semua bahan bakar yang digunakan.

2.3.4 *Zero Fuel Weight (ZFW)*

Berat yang diperoleh dari penambahan *payload* termasuk kargo, penumpang dan barang-barangnya, dan DOW.

2.3.5 *Landing Weight (LW)*

Landing weight adalah berat pesawat saat mendarat di bandara. Berat ini sama dengan ZFW ditambah dengan cadangan bahan bakar.

2.3.6 *Maximum Take-off Weight (MTOW)*

Berat maksimum pesawat agar dapat melakukan *take-off* dengan baik. Berat ini sama dengan LW ditambah dengan bahan bakar yang dibutuhkan selama penerbangan, atau ZFW ditambah dengan bahan bakar saat lepas landas termasuk dengan bahan bakar cadangan.

2.4 Fase Terbang Pesawat

Fase terbang pesawat adalah tahapan-tahapan yang dilakukan pesawat dalam suatu perjalanan terbang. Fase terbang pesawat berbeda-beda bergantung pada jenis pesawat (*fixed wing* atau *rotary wing*) dan bergantung pula pada fungsi pesawat (komersil atau militer). Pesawat N219 sebagai pesawat *fixed wing* untuk transportasi komersil maka memiliki fase terbang sebagai berikut.

2.4.1 Taxi

Pesawat bergerak di darat mengikuti garis kuning dari tempat parkir pesawat lalu menuju landasan pacu dan menyesuaikan posisi untuk persiapan lepas landas.

2.4.2 Take-off

Mesin pesawat mulai diposisikan untuk menghasilkan daya yang tinggi untuk mendorong pesawat bergerak maju hingga mencapai kecepatan tertentu dan melakukan transisi dari darat ke udara. Transisi inilah yang disebut dengan lepas landas (*take-off*).

2.4.3 Climb

Pesawat melakukan peningkatan gaya angkat (*lift*) melalui penambahan sudut serang (*angle of attack*) dan peningkatan daya mesin sehingga menghasilkan kecepatan yang semakin meningkat hingga gaya angkat pesawat yang dihasilkan dapat melebihi berat pesawat itu sendiri. Pada fase ini pesawat naik hingga ketinggian tertentu agar mendapatkan kondisi operasi optimal untuk bersiap melakukan fase *cruise*.

2.4.4 Cruise

Fase ini disebut juga fase terbang jelajah. Pada fase ini pesawat berada pada kecepatan dan ketinggian yang relatif konstan serta konsumsi bahan bakar paling ekonomis. Fase ini memakan waktu yang paling lama dibanding dengan fase terbang yang lain.

2.4.5 Descent

Pesawat mulai mengatur pergerakan untuk persiapan turun ke landasan. Sudut yang diambil pesawat biasanya sebesar tiga derajat menuju bandara. Kondisi mendekati bandara ini disebut dengan *approaching*. Setelah melakukan *approaching* maka diakhiri dengan pengambilan posisi untuk *landing* atau mendarat.

2.4.6 Landing

Fase ini merupakan fase terakhir dalam penerbangan pesawat. Setelah posisi ditentukan pada fase sebelumnya maka pesawat siap untuk mendarat dengan cara mengurangi kecepatan pesawat hingga serendah mungkin agar pesawat dapat menyentuh darat dengan halus dan tidak membahayakan keselamatan penumpang. Kondisi pesawat saat awal menyentuh tanah disebut dengan *touch down*. Setelah melakukan *landing* atau pendaratan maka pesawat kembali melakukan *taxi* dan bersiap menempatkan posisi di tempat parkir pesawat.



Gambar 2.3 Fase Terbang Jelajah (www.aviationweek.com)

2.5 Pentingnya Terbang Jelajah

Bagi kebanyakan pesawat komersil, konsumsi bahan bakar selama fase terbang jelajah (*cruise*) mengakibatkan banyak jumlah bahan bakar yang terbawa oleh pesawat, dan ini adalah faktor utama dalam produktifitas dan biaya operasi (Filippone, 2006). Fase terbang jelajah juga memerlukan waktu yang lama dibanding dengan fase terbang lainnya. Oleh karena itu fase terbang jelajah

merupakan fase dominan dalam penerbangan pesawat yang perlu dikaji untuk dapat mengetahui kinerja dari pesawat (Saarlas, 2007).

2.6 Pemodelan Standart Atmosfer

Dengan tujuan untuk kalibrasi tekanan ketinggian, performa pesawat dan roket, serta pengetahuan tentang distribusi vertikal dari tekanan, suhu, massa jenis, dan kecepatan, maka diperlukan permodelan mengenai standart atmosfer. Oleh karena pada kenyataannya kondisi atmosfer tidak pernah konstan terhadap waktu dan tempat, sebuah pendekatan harus dilakukan untuk mengetahui kemungkinan yang paling mendekati sebenarnya. Permodelan ini dinamakan dengan standart atmosfer. Udara yang dimodelkan diasumsikan bebas dari debu, kelambaban, dan uap air, serta tidak terdapat angin atau terjadi turbulen. *International Standard Atmosphere* (ISA) ditetapkan pada *International Civil Aviation Organization* (ICAO) pada dokumen 7488/2. ISA diasumsikan pada kondisi *Mean Sea Level* (MSL) yang ditampilkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut (Talay, 1975).

Tabel 2.1 Kondisi Atmosfer pada ISA

Variabel	Simbol	Nilai
<i>Tekanan</i>	p_o	101325 N/m^2
<i>Massa Jenis</i>	ρ_o	1,225 kg/m^3
<i>Suhu</i>	T_o	288,15 K
<i>Kecepatan Suara</i>	a_o	340,294 m/s
<i>Percepatan gravitasi</i>	g_o	9,80665 m/s^2
<i>Universal Gas Constant</i>	R_a	8314,32 $\frac{J}{K kmol}$

Berdasarkan data pada Tabel 2.1 dapat ditentukan parameter-parameter lainnya pada kondisi yang berbeda.

2.6.1 Temperatur

Temperatur udara pada kondisi ISA dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$T_{ISA} = T_o + \lambda(H_{ISA} - H_o) \quad (2.1)$$

Temperatur yang memiliki selisih terhadap temperatur ISA dapat dituliskan sebagai berikut.

$$T = T_{ISA} + \Delta T \quad (2.2)$$

dengan,

T_{ISA}	: temperatur kondisi ISA	(K)
T_o	: temperatur kondisi <i>sea level</i>	(K)
T_{ISA}	: temperatur pada kondisi ISA	(K)
H_{ISA}	: ketinggian	(m)
H_o	: ketinggian kondisi <i>sea level</i>	(0 m)
λ	: gradien temperatur	$\left(\frac{dT}{dH} = -0,0065 \text{ K/m}\right)$

2.6.2 Tekanan

Tekanan udara dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$p = p_o \left[1 + \frac{\lambda \cdot H}{T_o} \right]^{\frac{g_o}{R \cdot \lambda}} \quad (2.3)$$

dengan,

p	: tekanan	(N/m ²)
p_o	: tekanan kondisi <i>sea level</i>	(101325 N/m ²)
λ	: gradien temperatur	$\left(\frac{dT}{dH} = -0,0065 \text{ K/m}\right)$
H	: ketinggian	(m)
T_o	: temperatur kondisi <i>sea level</i>	(288,15 K)
g_o	: percepatan gravitasi	(9,80665 m/s ²)
R	: konstanta spesifik gas untuk udara	(287,05 m ² /s ² K)

2.6.3 Massa Jenis Udara

Massa jenis udara pada kondisi ISA dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$\rho_{ISA} = \frac{p}{RT} \quad (2.4)$$

Massa jenis udara selain pada kondisi ISA dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$\rho = \frac{\rho_{ISA}}{1 + \frac{\Delta T}{T_{ISA}}} \quad (2.5)$$

dengan,

ρ_{ISA}	: massa jenis udara pada temperatur ISA	(kg/m^3)
R	: konstanta spesifik udara	$(\frac{J}{K kmol})$
T	: temperatur	(K)
p	: tekanan	(N/m^2)
T_{ISA}	: temperatur pada kondisi ISA	(K)
ΔT	: selisih dengan temperatur ISA	(K)

2.6.4 Percepatan Gravitasi

Besarnya percepatan gravitasi berbeda-beda pada ketinggian yang berbeda. Semakin jauh jarak suatu objek dari pusat bumi maka besarnya pengaruh percepatan gravitasi semakin berkurang. Percepatan gravitasi dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$g = \frac{R_b^2 \times g_o}{(R_b + h)^2} \quad (2.6)$$

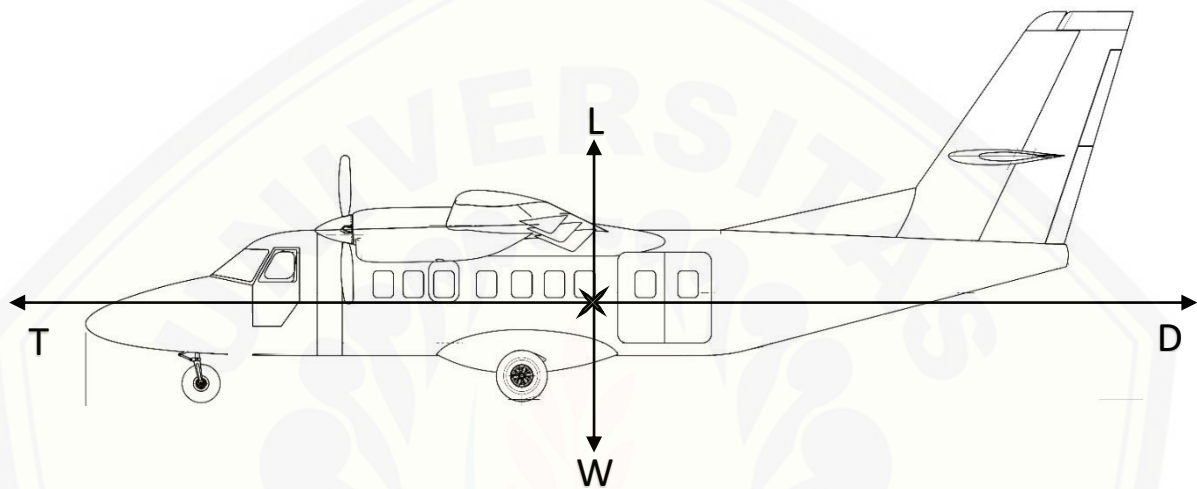
dengan,

g	: percepatan gravitasi pada ketinggian tertentu	(m/s^2)
R_b	: jari-jari bumi	(m)
g_o	: percepatan gravitasi pada permukaan bumi	(m/s^2)
h	: ketinggian terhadap permukaan bumi	(m)

2.7 Persamaan Gerak Terbang Pesawat

Gerakan *rigid body* di angkasa dapat terdiri dari gerakan translasi dan rotasi. Gerakan translasi dapat dianggap tidak bergantung pada gerak rotasinya. Permasalahan *performance* pesawat hanya membutuhkan gerak translasi saja.

Persamaan gerak yang digunakan yaitu menerapkan hukum gerak Newton. Persamaan dasar gerak terbang pesawat pada fase terbang jelajah diperoleh dari kesetimbangan gaya yang bekerja pada pesawat, sepanjang lintasan terbang, dan normal terhadapnya (Ojha, 1995). Kesetimbangan tersebut terjadi antara gaya dorong (*thrust*) dengan gaya hambat (*drag*) dan gaya angkat (*lift*) dengan berat pesawat (*weight*) (Rivas, et al., 2010).



Gambar 2.4 Kesetimbangan Gaya pada Pesawat (Dokumen PT.DI)

2.7.1 Kesetimbangan Gaya pada Sumbu Z

Gaya yang bekerja pada sumbu Z adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\Sigma F_z &= 0 \\ L - W &= 0 \\ L &= W\end{aligned}\quad (2.7)$$

dengan,

L : *lift* (gaya angkat) (N)

W : *weight* (gaya berat) (N)

Weight merupakan gaya berat pesawat. Berat pesawat adalah hasil perkalian massa pesawat dengan percepatan gravitasi di suatu tempat yang memiliki nilai berbeda-beda terhadap ketinggian terbangnya. *Weight* dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$W = m \times g \quad (2.8)$$

dengan,

- W : berat pesawat (N)
 m : massa pesawat (kg)
 g : percepatan gravitasi di ketinggian tertentu (m/s^2)

Lift merupakan gaya angkat pesawat yang timbul dari bagian sayap (*wing*). Arah *lift* yaitu bergerak ke atas melawan gerak berat yang dipengaruhi oleh gravitasi. *Lift* dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut (Ruijgrok, 1990).

$$L = C_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \quad (2.9)$$

dengan,

- C_L : koefisien *lift*
 ρ : massa jenis udara (kg/m^3)
 V : kecepatan pesawat (m/s)
 S : luas area sayap (m^2)

Sedangkan koefisien dapat ditentukan dengan mensubsitusikan persamaan (2.7) dengan persamaan (2.9) sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} L &= W \\ C_L \times \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S &= W \\ C_L &= \frac{2W}{\rho \times V^2 \times S} \end{aligned} \quad (2.10)$$

dengan,

- C_L : koefisien *lift*
 W : berat pesawat (N)
 ρ : massa jenis udara (kg/m^3)
 V : kecepatan pesawat (m/s)
 S : luas sayap (m^2)

2.7.2 Kestimbangan Gaya pada Sumbu X

Gaya-gaya yang bekerja pada sumbu x adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= 0 \\ T - D &= 0 \\ T &= D\end{aligned}\tag{2.11}$$

dengan,

T : *thrust* / gaya dorong (N)

D : *drag* / gaya hambat (N)

Thrust merupakan gaya dorong yang dihasilkan oleh bagian propulsi yang dapat mendorong pesawat untuk bergerak maju. Sedangkan *drag* merupakan gaya hambat yang memiliki arah berlawanan dengan arah *thrust*. Besarnya koefisien *drag* dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$C_D = C_{D_{min}} + k(C_L - C_{L_{min}})^2\tag{2.12}$$

dengan,

C_D : koefisien *drag*

$C_{D_{min}}$: koefisien minimum *drag*

C_L : koefisien *lift*

k : faktor induksi pada *drag*

C_L : koefisien *lift*

$C_{L_{min}}$: koefisien *lift* minimum

Sedangkan gaya hambat (*drag*) dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$D = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S\tag{2.13}$$

dengan,

D	: <i>drag</i> / gaya hambat	(N)
C_D	: koefisien <i>drag</i>	
ρ	: massa jenis udara	(kg/m^3)
V	: kecepatan pesawat	(m/s)
S	: luas sayap	(m^2)

2.8 Parameter Prestasi Terbang Jelajah

Kajian mengenai prestasi terbang pesawat merupakan bagian dari mekanika terbang dimana hanya gerak translasi pesawat yang diperhitungkan yaitu menggunakan hukum gerak Newton. Bidang prestasi terbang membahas tentang hal yang tidak bisa dijawab oleh disiplin ilmu lainnya. Hal tersebut antara lain jarak tempuh *take-off*, sudut *climb* yang diperlukan, laju *climb* maksimum, kecepatan terbang jelajah, jarak terjauh yang dapat dicapai, waktu tempuh yang diperlukan, bahan bakar yang dikonsumsi, radius belok pesawat, laju belok tercepat, dan sebagainya. Hal inilah yang disebut dengan parameter prestasi terbang pesawat.

