

Perhitungan Jumlah Maksimum *Flight Cycle* Tanpa *Refuelling* pada Kondisi *Full Tank* dan *Full Payload* pada Jaringan Rute *Commuter* Pesawat ATR 72

Ganda Tri Alam*, Mufti Arifin, Endah Yuniarti

Prodi Teknik Penerbangan, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Universitas Suryadarma
Komplek Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta 13610, Indonesia

*Corresponding Author : gandatri30@gmail.com

Abstrak- Transportasi adalah proses pergerakan atau perpindahan orang dan barang dari satu tempat ke tempat lain dengan tujuan tertentu, pesawat ATR sangat cocok untuk penerbangan regional, sehingga penggunaan bahan bakar harus diperhitungkan untuk memberikan transportasi yang murah dan nyaman. Maskapai penerbangan di Indonesia memiliki tuntutan yang sangat besar dalam persaingan di dunia penerbangan. Salah satu jenis rute domestik Indonesia adalah rute *commuter*, pesawat ATR sangat cocok untuk penerbangan *regional* dengan rute *commuter*, penerbangan dengan jarak pendek dengan menggunakan pesawat kecil untuk membawa penumpang antar bandara dengan kapasitas penumpang yang