Fase terbang jelajah dimulai setelah fase *climb* selesai dan berakhir saat pesawat mulai *descent* atau *manuver*. Selama fase terbang jelajah, pesawat bergerak *steady* sepanjang garis lurus di bidang horizontal. Dengan kata lain, pesawat berada dalam keadaan tidak ada percepatan, lurus, dan terbang level (horizontal). Parameter prestasi terbang pesawat pada saat terbang jelajah antara lain konsumsi bahan bakar selama terbang jelajah, *airspeed* saat terbang jelajah, *range* atau jarak terbang horizontal selama terbang jelajah, waktu yang dibutuhkan untuk menempuh *range* tersebut, *power available* dan *power required* (Ojha, 1995).

2.8.1 Kecepatan Stall

Kecepatan *stall* dapat ditentukan dengan menggunakan kesetimbangan gaya pada sumbu Z. Kecepatan *stall* tercapai saat koefisien *lift* pada keadaan maksimum. Kecepatan *stall* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Rifdian, 2017).

$$V_S = \sqrt{\frac{2W}{\rho \cdot S \cdot C_{Lmax}}} \quad (2.14)$$

dengan,

V_s	: kecepatan stall	(m/s)
W	: berat pesawat	(N)
ρ	: massa jenis udara	(kg/m^3)
S	: luas sayap	(m^2)
$C_{L_{max}}$: koefisien <i>lift</i> maksimum	

2.8.2 Power Available

Power available adalah daya yang dihasilkan dan mampu disediakan oleh sistem propulsi penggerak pesawat. Besarnya *power available* dapat diketahui dari kecepatan dan *thrust* pesawat. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *power available* adalah sebagai berikut (Ruijgrok, 1990).

$$P_a = T \cdot V \quad (2.14)$$

dengan,

T	: <i>thrust</i>	(N)
V	: kecepatan pesawat	(m/s)

2.8.3 Power Required

Power required adalah daya yang dibutuhkan untuk dapat menggerakkan pesawat. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *power required* adalah sebagai berikut (Ruijgrok, 1990).

$$P_r = D \cdot V \quad (2.15)$$

dengan,

D	: <i>drag</i>	(N)
V	: kecepatan pesawat	(m/s)

2.8.4 Fuel Flow

Fuel flow adalah jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh pesawat tiap satuan waktu tertentu. *Fuel flow* dapat berpengaruh pada biaya operasional penerbangan,

emisi lingkungan, serta faktor efektivitas pada penerbangan pesawat (Baklacioglu, 2016). *Fuel flow* dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$F_f = \frac{dW_f}{dt} \quad (2.16)$$

dengan,

F_f : *fuel flow* (kg/s)

dt : waktu tempuh (s)

dW_f : berat bahan bakar total (kg)

Pengurangan bahan bakar berakibat pada pengurangan berat pesawat, sehingga persamaan *fuel flow* dapat disajikan dengan persamaan berikut.

$$F_f = -\frac{dW}{dt} \quad (2.17)$$

dengan,

F_f : *fuel flow* (kg/s)

dt : waktu (s)

dW : berat pesawat total (kg)

2.8.5 *Airspeed*

Airspeed adalah kecepatan pesawat di sepanjang lintasan terbang. Parameter ini adalah variabel penting untuk mengetahui performa pesawat karena gaya aerodinamik sebanding dengan kuadrat kecepatan. Kecepatan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Ruijgrok, 1990).

$$V = \sqrt{\frac{2W}{\rho \cdot S \cdot C_L}} \quad (2.18)$$

dengan,

V : kecepatan pesawat (m/s)

W : berat pesawat (N)

ρ : massa jenis udara (kg/m³)

S : luas area sayap (m²)

C_L : koefisien *lift*

2.8.6 Waktu Tempuh

Waktu tempuh yaitu waktu yang dibutuhkan oleh pesawat untuk melakukan penerbangan dari satu titik asal ke titik tujuan. Waktu tempuh juga dipengaruhi oleh aliran bahan bakar dan jumlah bakar yang dikonsumsi oleh pesawat selama penerbangan.

$$t = \frac{W_f}{F_f} \quad (2.19)$$

dengan,

t	: waktu tempuh	(s)
W_f	: berat bahan bakar total	(N)
F_f	: <i>fuel flow</i>	(kg/s)

2.9 Jarak Terbang Jelajah (*Range*)

Range pesawat adalah jarak yang dapat dilalui oleh pesawat pada ketinggian terbang yang sesuai (Ruijgrok, 1990). Perhitungan *range* pesawat berbeda-beda bergantung pada misi dan profil penerbangan. Pesawat yang berbeda, ataupun pesawat yang sama dengan misi yang berbeda, dapat mencapai jarak yang berbeda-beda dengan konsumsi bahan bakar yang berbeda pula (Saarlas, 2007). Persamaan yang digunakan untuk menghitung *range* pesawat adalah sebagai berikut.

$$R = \int_{t_1}^{t_2} V \cdot dt = \int_{W_1}^{W_2} -\frac{V}{F} \cdot dW = \int_{W_1}^{W_2} \frac{V}{F} \cdot dW \quad (2.20)$$

dengan,

W	: berat pesawat	(N)
R	: <i>range</i> pesawat	(m)
F_f	: <i>fuel flow</i>	(kg/s)
V	: kecepatan terbang	(m/s)
t	: waktu tempuh	(s)

2.10 Metode Specific Air Range (SAR)

Specific air range merupakan perbandingan jarak yang ditempuh tiap satuan bahan bakar. Metode ini digunakan untuk menentukan kecepatan maksimum yang dapat menghasilkan jarak terbang maksimum pesawat. *Specific air range* dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$SAR = \frac{V}{P} \frac{1}{SFC} \quad (2.21)$$

dengan,

SAR : *specific air range*

V : kecepatan (m/s)

P_r : *power required* (watt)

SFC : *specific fuel consumption* (kg/s/SHP)

Specific Fuel Consumption adalah jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh pesawat dengan nilai yang berbeda-beda bergantung pada kecepatan. Data *specific fuel consumption* (SFC) diperoleh dari sistem propulsi. Untuk menentukan nilai SFC pada berbagai kecepatan maka dibutuhkan fungsi hubungan *Specific Fuel Consumption* dengan kecepatan.

Langkah-langkah untuk menentukan kecepatan untuk jarak maksimum dengan metode SAR adalah sebagai berikut.

- Menginput data SFC dari sistem propulsi untuk berbagai kecepatan yang telah diketahui
- Membuat grafik *scatter* (x, y) menggunakan program microsoft excel
- Membuat *trendline* tipe *linear* pada titik-titik data dalam grafik
- Memunculkan persamaan dari *trendline*
- Mensubstitusi nilai kecepatan pada variabel x di persamaan tersebut, maka diperoleh *Specific Fuel Consumption* pada kecepatan tersebut
- Membuat grafik hubungan *Specific Fuel Consumption* dengan kecepatan, dengan langkah sebagai berikut

- 1) Memasukkan variasi kecepatan serta *power required* dan *Specific Fuel Consumption* pada masing-masing kecepatan
- 2) Menghitung *Specific Air Range*
- 3) Membuat grafik hubungan *Specific Fuel Consumption* dengan Kecepatan pada hasil perhitungan tersebut



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode studi kasus. Metode ini dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan yaitu PT. Dirgantara Indonesia khususnya di divisi Aerodinamik. Data-data dikumpulkan dari berbagai bidang yaitu *performance*, aerokonfigurasi, propulsi, dan *stability and control*. Untuk menganalisa data yang telah diperoleh, digunakan beberapa metode yaitu metode deskriptif yang dilakukan dengan menjelaskan dan menggambarkan fenomena yang terjadi pada data dari objek penelitian, metode analitik untuk mengetahui hubungan antarvariabel, serta metode komparatif untuk membandingkan data dan hasil perhitungan berdasarkan standar tertentu.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu dan tempat pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut.

Waktu : Agustus - Desember 2017

Tempat : Bidang *Performance* Divisi Aerodinamika PT. Dirgantara Indonesia dan Laboratorium Rekayasa Mekanik Fakultas Teknik Universitas Jember

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan untuk mengolah data pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Terowongan angin (*wind tunnel*)
- b. Sistem propulsi pesawat
- c. Perangkat lunak Microsoft Excel 2016

3.3.2 Bahan

Objek yang digunakan sebagai bahan penelitian ini adalah pesawat N219.

3.4 Variabel

Variabel adalah segala sesuatu yang menjadi fokus kajian dalam penelitian dan ditetapkan oleh peneliti dengan variasi tertentu yang akan dipelajari sehingga diperoleh informasi dan dapat ditarik kesimpulan.

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan terlebih dahulu oleh peneliti sebelum melakukan penelitian dan menjadi sebab dari timbulnya perubahan atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dari penelitian ini adalah kondisi ISA yaitu ISA dan ISA+20 serta ketinggian terbang yaitu *sea level*, 5 000 ft, dan 10 000 ft.

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang menjadi akibat dari variabel bebas yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kecepatan terbang maksimum, konsumsi bahan bakar, dan jarak terbang maksimum.

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Persiapan, yaitu mengumpulkan dan mempelajari literatur yang berkaitan dengan pembahasan penelitian
- b. Pengamatan, yaitu mengamati cara memperoleh data performa pesawat N219 setelah melakukan terbang perdana
- c. Pengambilan data, yaitu mengumpulkan data-data performa pesawat N219 yang dihasilkan setelah pelaksanaan terbang perdana
- d. Pengolahan data, yaitu data yang telah diperoleh dipisahkan berdasarkan masing-masing kondisi ISA dan ketinggian terbang, kemudian melakukan perhitungan parameter-parameter yang dibutuhkan untuk mengetahui prestasi

terbang pesawat yang meliputi massa jenis udara, koefisien *lift* (C_L) dan koefisien drag (C_D), *power required*, *specific fuel consumption*, *specific air range*, kecepatan maksimum, laju aliran bahan bakar, waktu tempuh, dan jarak terbang jelajah

- e. Analisa data, yaitu menganalisa hasil perhitungan untuk menjawab rumusan masalah yang ada
- f. Penarikan kesimpulan

3.6 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan untuk mengumpulkan informasi mengenai objek penelitian guna mempermudah menjawab rumusan masalah yang ada. Dalam penelitian ini data-data yang perlu diambil adalah sebagai berikut.

3.6.1 Data Aerodinamik Pesawat N219

Data aerodinamik yang dibutuhkan antara lain adalah sebagai berikut.

- a. Koefisien *lift* (C_L)
- b. Koefisien *lift* minimum ($C_{L_{min}}$)
- c. Koefisien *lift* maksimum ($C_{L_{max}}$)
- d. Koefisien *drag* minimum ($C_{D_{min}}$)
- e. Faktor induksi pada *drag* (k)

3.6.2 Data Berat Pesawat N219

Data berat pesawat yang dibutuhkan dalam penelitian antara lain sebagai berikut.

- a. Berat total pesawat beserta dengan penumpang, bahan bakar, dan muatan (*Maximum Take-Off Weight*)
- b. Berat kapasitas bahan bakar
- c. *Operational Empty Weight*

3.6.3 Data Geometri Sayap Pesawat N219

Data konfigurasi atau geometri pesawat yang dibutuhkan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

- a. Bentang sepasang sayap pesawat
- b. Luas sepasang sayap pesawat

3.6.4 Data Propulsi Pesawat N219

Data propulsi pesawat yang dibutuhkan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

- a. Kecepatan terbang (V)
- b. *Thrust* (T)
- c. *Specific fuel consumption* (SFC)
- d. *Fuel flow* (F_f)
- e. Efisiensi propeler (η_p)

Masing-masing data propulsi tersebut diambil dalam beberapa kondisi sebagai berikut.

- a. ISA dan ISA+20
- b. Ketinggian *sea level*, 5 000 ft, dan 10 000 ft

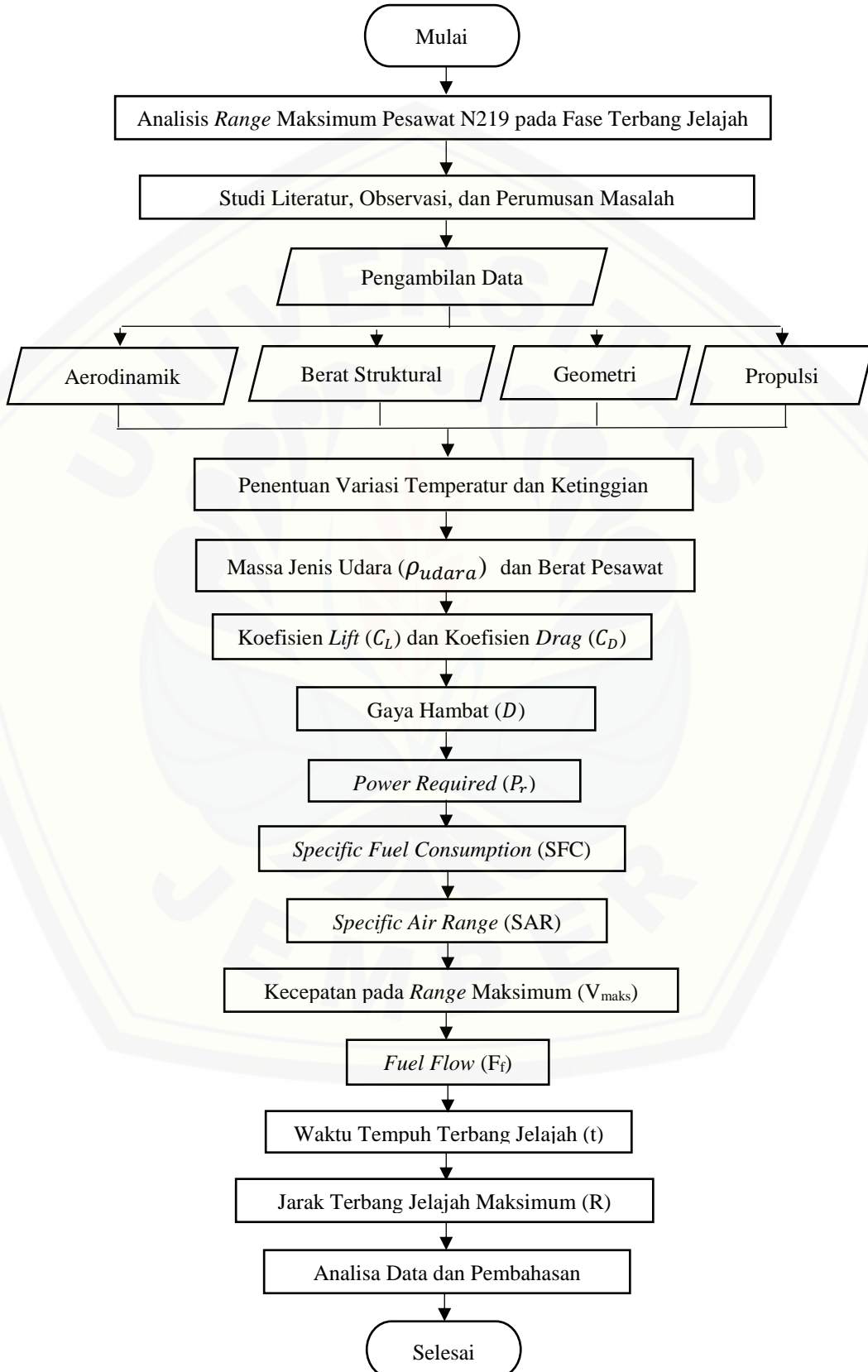
3.7 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah semua data yang diperlukan telah diperoleh. Pengolahan data performa pesawat N219 dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut.

- a. Menghitung massa jenis udara (ρ_{udara})
- b. Menghitung koefisien *lift* dan koefisien *drag* (C_L) dan (C_D)
- c. Menghitung *power required* (P_r)
- d. Menghitung *specific fuel consumption* (SFC)
- e. Menghitung nilai *specific air range* (SAR)
- f. Menentukan kecepatan pada *range* maksimum (V_{maks})
- g. Menghitung *fuel flow* (F_f)
- h. Menghitung waktu tempuh untuk kecepatan pada *range* maksimum (t)
- i. Menghitung *range* maksimum (R)

3.8 Diagram Alir Penelitian

Alur dari pengerjaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.9 Format Pengambilan Data

Data-data yang diperlukan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.9.1 Data Aerodinamik

Data aerodinamik pesawat N219 yang dibutuhkan untuk penelitian ini tertera pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rencana Data Aerodinamik

Defleksi Flap (Degree)	C_{L_0}	C_L (1/degree)	C_{Lmax}	C_{Lmin}	C_{Dmin}	K
-----------------------------------	-----------------------------	--	------------------------------	------------------------------	------------------------------	----------

3.9.2 Data Berat Pesawat

Data berat pesawat N219 yang dibutuhkan untuk penelitian ini tertera pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rencana Data Berat Pesawat

PARAMETER	BERAT
<i>Maximum Take-off Weight</i>	
<i>Operational Empty Weight</i>	
<i>Maximum Fuel Capacity</i>	

3.9.3 Data Geometri Sayap

Data konfigurasi atau geometri pesawat N219 yang dibutuhkan untuk penelitian ini tertera pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Rencana Data Geometri Sayap

BENTANG SAYAP	LUAS SAYAP
----------------------	-------------------

3.9.4 Data Propulsi

Data propulsi pesawat N219 yang dibutuhkan untuk penelitian ini tertera pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Rencana Data Propulsi

ISA	h	V	T	SFC	F_f	η_p
------------	----------	----------	----------	------------	-------------------------	----------------------------

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan dan analisa data dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

- a. Pada temperatur ISA+20 di fase terbang jelajah pesawat N219 dapat mencapai *range* maksimum yang lebih jauh dibandingkan pada temperatur ISA 0. Hal ini terjadi karena pada temperatur ISA+20 massa jenis udara lebih rendah dibandingkan dengan temperatur ISA 0. Massa jenis udara yang lebih rendah ini menyebabkan kecepatan *stall* pesawat menjadi lebih tinggi karena kecepatan *stall* berbanding terbalik dengan massa jenis, artinya pada temperatur ISA+20 pesawat membutuhkan kecepatan yang lebih tinggi untuk dapat terbang (bertahan di udara dan tidak jatuh) dibandingkan dengan ISA 0. Hal ini juga mempengaruhi *specific air range* maksimum yang nilainya lebih besar pada temperatur ISA+20 dibandingkan dengan ISA 0 sehingga kecepatan untuk dapat menghasilkan *range* maksimum yang diperoleh saat nilai *specific air range* maksimum pada temperatur ISA+20 yang lebih tinggi dibandingkan ISA 0. Dengan kecepatan yang lebih tinggi pada temperatur ISA+20, pesawat N219 di fase terbang jelajah menghasilkan nilai *fuel flow* yang lebih rendah sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mengkonsumsi bahan bakar semakin lama. Nilai kecepatan dan waktu pada temperatur ISA+20 yang lebih besar dibandingkan dengan ISA 0 menyebabkan pesawat N219 di fase terbang jelajah pada temperatur ISA+20 dapat mencapai *range* maksimum yang lebih jauh dibandingkan pada temperatur ISA 0.
- b. *Range* maksimum pesawat N219 pada fase terbang jelajah semakin meningkat dengan peningkatan ketinggian terbang yaitu *sea level*, 5 000 ft, dan 10 000 ft. Hal ini disebabkan oleh pengaruh percepatan gravitasi yang semakin berkurang seiring dengan peningkatan ketinggian terbang, sehingga berat pesawat juga semakin berkurang akibat pengurangan percepatan gravitasi seiring meningkatnya ketinggian terbang. Selain itu massa jenis udara juga semakin

rendah dengan peningkatan ketinggian terbang. Massa jenis udara yang lebih rendah ini menyebabkan kecepatan *stall* pesawat menjadi lebih tinggi karena kecepatan *stall* berbanding terbalik dengan massa jenis, artinya pada ketinggian terbang 10 000 ft pesawat membutuhkan kecepatan yang lebih tinggi untuk dapat terbang (bertahan di udara dan tidak jatuh) dibandingkan pada ketinggian 5 000 ft dan *sea level*. Kecepatan *stall* yang berbanding lurus dengan *specific air range* menyebabkan nilai *specific air range* maksimum juga mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan ketinggian terbang yaitu *sea level*, 5 000 ft, dan 10 000 ft. Hal ini menyebabkan kecepatan untuk dapat menghasilkan *range* maksimum yang diperoleh dari kondisi *specific air range* juga meningkat akibat peningkatan ketinggian terbang. Dengan kecepatan yang lebih tinggi dan berat pesawat yang lebih rendah pada ketinggian yang semakin meningkat maka pesawat N219 pada fase terbang jelajah dapat menghasilkan *fuel flow* yang lebih rendah artinya bahan bakar pesawat menjadi lebih hemat. Sehingga waktu yang dibutuhkan pesawat untuk mengkonsumsi bahan bakar menjadi lebih lama. Berat pesawat yang lebih rendah, kecepatan untuk *range* maksimum yang semakin tinggi, dan waktu untuk mengkonsumsi bahan bakar yang semakin lama menyebabkan *range* maksimum yang dapat dicapai oleh pesawat N219 pada fase terbang jelajah semakin meningkat seiring dengan peningkatan ketinggian terbang yaitu *sea level*, 5 000 ft, dan 10 000 ft.

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan agar penelitian selanjutnya dapat lebih baik yaitu pengambilan data dilakukan setelah pesawat N219 menempuh minimal 20 jam terbang saat melakukan pengujian terbang. Hal ini untuk memastikan bahwa data yang diperoleh menjadi lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsip PT. Dirgantara Indonesia* (2010) PT. Dirgantara Indonesia.
- Badan Penerbit Universitas Jember, 2016. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Universitas Jember: Badan Penerbit Universitas Jember.
- Baklacioglu, T., 2016. Modeling the fuel flow-rate of transport aircraft during flight phases using genetic algorithm-optimized neural networks. *Aerospace Science and Technology*, Volume 49, pp. 52-62.
- Cavcar, M., 2006. *The International Standard Atmosphere (ISA)*, Eskisehir, Turkey: Anadolu University.
- Cedex, B., 2002. *Getting to Grips with Aircraft Performance*. France: Customer Services Directorate.
- Fadholi, A., 2013. Studi Pengaruh Suhu Dan Tekanan Udara Terhadap Daya Angkat Pesawat di Bandara S. Babullah Ternate. *Teori dan Aplikasi Fisika*, Volume 01, pp. 121-129.
- Filippone, A., 2006. *Flight Performance of Fixed and Rotary Wing Aircraft*. Burlington: Elsevier Ltd.
- Filippone, A., 2008. Comprehensive analysis of transport aircraft flight performance. *Progress in Aerospace Sciences*, Volume 44, pp. 192-236.
- Internal PT. Dirgantara Indonesia, 2016. *Data Internal PT. Dirgantara Indonesia*, Bandung: PT. Dirgantara Indonesia.
- International Organization for Standardization, 1975. *International Standard Atmosphere*. s.l.:International Organization for Standardization.
- Ojha, S. K., 1995. *Flight Performance of Aircraft*. Washington DC: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc.
- PT. Dirgantara Indonesia, 2016. *Report Data PT. Dirgantara Indonesia*, Bandung: PT. Dirgantara Indonesia.
- PT. Dirgantara Indonesia, 2016. *Technical Report for N219 Aircraft*, Bandung: PT. Dirgantara Indonesia.
- Rifdian, I. S., 2017. Analisa Unjuk Kerja Flap Sebagai Penambah Koefisien Gaya Angkat. *Approach*, Volume 1, pp. 1-7.

- Rivas, D., Garcia, O. L., Esteban, S. & Gallo, E., 2010. An analysis of maximum range cruise including wind effects. *Aerospace Science and Technology*, Volume 14, pp. 38-48.
- Ruijgrok, G., 1990. *Elements of Airplane Performance*. Netherlands: Delf University Press.
- Saarlal, M., 2007. *Aircraft Performance*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Talay, T. A., 1975. *Introduction to the Aerodynamics of Flight*, NASA SP-367. Washington, D.C.: National Aeronautics and Space Administration .
- Turgut, E. T. et al., 2014. Fuel Flow Analysis for The Cruise Phase of Commercial Aircraft on Domestic Routes. *Aerospace Science and Technology*, Volume 37, pp. 1-9.
- Viva.com, 2017. *Pesawat N219 Sudah Dipesan 200 Unit*. [Online] Available at: <http://www.viva.co.id/digital/946901-pesawat-n219-sudah-dipesan-200-unit> [Diakses 9 Oktober 2017].

Lampiran 1. Koefisien Lift

V (m/s)	C _L					
	ISA 0			ISA+20		
	Sea level	5 000 ft	10 000 ft	Sea level	5 000 ft	10 000 ft
1	2712,5593	3146,526368	3669,676588	2900,83337	3372,696662	3943,188098
2	678,13982	786,631592	917,4191469	725,208343	843,1741655	985,7970246
3	301,39547	349,6140409	407,7418431	322,314819	374,7440736	438,1320109
4	169,53495	196,657898	229,3547867	181,302086	210,7935414	246,4492561
5	108,50237	125,8610547	146,7870635	116,033335	134,9078665	157,7275239
6	75,348868	87,40351022	101,9354608	80,5787048	93,68601839	109,5330027
7	55,358352	64,21482383	74,89135893	59,2006811	68,83054413	80,47322649
8	42,383738	49,1644745	57,33869668	45,3255215	52,69838535	61,61231404
9	33,488386	38,84600454	45,30464923	35,8127577	41,6382304	48,68133455
10	27,125593	31,46526368	36,69676588	29,0083337	33,72696662	39,43188098
11	22,417845	26,00435015	30,32790568	23,9738295	27,87352613	32,58833139
12	18,837217	21,85087755	25,48386519	20,1446762	23,4215046	27,38325068
13	16,050647	18,61849922	21,71406265	17,1646945	19,95678498	23,33247395
14	13,839588	16,05370596	18,72283973	14,8001703	17,20763603	20,11830662
15	12,055819	13,98456163	16,30967372	12,8925928	14,98976294	17,52528044
16	10,595935	12,29111862	14,33467417	11,3313804	13,17459634	15,40307851
17	9,3860182	10,88763449	12,69784286	10,0374857	11,67023066	13,64424947
18	8,3720965	9,711501135	11,32616231	8,95318943	10,4095576	12,17033364
19	7,5140146	8,716139523	10,16530911	8,03554951	9,342650034	10,92295872
20	6,7813982	7,86631592	9,174191469	7,25208343	8,431741655	9,857970246
21	6,150928	7,134980426	8,321262103	6,57785346	7,647838236	8,941469611
22	5,6044613	6,501087537	7,581976421	5,99345738	6,968381533	8,147082848
23	5,1277113	5,948064968	6,937006782	5,48361696	6,375608057	7,454041774
24	4,7093043	5,462719389	6,370966298	5,03616905	5,85537615	6,845812671
25	4,3400948	5,034442189	5,87148254	4,6413334	5,396314659	6,309100957
26	4,0126616	4,654624805	5,428515662	4,29117363	4,989196246	5,833118489
27	3,7209318	4,316222727	5,033849914	3,9791953	4,626470044	5,409037172
28	3,459897	4,01342649	4,680709933	3,70004257	4,301909008	5,029576656
29	3,2253975	3,741410663	4,363467999	3,44926679	4,010340859	4,688689772
30	3,0139547	3,496140409	4,077418431	3,22314819	3,747440736	4,381320109
31	2,8226423	3,274220986	3,818602068	3,0185571	3,509569888	4,103213422
32	2,6489837	3,072779656	3,583668543	2,83284509	3,293649084	3,850769627

Lampiran 1. Koefisien *Lift* (lanjutan)

V (m/s)	C_L					
	ISA 0			ISA+20		
	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft
33	2,4908717	2,889372239	3,369767298	2,66375884	3,097058459	3,62092571
34	2,3465046	2,721908623	3,174460716	2,50937143	2,917557666	3,411062369
35	2,2143341	2,568592953	2,995654357	2,36802724	2,753221765	3,21892906
36	2,0930241	2,427875284	2,831540577	2,23829736	2,6023894	3,042583409
37	1,9814166	2,298412248	2,680552657	2,1189433	2,463620644	2,880341927
38	1,8785036	2,179034881	2,541327277	2,00888738	2,335662508	2,73073968
39	1,7834052	2,068722135	2,412673628	1,90718828	2,217420554	2,592497106
40	1,6953495	1,96657898	2,293547867	1,81302086	2,107935414	2,464492561
41	1,6136581	1,871818184	2,183031878	1,72565935	2,006363273	2,345739499
42	1,537732	1,783745107	2,080315526	1,64446336	1,911959559	2,235367403
43	1,4670412	1,701744926	1,984681767	1,56886608	1,824065258	2,132605786
44	1,4011153	1,625271884	1,895494105	1,49836435	1,742095383	2,036770712
45	1,3395354	1,553840182	1,812185969	1,43251031	1,665529216	1,947253382
46	1,2819278	1,487016242	1,734251695	1,37090424	1,593902014	1,863510443
47	1,227958	1,424412118	1,661238835	1,31318849	1,526797946	1,785055726
48	1,1773261	1,365679847	1,592741574	1,25904226	1,463844037	1,711453168
49	1,1297623	1,310506609	1,52839508	1,20817717	1,404704982	1,642310745
50	1,0850237	1,258610547	1,467870635	1,16033335	1,349078665	1,577275239
51	1,0428909	1,209737166	1,410871429	1,11527619	1,296692296	1,516027719
52	1,0031654	1,163656201	1,357128916	1,07279341	1,247299061	1,458279622
53	0,9656672	1,120158906	1,30639964	1,03269255	1,200675209	1,403769348
54	0,9302329	1,079055682	1,258462479	0,99479883	1,156617511	1,352259293
55	0,8967138	1,040174006	1,213116227	0,95895318	1,114941045	1,303533256
56	0,8649743	1,003356622	1,170177483	0,92501064	1,075477252	1,257394164
57	0,8348905	0,968459947	1,12947879	0,89283883	1,038072226	1,21366208
58	0,8063494	0,935352666	1,090867	0,8623167	1,002585215	1,172172443
59	0,7792471	0,903914498	1,054201835	0,83333335	0,968887292	1,132774518
60	0,7534887	0,874035102	1,019354608	0,80578705	0,936860184	1,095330027
61	0,7289866	0,845613106	0,986207092	0,77958435	0,906395233	1,059711932
62	0,7056606	0,818555247	0,954650517	0,75463928	0,877392472	1,025803355
63	0,6834364	0,792775603	0,924584678	0,73087261	0,849759804	0,993496623
64	0,6622459	0,768194914	0,895917136	0,70821127	0,823412271	0,962692407

Lampiran 1. Koefisien *Lift* (lanjutan)

V (m/s)	C_L					
	ISA 0			ISA+20		
	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft
65	0,6420259	0,744739969	0,868562506	0,68658778	0,798271399	0,933298958
66	0,6227179	0,72234306	0,842441825	0,66593971	0,774264615	0,905231428
67	0,604268	0,700941494	0,817481975	0,64620926	0,751324719	0,878411249
68	0,5866261	0,680477156	0,793615179	0,62734286	0,729389417	0,852765592
69	0,5697457	0,660896108	0,770778531	0,60929077	0,708400895	0,828226864
70	0,5535835	0,642148238	0,748913589	0,59200681	0,688305441	0,804732265
71	0,5380994	0,624186941	0,727965996	0,575448	0,669053097	0,782223388
72	0,523256	0,606968821	0,707885144	0,55957434	0,65059735	0,760645852
73	0,5090184	0,590453437	0,688623867	0,54434854	0,632894851	0,739948977
74	0,4953541	0,574603062	0,670138164	0,52973582	0,615905161	0,720085482
75	0,4822328	0,559382465	0,652386949	0,51570371	0,599590518	0,701011217
76	0,4696259	0,54475872	0,635331819	0,50222184	0,583915627	0,68268492
77	0,457507	0,530701023	0,618936851	0,48926183	0,568847472	0,665067988
78	0,4458513	0,517180534	0,603168407	0,47679707	0,554355138	0,648124277
79	0,4346354	0,504170224	0,587994967	0,46480266	0,540409656	0,631819916
80	0,4238374	0,491644745	0,573386967	0,45325521	0,526983853	0,61612314
81	0,4134369	0,479580303	0,559316657	0,44213281	0,514052227	0,60100413
82	0,4034145	0,467954546	0,54575797	0,43141484	0,501590818	0,586434875
83	0,3937523	0,456746461	0,532686397	0,42108192	0,489577103	0,57238904
84	0,384433	0,445936277	0,520078881	0,41111584	0,47798989	0,558841851
85	0,3754407	0,43550538	0,507913715	0,40149943	0,466809227	0,545769979
86	0,3667603	0,425436231	0,496170442	0,39221652	0,456016315	0,533151446
87	0,3583775	0,415712296	0,484829778	0,38325187	0,445593429	0,52096553
88	0,3502788	0,406317971	0,473873526	0,37459109	0,435523846	0,509192678
89	0,3424516	0,397238526	0,463284508	0,3662206	0,425791777	0,49781443
90	0,3348839	0,388460045	0,453046492	0,35812758	0,416382304	0,486813345
91	0,3275642	0,379969372	0,443144136	0,35029989	0,407281326	0,476172938
92	0,320482	0,37175406	0,433562924	0,34272606	0,398475504	0,465877611
93	0,3136269	0,363802332	0,424289119	0,33539523	0,38995221	0,455912602
94	0,3069895	0,356103029	0,415309709	0,32829712	0,381699486	0,446263931
95	0,3005606	0,348645581	0,406612364	0,32142198	0,373706001	0,436918349
96	0,2943315	0,341419962	0,398185394	0,31476057	0,365961009	0,427863292

Lampiran 1. Koefisien *Lift* (lanjutan)

V (m/s)	C _L					
	ISA 0			ISA+20		
	Sea level	5 000 ft	10 000 ft	Sea level	5 000 ft	10 000 ft
97	0,2882941	0,334416661	0,390017705	0,30830411	0,358454316	0,419086842
98	0,2824406	0,327626652	0,38209877	0,30204429	0,351176246	0,410577686
99	0,2767635	0,32104136	0,374418589	0,2959732	0,344117607	0,402325079
100	0,2712559	0,314652637	0,366967659	0,29008334	0,337269666	0,39431881
101	0,2659111	0,308452737	0,359736946	0,28436755	0,330624121	0,386549171
102	0,2607227	0,302434291	0,352717857	0,27881905	0,324173074	0,37900693
103	0,2556847	0,296590288	0,345902214	0,27343137	0,317909008	0,371683297
104	0,2507914	0,29091405	0,339282229	0,26819835	0,311824765	0,364569906
105	0,2460371	0,285399217	0,332850484	0,26311414	0,305913529	0,357658784
106	0,2414168	0,280039727	0,32659991	0,25817314	0,300168802	0,350942337
107	0,2369254	0,274829799	0,320523765	0,25337002	0,294584388	0,34441332
108	0,2325582	0,26976392	0,31461562	0,24869971	0,289154378	0,338064823
109	0,2283107	0,264836829	0,308869337	0,24415734	0,28387313	0,331890253
110	0,2241785	0,260043501	0,303279057	0,2397383	0,278735261	0,325883314
111	0,2201574	0,255379139	0,297839184	0,23543814	0,273735627	0,320037992
112	0,2162436	0,250839156	0,292544371	0,23125266	0,268869313	0,314348541
113	0,2124332	0,246419169	0,287389505	0,2271778	0,26413162	0,308809468
114	0,2087226	0,242114987	0,282369697	0,22320971	0,259518056	0,30341552
115	0,2051085	0,237922599	0,277480271	0,21934468	0,255024322	0,298161671
116	0,2015873	0,233838166	0,27271675	0,21557917	0,250646304	0,293043111
117	0,1981561	0,229858015	0,268074848	0,21190981	0,246380062	0,288055234
118	0,1948118	0,225978625	0,263550459	0,20833334	0,242221823	0,28319363
119	0,1915514	0,222196622	0,25913965	0,20484665	0,238167973	0,278454071
120	0,1883722	0,218508776	0,254838652	0,20144676	0,234215046	0,273832507

Lampiran 2. Koefisien Drag

V (m/s)	C_D					
	ISA 0			ISA+20		
	Sea level	5 000 ft	10 000 ft	Sea level	5 000 ft	10 000 ft
1	447295,6	601877,6557	818670,8612	511547,677	691518,7028	945261,989
2	27942,99	37602,28368	51149,34702	31957,8398	43203,76313	59059,9792
3	5515,348	7422,670781	10097,80692	6308,10729	8528,778328	11659,96856
4	1743,219	2346,404386	3192,467845	1993,92158	2696,225352	3686,554027
5	713,0468	959,9513356	1306,306007	815,664981	1103,154599	1508,582845
6	343,3009	462,2769984	629,1938957	392,747862	531,2880537	726,6830745
7	184,9482	249,1083727	339,1334179	211,612344	286,3274613	391,7177241
8	108,176	145,7447952	198,4667614	123,788353	167,5407307	229,2650656
9	67,36929	90,79452463	123,6738752	77,1035289	104,3866125	142,8829561
10	44,08324	59,4314233	80,97811026	50,4607157	68,33818736	93,56788002
11	30,02293	40,49000684	55,18746778	34,3719175	46,56513892	63,77640339
12	21,13331	28,51143805	38,87396635	24,1986376	32,79446241	44,93055906
13	15,29385	20,64082582	28,15255348	17,5151323	23,74533874	32,54366015
14	11,33226	15,29974359	20,87504361	12,9803181	17,60377342	24,13476041
15	8,5695	11,57379876	15,79685462	9,81734279	13,31885836	18,26642804
16	6,596295	8,911786958	12,16765985	7,55794276	10,25706422	14,07203332
17	5,157349	6,969843184	9,519319047	5,91001513	8,023146606	11,01084664
18	4,08859	5,526941041	7,550888105	4,68581849	6,363039155	8,735241902
19	3,281764	4,437227517	6,063750991	3,76147396	5,109075739	7,015781465
20	2,663764	3,602187164	4,923735099	3,05331533	4,147999943	5,697462561
21	2,18418	2,953880292	4,038296657	2,50364853	3,401700765	4,673367517
22	1,807599	2,444570194	3,342401172	2,07193952	2,815290764	3,868355807
23	1,508721	2,040145059	2,78956853	1,72922624	2,34954532	3,228720883
24	1,269191	1,715853291	2,346066866	1,45449589	1,976000665	2,715483669
25	1,075506	1,45348277	1,987071941	1,23228903	1,673711501	2,299956207
26	0,917605	1,239460873	1,694079946	1,05108573	1,42706691	1,960753021
27	0,787904	1,063553189	1,453135376	0,90220048	1,224294421	1,681743941
28	0,680622	0,91795855	1,253598475	0,77901353	1,056419611	1,450630189
29	0,591311	0,796670736	1,087275807	0,67642893	0,91653226	1,257939911
30	0,516515	0,695022367	0,947798914	0,59048715	0,799261937	1,096310299
31	0,453524	0,609355032	0,830174879	0,51808508	0,700398701	0,959968306
32	0,400199	0,536778001	0,730457557	0,45677109	0,616615653	0,844350763

Lampiran 2. Koefisien *Drag* (lanjutan)

V (m/s)	C_D					
	ISA 0			ISA+20		
	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft
33	0,354838	0,474989899	0,645504551	0,40459369	0,54526386	0,745823544
34	0,316075	0,422145597	0,572795797	0,35998849	0,484219284	0,66147193
35	0,282809	0,376755951	0,510296889	0,32169313	0,431767467	0,588942659
36	0,254146	0,337611629	0,456355234	0,28868264	0,386515917	0,526323906
37	0,229356	0,303724767	0,409620501	0,26011987	0,347327003	0,472053335
38	0,20784	0,274283942	0,36898321	0,23531732	0,313266152	0,424847124
39	0,189102	0,248619166	0,333526998	0,21370744	0,283561587	0,383644776
40	0,172732	0,2261745	0,302491247	0,19481936	0,257572806	0,347565926
41	0,158389	0,206486468	0,275241641	0,17826061	0,234765757	0,315876297
42	0,145786	0,18916696	0,251246838	0,16370262	0,21469316	0,287960729
43	0,134682	0,173889602	0,23005986	0,15086911	0,196978824	0,263301659
44	0,124873	0,16037883	0,211303183	0,13952689	0,181305069	0,241461888
45	0,116189	0,148401086	0,194656719	0,12947834	0,167402597	0,22207067
46	0,108483	0,137757696	0,179848081	0,1205554	0,155042287	0,204812466
47	0,101629	0,128279063	0,166644664	0,11261464	0,144028524	0,189417779
48	0,095521	0,119819935	0,154847172	0,10553326	0,134193734	0,175655662
49	0,090067	0,112255509	0,1442843	0,09920574	0,125393912	0,163327576
50	0,085189	0,105478227	0,134808351	0,0935412	0,117504927	0,152262314
51	0,080817	0,099395125	0,126291611	0,08846109	0,110419466	0,142311805
52	0,076892	0,09392562	0,118623336	0,08389735	0,104044493	0,13334763
53	0,073364	0,088999682	0,111707232	0,07979084	0,098299134	0,125258108
54	0,070187	0,084556288	0,105459359	0,07609004	0,093112907	0,117945865
55	0,067322	0,080542136	0,099806358	0,07274998	0,08842423	0,111325789
56	0,064735	0,076910554	0,094683968	0,06973126	0,08417917	0,105323304
57	0,062396	0,073620583	0,090035764	0,06699935	0,080330385	0,099872919
58	0,060279	0,070636199	0,085812095	0,06452387	0,076836227	0,094916991
59	0,05836	0,067925648	0,081969175	0,06227805	0,073659977	0,090404675
60	0,056619	0,065460885	0,078468308	0,06023826	0,070769194	0,086291031
61	0,055038	0,063217092	0,075275235	0,05838359	0,068135165	0,082536257
62	0,053601	0,061172263	0,072359559	0,05669551	0,065732422	0,079105036
63	0,052293	0,059306849	0,069694267	0,05515756	0,063538336	0,075965969
64	0,051102	0,057603455	0,067255302	0,05375511	0,061532764	0,073091094

Lampiran 2. Koefisien *Drag* (lanjutan)

V (m/s)	C _D					
	ISA 0			ISA+20		
	Sea level	5 000 ft	10 000 ft	Sea level	5 000 ft	10 000 ft
65	0,050017	0,056046575	0,065021211	0,05247511	0,059697747	0,070455462
66	0,049026	0,054622362	0,062972825	0,05130592	0,058017242	0,068036779
67	0,048122	0,053318435	0,061092989	0,05023713	0,0564769	0,065815089
68	0,047297	0,0521237	0,059366327	0,04925942	0,055063861	0,0637725
69	0,046542	0,051028208	0,057779039	0,04836442	0,053766588	0,061892947
70	0,045852	0,05002302	0,056318716	0,04754465	0,052574711	0,060161983
71	0,045221	0,049100093	0,054974189	0,04679334	0,051478898	0,0585666
72	0,044643	0,048252181	0,053735385	0,04610441	0,050470738	0,057095067
73	0,044114	0,047472749	0,052593215	0,0454724	0,049542643	0,055736789
74	0,04363	0,046755892	0,05153946	0,04489234	0,048687754	0,054482188
75	0,043186	0,046096272	0,050566683	0,04435977	0,047899868	0,053322592
76	0,042779	0,045489053	0,049668145	0,04387063	0,047173365	0,052250142
77	0,042407	0,044929852	0,04883773	0,04342127	0,046503148	0,051257702
78	0,042065	0,044414691	0,048069885	0,04300834	0,04588459	0,050338792
79	0,041752	0,043939955	0,047359559	0,04262883	0,045313484	0,049487514
80	0,041465	0,043502358	0,046702155	0,04228	0,044786004	0,0486985
81	0,041201	0,043098905	0,046093481	0,04195933	0,044298662	0,047966855
82	0,04096	0,042726867	0,045529717	0,04166456	0,04384828	0,047288113
83	0,04074	0,042383755	0,045007371	0,0413936	0,043431956	0,046658192
84	0,040537	0,042067296	0,044523252	0,04114456	0,043047039	0,046073361
85	0,040352	0,041775412	0,044074443	0,04091571	0,042691105	0,045530206
86	0,040183	0,0415062	0,043658269	0,04070546	0,042361933	0,045025598
87	0,040028	0,04125792	0,04327228	0,04051237	0,042057492	0,044556667
88	0,039886	0,041028976	0,042914227	0,0403351	0,041775917	0,044120781
89	0,039757	0,040817904	0,042582047	0,04017244	0,041515496	0,043715521
90	0,039639	0,040623359	0,042273842	0,04002327	0,041274658	0,043338664
91	0,039532	0,040444108	0,041987868	0,03988658	0,041051959	0,042988162
92	0,039434	0,040279014	0,041722518	0,0397614	0,04084607	0,042662133
93	0,039345	0,040127034	0,041476313	0,03964689	0,040655767	0,042358839
94	0,039265	0,039987205	0,041247889	0,03954224	0,040479922	0,042076679
95	0,039192	0,03985864	0,041035987	0,03944672	0,040317497	0,041814176
96	0,039126	0,039740523	0,040839447	0,03935964	0,040167532	0,041569963

Lampiran 2. Koefisien Drag (lanjutan)

V (m/s)	C _D					
	ISA 0			ISA+20		
	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft
97	0,039067	0,039632098	0,040657195	0,0392804	0,040029143	0,041342779
98	0,039014	0,03953267	0,040488239	0,03920841	0,03990151	0,041131457
99	0,038966	0,039441595	0,040331661	0,03914315	0,039783879	0,040934917
100	0,038924	0,039358279	0,040186611	0,03908411	0,039675548	0,040752158
101	0,038886	0,03928217	0,040052303	0,03903085	0,039575872	0,040582253
102	0,038853	0,039212759	0,039928007	0,03898295	0,03948425	0,040424342
103	0,038824	0,039149575	0,039813047	0,03894003	0,039400126	0,040277628
104	0,038798	0,039092181	0,039706794	0,03890171	0,039322984	0,040141369
105	0,038776	0,039040171	0,039608667	0,03886767	0,039252348	0,040014878
106	0,038758	0,03899317	0,039518124	0,0388376	0,039187772	0,039897515
107	0,038742	0,038950828	0,039434661	0,03881122	0,039128845	0,039788685
108	0,038729	0,038912822	0,03935781	0,03878826	0,039075184	0,039687835
109	0,038719	0,038878851	0,039287137	0,03876847	0,039026432	0,039594449
110	0,038711	0,038848635	0,039222236	0,03875162	0,038982259	0,039508047
111	0,038706	0,038821914	0,039162729	0,03873751	0,038942355	0,039428182
112	0,038702	0,038798447	0,039108265	0,03872593	0,038906435	0,039354437
113	0,0387	0,038778007	0,039058515	0,03871671	0,038874231	0,039286422
114	0,0387	0,038760386	0,039013174	0,03870967	0,038845493	0,039223775
115	0,038702	0,038745389	0,038971957	0,03870465	0,03881999	0,039166156
116	0,038705	0,038732833	0,038934596	0,03870151	0,038797505	0,039113249
117	0,038709	0,038722549	0,038900844	0,0387001	0,038777837	0,039064758
118	0,038715	0,038714379	0,038870468	0,03870031	0,038760796	0,039020406
119	0,038722	0,038708176	0,038843251	0,03870201	0,038746208	0,038979934
120	0,03873	0,038703803	0,038818989	0,03870509	0,038733906	0,0389431

Lampiran 3. Gaya Hambat

V (m/s)	D					
	ISA 0			ISA+20		
	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft
1	11369809	13182784,8	15367543,54	12159091	14130481,63	16513061,96
2	2841132	3294375,917	3840565,749	3038452,12	3531299,899	4126945,152
3	1261752	1463193,118	1705943,686	1349449,3	1568492,226	1833223,031
4	708974,47	822283,8983	958830,0436	758303,474	881513,9816	1030424,086
5	453123,52	525639,7106	613027,6337	484693,076	563546,0665	658847,0252
6	314149,19	364505,199	425189,098	336071,219	390827,924	457007,1153
7	230358,75	267351,944	311933,3333	246463,191	286689,7177	335308,6203
8	175982,44	204301,695	238431,0855	188310,592	219105,5677	256326,3621
9	138709,29	161080,7414	188043,4053	148447,97	172775,7781	202181,2428
10	112055,22	130171,2493	152006,7091	119941,202	139642,138	163456,5039
11	92341,523	107308,0152	125349,024	98856,2477	115132,8639	134809,597
12	77355,039	89925,02276	105079,1294	82826,326	96497,49565	113026,3572
13	65699,501	76403,40527	89309,90265	70358,2643	82000,80358	96079,00939
14	56458,727	65680,91065	76803,07034	60472,2875	70504,1816	82636,98797
15	49011,336	57037,09351	66718,80495	52503,8879	61235,39914	71797,87069
16	42923,838	49969,35031	58471,21857	45989,4858	53655,72586	62932,10173
17	37886,359	44118,4038	51641,49956	40597,6996	47380,05987	55589,65423
18	33672,632	39221,91405	45923,83671	36086,5581	42127,20444	49441,92398
19	30114,32	35084,70596	41090,71325	32276,0405	37687,95539	44244,43674
20	27084,088	31559,14344	36970,0289	29029,9735	33904,06464	39812,26512
21	24484,177	28531,88221	33429,65758	26243,8134	30654,04083	36003,43528
22	22238,53	25914,73759	30366,80187	23836,2223	27843,36057	32707,48801
23	20287,253	23638,26851	27700,51391	21743,1509	25397,59145	29837,4422
24	18582,667	21647,1924	25366,35047	19913,6089	23257,47722	27324,05147
25	17086,43	19897,05713	23312,49346	18306,5956	21375,37055	25111,63557
26	15767,432	18351,7912	21496,89409	16888,8402	19712,60713	23155,0117
27	14600,213	16981,87673	19885,14322	15633,1168	18237,54738	21417,2061
28	13563,779	15762,97097	18448,86433	14516,9726	16924,0988	19867,72729
29	12640,691	14674,85443	17164,48746	13521,7579	15750,58853	18481,24856
30	11816,365	13700,62036	16012,30433	12631,8789	14698,89458	17236,5927
31	11078,534	12826,04416	14975,7332	11834,2153	13753,76989	16115,94211
32	10416,816	12039,0885	14040,74209	11117,6644	12902,31189	15104,21896

Lampiran 3. Gaya Hambat (lanjutan)

V (m/s)	D					
	ISA 0			ISA+20		
	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft
33	9822,377	11329,51179	13195,39234	10472,7798	12133,54284	14188,59475
34	9287,6635	10688,55606	12429,47473	9891,48357	11438,07526	13358,09936
35	8806,1853	10108,69634	11734,21735	9366,83497	10807,84328	12603,30706
36	8372,3409	9583,438064	11102,04943	8892,8437	10235,8855	11916,08284
37	7981,2754	9107,152259	10526,40927	8464,31784	9716,168358	11289,37591
38	7628,7641	8674,940738	10001,587	8076,73951	9243,441577	10717,05086
39	7311,117	8282,525123	9522,595311	7726,16253	8813,119254	10193,74862
40	7025,0994	7926,155057	9085,062377	7409,12773	8421,181461	9714,771545
41	6767,8661	7602,531895	8685,142951	7122,59259	8064,092447	9275,987788
42	6536,9069	7308,744955	8319,444032	6863,8724	7738,73231	8873,751456
43	6329,9997	7042,218018	7984,962509	6630,59099	7442,339659	8504,835608
44	6145,1722	6800,664256	7679,03261	6420,63908	7172,463286	8166,375785
45	5980,6686	6582,048071	7399,28143	6232,13913	6926,921277	7855,82222
46	5834,922	6384,552697	7143,591151	6063,41543	6703,766279	7570,89925
47	5706,5304	6206,55256	6910,066834	5912,96861	6501,255871	7309,5707
48	5594,2363	6046,589635	6697,008847	5779,45386	6317,827226	7070,01026
49	5496,909	5903,353137	6502,889204	5661,66218	6152,075343	6850,57606
50	5413,53	5775,662038	6326,331173	5558,50422	6002,734301	6649,788753
51	5343,1796	5662,449951	6166,091658	5468,99641	5868,661061	6466,312595
52	5285,0254	5562,752026	6021,045931	5392,2488	5748,821422	6298,939026
53	5238,3132	5475,693575	5890,17436	5327,45462	5642,277822	6146,572419
54	5202,3577	5400,480137	5772,550839	5273,8811	5548,178696	6008,217644
55	5176,5354	5336,388816	5667,332682	5230,86146	5465,749186	5882,969206
56	5160,2781	5282,760677	5573,751766	5197,78794	5394,282994	5770,00173
57	5153,0666	5238,994074	5491,106749	5174,1056	5333,135227	5668,561603
58	5154,4267	5204,538777	5418,756223	5159,30693	5281,716105	5577,959612
59	5163,9234	5178,890786	5356,112674	5152,92707	5239,485402	5497,564452
60	5181,158	5161,587749	5302,637134	5154,53956	5205,947532	5426,796984
61	5205,7643	5152,204898	5257,83445	5163,75261	5180,647194	5365,12515
62	5237,405	5150,351441	5221,249072	5180,20578	5163,165507	5312,059449
63	5275,7698	5155,667355	5192,46132	5203,567	5153,11657	5267,148918
64	5320,5721	5167,820521	5171,08404	5233,52993	5150,14439	5229,977548

Lampiran 3. Gaya Hambat (lanjutan)

V (m/s)	D					
	ISA 0			ISA+20		
	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft
65	5371,5474	5186,504169	5156,759629	5269,81162	5153,920147	5200,161084
66	5428,4509	5211,434592	5149,15737	5312,15039	5164,139744	5177,344157
67	5491,0562	5242,349098	5147,971037	5360,30395	5180,521603	5161,197721
68	5559,1531	5279,004164	5152,916757	5414,04768	5202,8047	5151,416743
69	5632,5468	5321,173788	5163,731077	5473,17314	5230,746785	5147,718134
70	5711,0561	5368,647993	5180,169226	5537,48663	5264,12279	5149,838879
71	5794,5126	5421,231484	5202,003547	5606,80804	5302,723382	5157,534355
72	5882,7595	5478,742434	5229,022084	5680,96965	5346,353665	5170,576807
73	5975,6506	5541,011385	5261,027298	5759,81516	5394,831998	5188,753972
74	6073,0495	5607,880248	5297,834905	5843,19876	5447,988932	5211,867832
75	6174,829	5679,201406	5339,272825	5930,9843	5505,666237	5239,733481
76	6280,8701	5754,836887	5385,180224	6023,0445	5567,716025	5272,178099
77	6391,0614	5834,657621	5435,406644	6119,26033	5633,999947	5309,040012
78	6505,2987	5918,542756	5489,81121	6219,52032	5704,388467	5350,167845
79	6623,4843	6006,379044	5548,261903	6323,72001	5778,760193	5395,419742
80	6745,5266	6098,060266	5610,634908	6431,76143	5857,001275	5444,662657
81	6871,3396	6193,486724	5676,814003	6543,55261	5939,004846	5497,771705
82	7000,8425	6292,564757	5746,690008	6659,00719	6024,670513	5554,629572
83	7133,9595	6395,206314	5820,160282	6778,04393	6113,903898	5615,125964
84	7270,6189	6501,328556	5897,128258	6900,58643	6206,616205	5679,157117
85	7410,7537	6610,853484	5977,503012	7026,56275	6302,723829	5746,625332
86	7554,3003	6723,70761	6061,19888	7155,90511	6402,148002	5817,438557
87	7701,1991	6839,821644	6148,13509	7288,54959	6504,814451	5891,510002
88	7851,3936	6959,130212	6238,235432	7424,4359	6610,653103	5968,757778
89	8004,8306	7081,571588	6331,427957	7563,50711	6719,597797	6049,10457
90	8161,4598	7207,087461	6427,644688	7705,70943	6831,586029	6132,477337
91	8321,2336	7335,622704	6526,821362	7850,99201	6946,55871	6218,807027
92	8484,1072	7467,125168	6628,897192	7999,30676	7064,459942	6308,02832
93	8650,0379	7601,545495	6733,814639	8150,60815	7185,236821	6400,07939
94	8818,9853	7738,836937	6841,51921	8304,85305	7308,839238	6494,901681
95	8990,9113	7878,955195	6951,959264	8462,00062	7435,219708	6592,439705
96	9165,7797	8021,858263	7065,085835	8622,01211	7564,333208	6692,640845

Lampiran 3. Gaya Hambat (lanjutan)

V (m/s)	D					
	ISA 0			ISA+20		
	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft
97	9343,5561	8167,506291	7180,852468	8784,85075	7696,137022	6795,455185
98	9524,2078	8315,86145	7299,215069	8950,48167	7830,590604	6900,835342
99	9707,7039	8466,887813	7420,131755	9118,87171	7967,655442	7008,736314
100	9894,015	8620,55124	7543,562729	9289,9894	8107,294943	7119,115337
101	10083,113	8776,819274	7669,470156	9463,8048	8249,474317	7231,931755
102	10274,971	8935,661038	7797,818042	9640,28942	8394,160468	7347,146893
103	10469,564	9097,047149	7928,572137	9819,41616	8541,321901	7464,723947
104	10666,868	9260,949629	8061,699826	10001,1592	8690,928627	7584,627871
105	10866,86	9427,341828	8197,170041	10185,494	8842,95208	7706,825282
106	11069,518	9596,198343	8334,953173	10372,3971	8997,365031	7831,284363
107	11274,821	9767,494956	8475,020988	10561,8462	9154,141521	7957,974778
108	11482,749	9941,208564	8617,346555	10753,8199	9313,256787	8086,867588
109	11693,283	10117,31712	8761,904173	10948,298	9474,687195	8217,935175
110	11906,405	10295,79957	8908,669302	11145,261	9638,410182	8351,151171
111	12122,098	10476,63581	9057,618505	11344,6903	9804,404195	8486,490391
112	12340,344	10659,80662	9208,729383	11546,5683	9972,64864	8623,928769
113	12561,129	10845,29365	9361,980528	11750,8779	10143,12383	8763,443298
114	12784,437	11033,07931	9517,351463	11957,6031	10315,81094	8905,011978
115	13010,254	11223,14682	9674,822599	12166,7283	10490,69195	9048,613759
116	13238,565	11415,48008	9834,375188	12378,2386	10667,74963	9194,228495
117	13469,357	11610,06371	9995,99128	12592,1199	10846,96748	9341,836898
118	13702,618	11806,88294	10159,65368	12808,3585	11028,32967	9491,420494
119	13938,336	12005,92364	10325,34592	13026,9415	11211,82106	9642,96158
120	14176,498	12207,17228	10493,0522	13247,8563	11397,42714	9796,44319

Lampiran 4. Power Required

V (m/s)	P_r					
	ISA 0			ISA+20		
	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft
1	11369809	13182784,8	15367543,54	12159091	14130481,63	16513061,96
2	5682264	6588751,835	7681131,497	6076904,23	7062599,798	8253890,304
3	3785255,9	4389579,354	5117831,058	4048347,89	4705476,678	5499669,094
4	2835897,9	3289135,593	3835320,175	3033213,9	3526055,926	4121696,344
5	2265617,6	2628198,553	3065138,168	2423465,38	2817730,333	3294235,126
6	1884895,1	2187031,194	2551134,588	2016427,31	2344967,544	2742042,692
7	1612511,3	1871463,608	2183533,333	1725242,34	2006828,024	2347160,342
8	1407859,5	1634413,56	1907448,684	1506484,74	1752844,542	2050610,897
9	1248383,6	1449726,672	1692390,647	1336031,73	1554982,003	1819631,185
10	1120552,2	1301712,493	1520067,091	1199412,02	1396421,38	1634565,039
11	1015756,8	1180388,167	1378839,264	1087418,72	1266461,502	1482905,567
12	928260,46	1079100,273	1260949,552	993915,912	1157969,948	1356316,286
13	854093,51	993244,2685	1161028,734	914657,436	1066010,447	1249027,122
14	790422,17	919532,7491	1075242,985	846612,025	987058,5424	1156917,832
15	735170,04	855556,4026	1000782,074	787558,318	918530,9871	1076968,06
16	686781,41	799509,6049	935539,4971	735831,773	858491,6137	1006913,628
17	644068,1	750012,8646	877905,4925	690160,893	805461,0179	945024,1219
18	606107,37	705994,4529	826629,0607	649558,047	758289,6798	889954,6316
19	572172,07	666609,4133	780723,5517	613244,769	716071,1524	840644,2981
20	541681,75	631182,8687	739400,578	580599,47	678081,2929	796245,3023
21	514167,73	599169,5265	702022,8092	551120,08	643734,8574	756072,1408
22	489247,66	570124,2269	668069,6411	524396,89	612553,9326	719564,7363
23	466606,83	543680,1757	637111,8199	500092,47	584144,6035	686261,1706
24	445984	519532,6175	608792,4113	477926,613	558179,4532	655777,2352
25	427160,74	497426,4284	582812,3366	457664,89	534384,2637	627790,8893
26	409953,22	477146,5711	558919,2463	439109,846	512527,7853	602030,3041
27	394205,76	458510,6718	536898,8668	422094,154	492413,7793	578264,5648
28	379785,82	441363,1871	516568,2012	406475,232	473874,7663	556296,3642
29	366580,03	425570,7784	497770,1365	392130,98	456767,0673	535956,2083
30	354490,96	411018,6109	480369,1298	378956,367	440966,8374	517097,781
31	343434,57	397607,3691	464247,7291	366860,674	426366,8666	499594,2054
32	333338,11	385250,8319	449303,747	355765,261	412873,9805	483335,0067

Lampiran 4. Power Required (lanjutan)

V (m/s)	P_r					
	ISA 0			ISA+20		
	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft
33	324138,44	373873,8889	435447,9474	345601,734	400406,9138	468223,6268
34	315780,56	363410,906	422602,1409	336310,441	388894,5589	454175,3781
35	308216,49	353804,372	410697,6072	327839,224	378274,5149	441115,7473
36	301404,27	345003,7703	399673,7795	320142,373	368491,8781	428978,9823
37	295307,19	336964,6336	389477,1429	313179,76	359498,2292	417706,9088
38	289893,04	329647,748	380060,3061	306916,101	351250,7799	407247,9325
39	285133,56	323018,4798	371381,2171	301320,339	343711,6509	397556,1961
40	281003,97	317046,2023	363402,4951	296365,109	336847,2584	388590,8618
41	277482,51	311703,8077	356090,861	292026,296	330627,7903	380315,4993
42	274550,09	306967,2881	349416,6493	288282,641	325026,757	372697,5612
43	272189,99	302815,3748	343353,3879	285115,413	320020,6053	365707,9312
44	270387,58	299229,2272	337877,4349	282508,12	315588,3846	359320,5345
45	269130,09	296192,1632	332967,6643	280446,261	311711,4575	353511,9999
46	268406,41	293689,4241	328605,193	278917,11	308373,2488	348261,3655
47	268206,93	291707,9703	324773,1412	277909,525	305559,0259	343549,8229
48	268523,34	290236,3025	321456,4247	277413,785	303255,7069	339360,4925
49	269348,54	289264,3037	318641,571	277421,447	301451,6918	335678,2269
50	270676,5	288783,1019	316316,5587	277925,211	300136,7151	332489,4377
51	272502,16	288784,9475	314470,6746	278918,817	299301,7141	329781,9423
52	274821,32	289263,1054	313094,3884	280396,938	298938,7139	327544,8294
53	277630,6	290211,7595	312179,2411	282355,095	299040,7245	325768,3382
54	280927,32	291625,9274	311717,7453	284789,579	299601,6496	324443,7528
55	284709,45	293501,3849	311703,2975	287697,38	300616,2052	323563,3063
56	288975,57	295834,5979	312130,0989	291076,124	302079,8476	323120,0969
57	293724,8	298622,6622	312993,0847	294924,019	303988,7079	323108,0114
58	298956,75	301863,249	314287,8609	299239,802	306339,5341	323521,6575
59	304671,48	305554,5564	316010,6478	304022,697	309129,6387	324356,3026
60	310869,48	309695,2649	318158,2281	309272,373	312356,8519	325607,8191
61	317551,62	314284,4987	320727,9014	314988,909	316019,4788	327272,6342
62	324719,11	319321,7893	323717,4425	321172,758	320116,2615	329347,6858
63	332373,5	324807,0434	327125,0632	327824,721	324646,3439	331830,3818
64	340516,61	330740,5133	330949,3786	334945,915	329609,2409	334718,5631

Lampiran 4. Power Required (lanjutan)

V (m/s)	P _r					
	ISA 0			ISA+20		
	Sea level	5 000 ft	10 000 ft	Sea level	5 000 ft	10 000 ft
65	349150,58	337122,771	335189,3759	342537,755	335004,8096	338010,4704
66	358277,76	343954,6831	339844,3864	350601,926	340833,2231	341704,7144
67	367900,76	351237,3896	344914,0595	359140,365	347094,9474	345800,2473
68	378022,41	358972,2832	350398,3395	368155,243	353790,7196	350296,3385
69	388645,73	367160,9914	356297,4443	377648,946	360921,5282	355192,5512
70	399773,93	375805,3595	362611,8458	387624,064	368488,5953	360488,7215
71	411410,39	384907,4354	369342,2519	398083,371	376493,3601	366184,9392
72	423558,68	394469,4553	376489,5901	409029,815	384937,4638	372281,5301
73	436222,49	404493,8311	384054,9927	420466,507	393822,7359	378779,0399
74	449405,67	414983,1384	392039,7829	432396,708	403151,181	385678,2195
75	463112,18	425940,1055	400445,4619	444823,822	412924,9678	392980,0111
76	477346,13	437367,6034	409273,697	457751,382	423146,4179	400685,5355
77	492111,73	449268,6368	418526,3116	471183,046	433817,9959	408796,0809
78	507413,3	461646,335	428205,2744	485122,585	444942,3004	417313,0919
79	523255,26	474503,9445	438312,6904	499573,881	456522,0553	426238,1596
80	539642,13	487844,8213	448850,7927	514540,914	468560,102	435573,0125
81	556578,51	501672,4246	459821,9342	530027,762	481059,3925	445319,5081
82	574069,09	515990,31	471228,5806	546038,589	494022,9821	455479,6249
83	592118,64	530802,1241	483073,3034	562577,646	507454,0235	466055,455
84	610731,99	546111,5987	495358,7736	579649,26	521355,7612	477049,1978
85	629914,06	561922,5461	508087,7561	597257,834	535731,5255	488463,1532
86	649669,83	578238,8545	521263,1037	615407,839	550584,7281	500299,7159
87	670004,32	595064,4831	534887,7528	634103,814	565918,8572	512561,3702
88	690922,64	612403,4586	548964,718	653350,359	581737,473	525250,6845
89	712429,92	630259,8714	563497,0882	673152,133	598044,2039	538370,3068
90	734531,38	648637,8715	578488,0219	693513,849	614842,7426	551922,9604
91	757232,26	667541,666	593940,7439	714440,273	632136,8426	565911,4394
92	780537,86	686975,5154	609858,5417	735936,222	649930,3147	580338,6054
93	804453,52	706943,731	626244,7614	758006,558	668227,0244	595207,3833
94	828984,62	727450,6721	643102,8057	780656,187	687030,8884	610520,758
95	854136,58	748500,7435	660436,13	803890,059	706345,8723	626281,7719
96	879914,85	770098,3933	678248,2401	827713,162	726175,988	642493,5211

Lampiran 4. Power Required (lanjutan)

V (m/s)	P _r					
	ISA 0			ISA+20		
	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft
97	906324,94	792248,1102	696542,6894	852130,523	746525,2912	659159,1529
98	933372,37	814954,4221	715323,0767	877147,203	767397,8791	676281,8635
99	961062,69	838221,8935	734593,0437	902768,3	788797,8887	693864,8951
100	989401,5	862055,124	754356,2729	928998,94	810729,4943	711911,5337
101	1018394,4	886458,7466	774616,4857	955844,284	833196,906	730425,1072
102	1048047,1	911437,4258	795377,4403	983309,52	856204,3677	749408,9831
103	1078365,1	936995,8563	816642,9301	1011399,86	879756,1558	768866,5665
104	1109354,3	963138,7614	838416,7819	1040120,56	903856,5773	788801,2986
105	1141020,3	989870,8919	860702,8543	1069476,87	928509,9683	809216,6546
106	1173368,9	1017197,024	883505,0363	1099474,1	953720,6933	830116,1425
107	1206405,8	1045121,96	906827,2457	1130117,54	979493,1428	851503,3013
108	1240136,9	1073650,525	930673,428	1161412,55	1005831,733	873381,6995
109	1274567,9	1102787,566	955047,5549	1193364,48	1032740,904	895754,934
110	1309704,6	1132537,953	979953,6233	1225978,71	1060225,12	918626,6288
111	1345552,8	1162906,575	1005395,654	1259260,62	1088288,866	942000,4334
112	1382118,6	1193898,342	1031377,691	1293215,64	1116936,648	965880,0221
113	1419407,6	1225518,182	1057903,8	1327849,21	1146172,993	990269,0927
114	1457425,8	1257771,042	1084978,067	1363166,75	1176002,447	1015171,365
115	1496179,2	1290661,884	1112604,599	1399173,75	1206429,575	1040590,582
116	1535673,5	1324195,69	1140787,522	1435875,68	1237458,958	1066530,505
117	1575914,8	1358377,454	1169530,98	1473278,02	1269095,195	1092994,917
118	1616909	1393212,187	1198839,134	1511386,3	1301342,901	1119987,618
119	1658662	1428704,914	1228716,164	1550206,04	1334206,707	1147512,428
120	1701179,8	1464860,674	1259166,264	1589742,75	1367691,257	1175573,183

Lampiran 5. Specific Fuel Consumption

V (m/s)	SFC					
	ISA 0			ISA+20		
	Sea level	5 000 ft	10 000 ft	Sea level	5 000 ft	10 000 ft
1	0,00008995	0,00007996	0,00007994	0,00008991	0,00008992	0,00007993
2	0,0000899	0,00007992	0,00007988	0,00008982	0,00008984	0,00007986
3	0,00008985	0,00007988	0,00007982	0,00008973	0,00008976	0,00007979
4	0,0000898	0,00007984	0,00007976	0,00008964	0,00008968	0,00007972
5	0,00008975	0,0000798	0,0000797	0,00008955	0,0000896	0,00007965
6	0,0000897	0,00007976	0,00007964	0,00008946	0,00008952	0,00007958
7	0,00008965	0,00007972	0,00007958	0,00008937	0,00008944	0,00007951
8	0,0000896	0,00007968	0,00007952	0,00008928	0,00008936	0,00007944
9	0,00008955	0,00007964	0,00007946	0,00008919	0,00008928	0,00007937
10	0,0000895	0,0000796	0,0000794	0,0000891	0,0000892	0,0000793
11	0,00008945	0,00007956	0,00007934	0,00008901	0,00008912	0,00007923
12	0,0000894	0,00007952	0,00007928	0,00008892	0,00008904	0,00007916
13	0,00008935	0,00007948	0,00007922	0,00008883	0,00008896	0,00007909
14	0,0000893	0,00007944	0,00007916	0,00008874	0,00008888	0,00007902
15	0,00008925	0,0000794	0,0000791	0,00008865	0,0000888	0,00007895
16	0,0000892	0,00007936	0,00007904	0,00008856	0,00008872	0,00007888
17	0,00008915	0,00007932	0,00007898	0,00008847	0,00008864	0,00007881
18	0,0000891	0,00007928	0,00007892	0,00008838	0,00008856	0,00007874
19	0,00008905	0,00007924	0,00007886	0,00008829	0,00008848	0,00007867
20	0,000089	0,0000792	0,0000788	0,0000882	0,0000884	0,0000786
21	0,00008895	0,00007916	0,00007874	0,00008811	0,00008832	0,00007853
22	0,0000889	0,00007912	0,00007868	0,00008802	0,00008824	0,00007846
23	0,00008885	0,00007908	0,00007862	0,00008793	0,00008816	0,00007839
24	0,0000888	0,00007904	0,00007856	0,00008784	0,00008808	0,00007832
25	0,00008875	0,000079	0,0000785	0,00008775	0,000088	0,00007825
26	0,0000887	0,00007896	0,00007844	0,00008766	0,00008792	0,00007818
27	0,00008865	0,00007892	0,00007838	0,00008757	0,00008784	0,00007811
28	0,0000886	0,00007888	0,00007832	0,00008748	0,00008776	0,00007804
29	0,00008855	0,00007884	0,00007826	0,00008739	0,00008768	0,00007797
30	0,0000885	0,0000788	0,0000782	0,0000873	0,0000876	0,0000779
31	0,00008845	0,00007876	0,00007814	0,00008721	0,00008752	0,00007783
32	0,0000884	0,00007872	0,00007808	0,00008712	0,00008744	0,00007776

Lampiran 5. Specific Fuel Consumption (lanjutan)

V (m/s)	SFC					
	ISA 0			ISA+20		
	Sea level	5 000 ft	10 000 ft	Sea level	5 000 ft	10 000 ft
33	0,00008835	0,00007868	0,00007802	0,00008703	0,00008736	0,00007769
34	0,0000883	0,00007864	0,00007796	0,00008694	0,00008728	0,00007762
35	0,00008825	0,0000786	0,0000779	0,00008685	0,0000872	0,00007755
36	0,0000882	0,00007856	0,00007784	0,00008676	0,00008712	0,00007748
37	0,00008815	0,00007852	0,00007778	0,00008667	0,00008704	0,00007741
38	0,0000881	0,00007848	0,00007772	0,00008658	0,00008696	0,00007734
39	0,00008805	0,00007844	0,00007766	0,00008649	0,00008688	0,00007727
40	0,000088	0,0000784	0,0000776	0,0000864	0,0000868	0,0000772
41	0,00008795	0,00007836	0,00007754	0,00008631	0,00008672	0,00007713
42	0,0000879	0,00007832	0,00007748	0,00008622	0,00008664	0,00007706
43	0,00008785	0,00007828	0,00007742	0,00008613	0,00008656	0,00007699
44	0,0000878	0,00007824	0,00007736	0,00008604	0,00008648	0,00007692
45	0,00008775	0,0000782	0,0000773	0,00008595	0,0000864	0,00007685
46	0,0000877	0,00007816	0,00007724	0,00008586	0,00008632	0,00007678
47	0,00008765	0,00007812	0,00007718	0,00008577	0,00008624	0,00007671
48	0,0000876	0,00007808	0,00007712	0,00008568	0,00008616	0,00007664
49	0,00008755	0,00007804	0,00007706	0,00008559	0,00008608	0,00007657
50	0,0000875	0,000078	0,000077	0,0000855	0,000086	0,0000765
51	0,00008745	0,00007796	0,00007694	0,00008541	0,00008592	0,00007643
52	0,0000874	0,00007792	0,00007688	0,00008532	0,00008584	0,00007636
53	0,00008735	0,00007788	0,00007682	0,00008523	0,00008576	0,00007629
54	0,0000873	0,00007784	0,00007676	0,00008514	0,00008568	0,00007622
55	0,00008725	0,0000778	0,0000767	0,00008505	0,0000856	0,00007615
56	0,0000872	0,00007776	0,00007664	0,00008496	0,00008552	0,00007608
57	0,00008715	0,00007772	0,00007658	0,00008487	0,00008544	0,00007601
58	0,0000871	0,00007768	0,00007652	0,00008478	0,00008536	0,00007594
59	0,00008705	0,00007764	0,00007646	0,00008469	0,00008528	0,00007587
60	0,000087	0,0000776	0,0000764	0,0000846	0,0000852	0,0000758
61	0,00008695	0,00007756	0,00007634	0,00008451	0,00008512	0,00007573
62	0,0000869	0,00007752	0,00007628	0,00008442	0,00008504	0,00007566
63	0,00008685	0,00007748	0,00007622	0,00008433	0,00008496	0,00007559
64	0,0000868	0,00007744	0,00007616	0,00008424	0,00008488	0,00007552

Lampiran 5. Specific Fuel Consumption (lanjutan)

V (m/s)	SFC					
	ISA 0			ISA+20		
	Sea level	5 000 ft	10 000 ft	Sea level	5 000 ft	10 000 ft
65	0,00008675	0,0000774	0,0000761	0,00008415	0,0000848	0,00007545
66	0,0000867	0,00007736	0,00007604	0,00008406	0,00008472	0,00007538
67	0,00008665	0,00007732	0,00007598	0,00008397	0,00008464	0,00007531
68	0,0000866	0,00007728	0,00007592	0,00008388	0,00008456	0,00007524
69	0,00008655	0,00007724	0,00007586	0,00008379	0,00008448	0,00007517
70	0,0000865	0,0000772	0,0000758	0,0000837	0,0000844	0,0000751
71	0,00008645	0,00007716	0,00007574	0,00008361	0,00008432	0,00007503
72	0,0000864	0,00007712	0,00007568	0,00008352	0,00008424	0,00007496
73	0,00008635	0,00007708	0,00007562	0,00008343	0,00008416	0,00007489
74	0,0000863	0,00007704	0,00007556	0,00008334	0,00008408	0,00007482
75	0,00008625	0,000077	0,0000755	0,00008325	0,000084	0,00007475
76	0,0000862	0,00007696	0,00007544	0,00008316	0,00008392	0,00007468
77	0,00008615	0,00007692	0,00007538	0,00008307	0,00008384	0,00007461
78	0,0000861	0,00007688	0,00007532	0,00008298	0,00008376	0,00007454
79	0,00008605	0,00007684	0,00007526	0,00008289	0,00008368	0,00007447
80	0,000086	0,0000768	0,0000752	0,0000828	0,0000836	0,0000744
81	0,00008595	0,00007676	0,00007514	0,00008271	0,00008352	0,00007433
82	0,0000859	0,00007672	0,00007508	0,00008262	0,00008344	0,00007426
83	0,00008585	0,00007668	0,00007502	0,00008253	0,00008336	0,00007419
84	0,0000858	0,00007664	0,00007496	0,00008244	0,00008328	0,00007412
85	0,00008575	0,0000766	0,0000749	0,00008235	0,0000832	0,00007405
86	0,0000857	0,00007656	0,00007484	0,00008226	0,00008312	0,00007398
87	0,00008565	0,00007652	0,00007478	0,00008217	0,00008304	0,00007391
88	0,0000856	0,00007648	0,00007472	0,00008208	0,00008296	0,00007384
89	0,00008555	0,00007644	0,00007466	0,00008199	0,00008288	0,00007377
90	0,0000855	0,0000764	0,0000746	0,0000819	0,0000828	0,0000737
91	0,00008545	0,00007636	0,00007454	0,00008181	0,00008272	0,00007363
92	0,0000854	0,00007632	0,00007448	0,00008172	0,00008264	0,00007356
93	0,00008535	0,00007628	0,00007442	0,00008163	0,00008256	0,00007349
94	0,0000853	0,00007624	0,00007436	0,00008154	0,00008248	0,00007342
95	0,00008525	0,0000762	0,0000743	0,00008145	0,0000824	0,00007335
96	0,0000852	0,00007616	0,00007424	0,00008136	0,00008232	0,00007328

Lampiran 5. Specific Fuel Consumption (lanjutan)

V (m/s)	SFC					
	ISA 0			ISA+20		
	Sea level	5 000 ft	10 000 ft	Sea level	5 000 ft	10 000 ft
97	0,00008515	0,00007612	0,00007418	0,00008127	0,00008224	0,00007321
98	0,0000851	0,00007608	0,00007412	0,00008118	0,00008216	0,00007314
99	0,00008505	0,00007604	0,00007406	0,00008109	0,00008208	0,00007307
100	0,000085	0,000076	0,000074	0,000081	0,000082	0,000073
101	0,00008495	0,00007596	0,00007394	0,00008091	0,00008192	0,00007293
102	0,0000849	0,00007592	0,00007388	0,00008082	0,00008184	0,00007286
103	0,00008485	0,00007588	0,00007382	0,00008073	0,00008176	0,00007279
104	0,0000848	0,00007584	0,00007376	0,00008064	0,00008168	0,00007272
105	0,00008475	0,0000758	0,0000737	0,00008055	0,0000816	0,00007265
106	0,0000847	0,00007576	0,00007364	0,00008046	0,00008152	0,00007258
107	0,00008465	0,00007572	0,00007358	0,00008037	0,00008144	0,00007251
108	0,0000846	0,00007568	0,00007352	0,00008028	0,00008136	0,00007244
109	0,00008455	0,00007564	0,00007346	0,00008019	0,00008128	0,00007237
110	0,0000845	0,0000756	0,0000734	0,0000801	0,0000812	0,0000723
111	0,00008445	0,00007556	0,00007334	0,00008001	0,00008112	0,00007223
112	0,0000844	0,00007552	0,00007328	0,00007992	0,00008104	0,00007216
113	0,00008435	0,00007548	0,00007322	0,00007983	0,00008096	0,00007209
114	0,0000843	0,00007544	0,00007316	0,00007974	0,00008088	0,00007202
115	0,00008425	0,0000754	0,0000731	0,00007965	0,0000808	0,00007195
116	0,0000842	0,00007536	0,00007304	0,00007956	0,00008072	0,00007188
117	0,00008415	0,00007532	0,00007298	0,00007947	0,00008064	0,00007181
118	0,0000841	0,00007528	0,00007292	0,00007938	0,00008056	0,00007174
119	0,00008405	0,00007524	0,00007286	0,00007929	0,00008048	0,00007167
120	0,000084	0,0000752	0,0000728	0,0000792	0,0000804	0,0000716

Lampiran 6. *Specific Air Range*

V (m/s)	SAR					
	ISA 0			ISA+20		
	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft
1	0,00097779	0,000948681	0,000814013	0,000914726	0,000787022	0,000757639
2	0,003915154	0,003798144	0,003259618	0,003664161	0,003152069	0,003034185
3	0,008820799	0,008555793	0,007343846	0,008258587	0,007102885	0,006836538
4	0,015706994	0,015232026	0,013075949	0,014711437	0,012649553	0,012173535
5	0,024589457	0,023840148	0,02046735	0,023039211	0,01980444	0,019055907
6	0,03548719	0,034396252	0,029531576	0,033261343	0,028582114	0,027496227
7	0,048422253	0,046919067	0,040284157	0,045400034	0,038999235	0,037508831
8	0,063419477	0,061429744	0,052742505	0,059480015	0,051074418	0,049109724
9	0,080506116	0,077951617	0,066925763	0,075528276	0,06482805	0,062316458
10	0,099711417	0,096509899	0,082854622	0,093573721	0,080282087	0,077147988
11	0,121066119	0,117131327	0,100551105	0,113646765	0,0974598	0,093624505
12	0,144601858	0,139843753	0,120038316	0,135778857	0,116385481	0,111767229
13	0,170350484	0,164675665	0,141340149	0,16000193	0,13708411	0,131598188
14	0,198343267	0,191655638	0,16448096	0,186347761	0,159580962	0,153139948
15	0,228610004	0,220811715	0,189485184	0,214847248	0,183901165	0,176415322
16	0,261178002	0,252170708	0,216376915	0,24552959	0,210069205	0,201447027
17	0,296070941	0,285757411	0,245179427	0,278421358	0,238108362	0,228257313
18	0,333307616	0,321593731	0,275914649	0,313545477	0,268040088	0,25686754
19	0,372900547	0,359697726	0,308602576	0,350920089	0,299883319	0,28729772
20	0,414854477	0,400082551	0,343260628	0,390557314	0,333653717	0,319566
21	0,459164738	0,442755324	0,379902946	0,432461906	0,369362846	0,353688111
22	0,505815529	0,487715891	0,418539637	0,476629819	0,407017281	0,38967676
23	0,554778104	0,534955526	0,459175951	0,523046677	0,446617654	0,427540977
24	0,606008898	0,584455556	0,501811416	0,571686188	0,488157639	0,467285416
25	0,659447633	0,636185933	0,546438909	0,622508501	0,531622895	0,508909612
26	0,715015446	0,690103772	0,593043702	0,675458554	0,576989957	0,552407198
27	0,772613082	0,746151883	0,641602456	0,730464438	0,624225117	0,597765087
28	0,832119231	0,80425732	0,692082207	0,787435826	0,673283286	0,644962626
29	0,893389059	0,864329991	0,744439342	0,846262513	0,724106878	0,693970737
30	0,956253028	0,926261366	0,798618583	0,906813136	0,776624735	0,744751048
31	1,020516081	0,989923334	0,854552008	0,968934116	0,830751123	0,797255035
32	1,085957274	1,055167261	0,91215813	1,032448917	0,886384831	0,851423191

Lampiran 6. *Specific Air Range* (lanjutan)

V (m/s)	SAR					
	ISA 0			ISA+20		
	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft	<i>Sea level</i>	5 000 ft	10 000 ft
33	1,152329942	1,121823293	0,971341057	1,097157671	0,943408417	0,907184234
34	1,21936247	1,189699984	1,031989774	1,162837236	1,001687634	0,964454385
35	1,286759743	1,25858428	1,093977561	1,229241768	1,061071077	1,023136741
36	1,3542053	1,328241927	1,157161607	1,296103841	1,12139009	1,083120745
37	1,421364239	1,398418342	1,221382828	1,363136167	1,182458986	1,14428182
38	1,487886842	1,468839994	1,286465935	1,430033931	1,244075588	1,206481149
39	1,553412893	1,539216298	1,352219784	1,496477746	1,306022145	1,269565664
40	1,617576606	1,609242054	1,418438025	1,562137203	1,368066628	1,333368244
41	1,680012048	1,678600398	1,484900086	1,626674955	1,429964424	1,397708159
42	1,740358924	1,746966247	1,551372481	1,689751264	1,491460418	1,462391772
43	1,798268529	1,814010167	1,617610479	1,751028898	1,55229145	1,527213509
44	1,85340969	1,879402602	1,683360092	1,810178241	1,612189117	1,591957113
45	1,905474485	1,942818352	1,748360396	1,866882474	1,670882866	1,656397176
46	1,954183536	2,003941196	1,812346128	1,920842656	1,728103317	1,720300935
47	1,999290682	2,062468517	1,875050539	1,971782539	1,783585747	1,783430322
48	2,040586873	2,118115801	1,936208429	2,019452958	1,837073636	1,845544238
49	2,077903146	2,170620878	1,995559313	2,063635648	1,888322188	1,906401014
50	2,111112595	2,219747751	2,052850638	2,104146361	1,937101726	1,965761005
51	2,140131295	2,265289924	2,107840971	2,140837188	1,983200867	2,023389281
52	2,164918178	2,3070731	2,160303081	2,173598026	2,026429377	2,079058339
53	2,185473921	2,344957201	2,210026831	2,20235717	2,066620633	2,132550785
54	2,201838926	2,378837629	2,256821796	2,227081037	2,103633614	2,183661913
55	2,214090523	2,408645786	2,300519553	2,247773072	2,137354385	2,232202125
56	2,222339531	2,434348836	2,340975567	2,264471918	2,167697023	2,277999124
57	2,226726353	2,455948756	2,378070642	2,277248948	2,19460399	2,32089983
58	2,227416749	2,473480748	2,411711893	2,286205277	2,218045953	2,36077198
59	2,224597454	2,487011083	2,441833243	2,291468395	2,238021084	2,397505358
60	2,218471784	2,496634479	2,468395424	2,293188526	2,254553879	2,431012654
61	2,209255358	2,502471116	2,491385525	2,291534872	2,267693564	2,461229921
62	2,197172045	2,50466341	2,510816098	2,286691829	2,277512146	2,488116643
63	2,1824502	2,503372627	2,526723884	2,278855297	2,284102186	2,511655421
64	2,165319285	2,498775468	2,53916819	2,268229163	2,28757438	2,531851294

Lampiran 6. *Specific Air Range* (lanjutan)

V (m/s)	SAR					
	ISA 0			ISA+20		
	Sea level	5 000 ft	10 000 ft	Sea level	5 000 ft	10 000 ft
65	2,146006866	2,491060688	2,548229007	2,255022031	2,288055013	2,548730752
66	2,124736052	2,480425843	2,554004904	2,239444236	2,285683362	2,562340445
67	2,101723333	2,467074228	2,556610781	2,221705193	2,280609118	2,572745668
68	2,077176844	2,451212045	2,556175535	2,202011089	2,272989878	2,580028646
69	2,051294995	2,433045842	2,5528397	2,180562921	2,262988766	2,58428669
70	2,024265471	2,412780255	2,54675312	2,15755488	2,2507722	2,585630258
71	1,996264535	2,39061604	2,538072685	2,133173055	2,236507864	2,58418097
72	1,96745662	2,366748416	2,526960193	2,107594445	2,220362877	2,58006964
73	1,937994161	2,341365698	2,513580345	2,080986246	2,202502188	2,573434332
74	1,908017619	2,314648212	2,498098913	2,053505377	2,183087185	2,564418506
75	1,877655691	2,286767462	2,480681087	2,025298232	2,162274535	2,553169254
76	1,847025631	2,25788554	2,461490013	1,99650061	2,140215221	2,539835669
77	1,816233696	2,228154738	2,440685528	1,967237795	2,117053786	2,524567352
78	1,785375652	2,197717346	2,418423081	1,937624773	2,092927759	2,507513066
79	1,754537344	2,166705612	2,394852843	1,907766541	2,067967247	2,488819549
80	1,723795297	2,135241825	2,37011899	1,8777585	2,04229467	2,468630485
81	1,693217338	2,103438521	2,344359144	1,847686903	2,016024635	2,447085622
82	1,662863218	2,071398762	2,317703973	1,817629346	1,989263912	2,42432005
83	1,632785229	2,039216498	2,290276913	1,787655279	1,962111513	2,400463605
84	1,603028812	2,006976972	2,262194013	1,75782654	1,934658842	2,375640418
85	1,573633136	1,974757165	2,233563884	1,728197878	1,906989913	2,349968572
86	1,544631657	1,942626264	2,204487735	1,698817484	1,879181619	2,323559874
87	1,516052643	1,910646141	2,17505948	1,6697275	1,85130403	2,296519717
88	1,487919675	1,878871843	2,145365912	1,640964516	1,823420733	2,26894703
89	1,460252107	1,847352071	2,115486922	1,612560042	1,795589175	2,240934302
90	1,433065499	1,816129651	2,085495759	1,584540959	1,767861026	2,21256766
91	1,406372017	1,785241995	2,055459317	1,556929946	1,740282543	2,183927007
92	1,380180802	1,754721539	2,025438442	1,529745874	1,712894933	2,155086195
93	1,354498307	1,724596167	1,995488259	1,503004183	1,685734709	2,126113237
94	1,329328604	1,694889607	1,965658498	1,476717224	1,658834038	2,097070537
95	1,304673668	1,665621806	1,935993824	1,45089458	1,632221078	2,068015147
96	1,280533631	1,636809287	1,906534174	1,42554336	1,605920297	2,038999033

Lampiran 6. Specific Air Range (lanjutan)

V (m/s)	SAR					
	ISA 0			ISA+20		
	Sea level	5 000 ft	10 000 ft	Sea level	5 000 ft	10 000 ft
97	1,256907014	1,608465473	1,877315072	1,40066847	1,579952779	2,010069346
98	1,233790937	1,580600995	1,848367949	1,37627286	1,554336518	1,981268702
99	1,211181305	1,553223978	1,819720449	1,352357748	1,529086688	1,952635459
100	1,189072981	1,526340297	1,791396718	1,32892283	1,504215899	1,92420399
101	1,167459935	1,499953819	1,763417685	1,305966465	1,479734439	1,896004952
102	1,14633538	1,474066629	1,735801328	1,28348584	1,455650494	1,868065545
103	1,125691897	1,448679225	1,708562921	1,261477129	1,431970356	1,840409765
104	1,105521539	1,423790706	1,681715274	1,239935629	1,408698615	1,813058646
105	1,085815926	1,399398938	1,655268948	1,218855881	1,385838332	1,786030487
106	1,066566338	1,375500708	1,629232467	1,198231785	1,363391206	1,759341075
107	1,04776378	1,352091863	1,603612505	1,178056697	1,341357719	1,733003886
108	1,029399055	1,329167432	1,578414067	1,158323523	1,319737273	1,707030285
109	1,011462823	1,306721741	1,553640654	1,139024791	1,298528316	1,681429708
110	0,993945648	1,284748517	1,529294414	1,120152731	1,277728453	1,656209828
111	0,976838044	1,263240974	1,505376283	1,10169933	1,257334554	1,631376723
112	0,960130518	1,242191898	1,481886115	1,083656393	1,23734284	1,606935017
113	0,943813597	1,221593725	1,458822799	1,06601559	1,217748976	1,582888025
114	0,927877865	1,201438598	1,436184369	1,048768501	1,198548143	1,559237873
115	0,912313981	1,181718433	1,413968103	1,031906651	1,17973511	1,535985624
116	0,897112707	1,162424967	1,392170614	1,015421551	1,161304295	1,513131383
117	0,88226492	1,143549809	1,370787932	0,999304718	1,143249823	1,490674398
118	0,867761631	1,125084476	1,349815578	0,983547707	1,125565577	1,468613153
119	0,853594	1,107020431	1,329248634	0,968142131	1,108245239	1,446945452
120	0,83975334	1,089349117	1,309081807	0,95307968	1,091282338	1,425668498

Lampiran 7. Spesifikasi Mesin Pratt and Whitney (lanjutan)

TCDS IM.E. 078
Issue 01, 31 August 2007

PT6A-41 series engines

page 3

I. General

1. Type/Variants: PT6A-41, PT6A-42, PT6A-42A, PT6A-45A, PT6A-45B, PT6A-45R, PT6A-52, PT6A-60A, PT6A-61, PT6A-62, PT6A-65AG, PT6A-65AR, PT6A-65B

2. Type Certificate Holder: Pratt and Whitney Canada Corp.
1000 Marie Victorin
Longueuil, Québec, J4G 1A1
Canada

3. Manufacturer: Pratt and Whitney Canada

4. EASA Certification/JAA Validation Application Date: 01 May 2006 for PT6A-52

5. Validation Reference Date: 24 October 1974

6. EASA Certification Date:

PT6A-41 27 June 1977	PT6A-42 19 April 1983	PT6A-42A 02 Oct. 2000	PT6A-45A 27 June 1977	PT6A-45B 19 April 1983
PT6A-45R 19 April 1983	PT6A-52 31 August 2007	PT6A-60A 06 Sept. 1984	PT6A-61 08 May 1985	PT6A-62 03 July 1990
PT6A-65AG 14 Nov. 1988	PT6A-65AR 04 Dec. 1987	PT6A-65B 06 Sept. 1984		

EASA Type-Certification for the above mentioned engine models, except PT6A-52, is granted, in accordance with Article 2 paragraph 3(a)(i) of EU Commission Regulation EC 1702/2003, based on the respective CAA United Kingdom, DGAC France, LBA Germany and AustroControl validation letters issued following NAA approvals prior to 28 September 2003.

II. Certification Basis

1. Transport Canada Certification Basis details: see Transport Canada TCDS E-12.

2. EASA Certification Basis:

2.1 Airworthiness Standards:

- FAR Part 33 effective 1 February 1965, and amendments 33-1 to 33-5

In addition for PT6A-52: Ingestion of rain and hail (CS-E 790 effective 24 October 2003)

2.2 Special Conditions:

none

2.3 Equivalent Safety Findings:

none

2.4 Deviations:

None

2.5 Environmental Protection Requirements:

Fuel Venting : EC 1702/2003 Annex Part 21A.18(b), 27 September 2003

Lampiran 7. Spesifikasi Mesin Pratt and Whitney (lanjutan)

TCDS IM.E. 078
Issue 01, 31 August 2007

PT6A-41 series engines

page 4

III. Technical Characteristics

1. Type Design Definition:

As defined by the applicable PT6A-41, PT6A-42, PT6A-42A, PT6A-45A, PT6A-45B, PT6A-45R, PT6A-60A, PT6A-61, PT6A-62, PT6A-65AG, PT6A-65AR and PT6A-65B Engine Parts Lists.
For PT6A-52: Engine Assembly Drawing No. 3072554 Change A and subsequent revisions.

2. Description:

The PT6A-41 and PT6A-60 series turboprop engines are comprised of a 2 stage reduction gearbox, 2 stage power turbine, single stage gas generator turbine and 4 stage gas generator compressor (3 axial, 1 centrifugal) for the PT6A-41, PT6A-42, PT6A-42A, PT6A-45A, PT6A-45B, PT6A-45R, PT6A-60A, PT6A-61, PT6A-62 and 5 stage gas generator compressor (4 axial, 1 centrifugal) for the PT6A-65AG, PT6A-65AR and PT6A-65B. The fuel control is purely hydro-mechanical. The accessory gearbox design is common for all PT6A-41 and PT6A-60 series engines.

3. Equipment:

Approved equipment is defined in the applicable PT6A-41, PT6A-42, PT6A-42A, PT6A-45A, PT6A-45B, PT6A-45R, PT6A-60A, PT6A-61, PT6A-62, PT6A-65AG, PT6A-65AR and PT6A-65B Engine Parts Lists and in Engine Assembly Drawing No. 3072554 Change A and subsequent revisions for the PT6A-52..

4. Dimensions and Weight:

Rating	Overall Length (mm)	Overall Diameter (mm)	Dry Spec. Weight (kg)
PT6A-41	1688	464	190
PT6A-42	1688	464	190
PT6A-42A	1688	464	190
PT6A-45A	1845	464	202
PT6A-45B	1845	464	202
PT6A-45R	1845	464	208
PT6A-52	1696	464	204
PT6A-60A	1831	464	221
PT6A-61	1696	464	201
PT6A-62	1770	464	206
PT6A-65AG	1490	464	227
PT6A-65AR	1490	464	227
PT6A-65B	1490	464	225

5. Ratings:

Engine Model	Maximum Continuous Power (kW)	Take-off Power (5 minutes)
PT6A-41	634	634
PT6A-42	634	634
PT6A-42A	634	634
PT6A-45A	760	875
PT6A-45B	761	875
PT6A-45R	760	893 (875 Alternative*)
PT6A-52	634	634
PT6A-60A	783	783
PT6A-61	634	634
PT6A-62	708	708
PT6A-65AG	910	969
PT6A-65AR	910	1062 (918 Alternative)
PT6A-65B	875	875

* Available to 11 °C

Lampiran 7. Spesifikasi Mesin Pratt and Whitney (lanjutan)

TCDS IM.E. 078
Issue 01, 31 August 2007

PT6A-41 series engines

page 5

6. Control System:

The PT6A-41 and PT6A-60 series engines are controlled by purely hydromechanical fuel control system. Refer to model specific Installation Manuals for unit part numbers.

7. Fluids

7.1 Fuel:

The approved fuels and additives must conform to the latest revision of the following PWC Service Bulletins:
SB 3044 (PT6A-41, PT6A-42, PT6A-42A, PT6A-45A, PT6A-45B, PT6A-45R)
SB 13044 (PT6A-52, PT6A-60A, PT6A-61, PT6A-62, PT6A-65AR, PT6A-65B)
SB 13244 (PT6A-65AG)

7.2 Augmentation Fluid:

The augmentation fluid must conform to the latest revision of the PWC Specification CPW No. 328.

7.2 Oil:

The approved oils must conform to the latest revision of the following PWC Service Bulletins:
SB 3001 (PT6A-41, PT6A-42, PT6A-42A, PT6A-45A, PT6A-45B, PT6A-45R)
SB 13001 (PT6A-52, PT6A-60A, PT6A-61, PT6A-62, PT6A-65AG, PT6A-65AR, PT6A-65B)

8. Aircraft Accessory Drives:

For accessory drives specifications, including direction of rotation, drive speed ratio to engine speed, torque continuous pad rating and maximum overhung moment, refer to model specific Installation Manual.

9. Maximum Permissible Air Bleed Extraction: For all engine models, the bleed extraction is as follows:

Maximum External (%):	5.25
Maximum during Start (kg/min):	0.68

IV. Operational Limits:

1. Temperature Limits:

1.1 Maximum Interstage Turbine Temperature (ITT), °C :

Rating	Maximum Continuous (°C)	Take-off (5 minutes) (°C)	Starting (Ground and Air) (°C)
PT6A-41	750	750	1000
PT6A-42	800	800	1000
PT6A-42A	800	800	1000
PT6A-45A	800	800	1000
PT6A-45B	800	800	1000
PT6A-45R	812	845 (800 Alternative)	1000
PT6A-52	820	820	1000
PT6A-60A	820	820	1000
PT6A-61	800	800	1000
PT6A-62	800	800	1000
PT6A-65AG	820	820	1000
PT6A-65AR	840	855 (820 Alternative)	1000
PT6A-65B	810	820	1000

Lampiran 7. Spesifikasi Mesin Pratt and Whitney (lanjutan)

TCDS IM.E. 078
Issue 01, 31 August 2007

PT6A-41 series engines

page 6

<u>1.2 Oil Temperature, °C :</u>	PT6A-41, PT6A-42, PT6A-42A, PT6A-62	PT6A-45A, PT6A-45B, PT6A-45R, PT6A-52, PT6A-65AG, PT6A-65AR, PT6A-65B , PT6A-60A, PT6A-61
Minimum:	-40	-40
Maximum Continuous Operation:	104	110
Minimum Ground Operation:	110	110
Maximum (10 minutes):	104	-----

1.3 Fuel Temperature

Refer to Installation Manual.

2. Maximum Permissible Rotor Speeds:

Engine Model	Gas Generator (N1) (rpm)	Power Turbine Module Output (N2) (rpm)	Power Turbine Module Output (N2) Transient (rpm)
PT6A-41	38,100	2000 (90.7%)	2205 (100%)
PT6A-42	38100	2000(90.7)	2205 (100%)
PT6A-42A	38100	2000 (90.7)	2205 (100%)
PT6A-45A	39,000	1700 (100%)	1870 (110%)
PT6A-45B	39,000	1700 (100%)	1870 (110%)
PT6A-45R	39,000	1700 (100%)	1870 (110%)
PT6A-52	39,000	2000 (90.7%)	2205 (100%)
PT6A-60A	39,000	1700 (100%)	1870 (110%)
PT6A-61	39,000	2000 (90.7%)	2205 (100%)
PT6A-62	39,000	2000 (90.7%)	2205 (100%)
PT6A-65AG	39,000	1700 (100%)	1870 (110%)
PT6A-65AR	39,000	1700 (100%)	1870 (110%)
PT6A-65B	39,000	1700 (100%)	1870 (110%)

Propeller speed of 100% of 1700 rpm corresponds to power turbine speed of 29,894 rpm. The 100% propeller speed of 2000 rpm corresponds to power turbine speed of 30,145 rpm.

3. Pressure Limits:

3.1 Fuel Pressure Limit at Engine Pump Inlet:

Refer to Installation Manual.

3.2 Oil Pressure Limits:

Pressure range (gauge): 620.4-930.7 kPa (90-135 psi)
Gas Generator speed 27000 rpm or above and oil temperature 60-71 °C

Minimum Pressure (gauge) : 262 kPa (60 psi)
Gas Generator speed below 27000 rpm

4. Installation Assumptions:

The installation assumptions are quoted in the respective model engine Installation Manuals.

5. Dispatch Limitations:

Not applicable to PT6A-41 series engines as all models have hydro-mechanical fuel control.

Lampiran 7. Spesifikasi Mesin Pratt and Whitney (lanjutan)

TCDS IM.E. 078
Issue 01, 31 August 2007

PT6A-41 series engines

page 7

V. Operating and Service Instructions

Engine Model	Engine Operating Instructions	Engine Maintenance Manual	Engine Overhaul Manual	Service Bulletins *
PT6A-41	3021441	3021442	3021443	3000 Series
PT6A-42	3031941	3021442	3021443	3000 Series
PT6A-42A	3040599	3021442	3021443	3000 Series
PT6A-45A	3029001	3027042	3027043	3000 Series
PT6A-45B	3031814	3027042	3027043	3000 Series
PT6A-45R	3033041	3027042	3027043	3000 Series
PT6A-52	3072151	3072862	3072863	13000 Series
PT6A-60A	3033341	3034342	3034343	13000 Series
PT6A-61	3033741	3034342	3034343	13000 Series
PT6A-62	3034559	3034542	3034543	13000 Series
PT6A-65AG	3034629	3032842	3032843	13000 Series
PT6A-65AR	3037027	3032842	3032843	13000 Series
PT6A-65B	3033241	3032842	3032843	13000 Series

* Service Bulletins as issued for each engine model.

VI. Notes

Note 1: Dry weight includes basic engine accessories and optional equipment as listed in the manufacturer's engine specification.

Note 2: The engine ratings are based on dry sea level static ICAO Standard Atmospheric conditions. Compressor intake screen installed. No external accessory loads and no airbleed. The quoted ratings are obtainable on a test stand with the specified fuel and oil without intake ducting and using exhaust stubs P/N ESK7630. With fluid augmentation, the take-off rating is available to 21 °C (69 °F) for the PT6A-45A, and to 29 °C (84 °C) for the PT6A-45B. Use of fluid augmentation limited as follows:

PT6A-45A, PT6A-45B	PT6A-45B
10,000 ft altitude	5,000 ft. altitude
176.9 kg/h (390 lb/hr) flow	267.6 kg/h (590 lb/hr) flow

At temperatures between 5 °C (41 °F) and 57.3 °C (135 °F), minimum required flow 390 lb/hour provided by minimum pressure of 186 kPa (27 psig).

Note 3:

Engine Model	Take off power is flat rated up to an ambient temperature °C (°F).	Maximum Continuous power is flat rated up to an ambient temperature °C (°F)
PT6A-41	41 (106)	41 (106)
PT6A-42	41 (106)	41 (106)
PT6A-42A	41 (106)	41 (106)
PT6A-45A	8 (46)	26 (79)
PT6A-45B	11 (52)	29 (84)
PT6A-45R	23 (73) (11 (52) Alternate)	33 (92)
PT6A-52	61 (142)	61 (142)
PT6A-60A	25 (77)	25 (77)
PT6A-61	46 (115)	46 (115)
PT6A-62	37 (99)	37 (99)
PT6A-65AG	22 (71)	38 (101)
PT6A-65AR	28 (82) (29 (84) Alternate)	38 (101)
PT6A-65B	43 (110)	38 (101)

Lampiran 7. Spesifikasi Mesin Pratt and Whitney (lanjutan)

TCDS IM.E. 078
Issue 01, 31 August 2007

PT6A-41 series engines

page 8

Note 4: The time temperature limits are specified in the Specific Operating Instructions.

Note 5: These engines meet the requirements of FAR 33.68 for operation in icing conditions as defined in FAR 25 Appendix C when the intake system conforms with the P&WC Installation Manual Instructions for inertial separation of snow and icing particles. The engines also meet the requirements of FAR 33.27 and do not require external armouring.

Note 6: Certain engines when separated at "C" flange, may be overhauled or maintained as two modules; the Gas Generator Module and the Power Section Module as follows:

Engine Model	G.G. Module Part Number	P.S. Module Part Number
PT6A-45A	A 3030300	A 3030200
PT6A-45B	2A 3030300	A 3030200
PT6A-45R	3A 3030300	A 3030200
PT6A-65B	3100800	3100900
PT6A-65AR, -65AG	3100800	3100900
PT6A-60A, -60AG	3102600	3102000
PT6A-61	3102600	3103300
PT6A-62	3035000	3035200
PT6A-52	3072558	3072555

Note 7: The PT6A-45R, and -65AR models include provision for automatic power increase from Alternative Take-off Power to Take-off Power.

Note 8: The PT6A-65AG is a special purpose version of the PT6A-60 Series of engines intended for use in agricultural aviation. This model may not be re-designated for other than agricultural operations.

Lampiran 8. Geometri Pesawat N219

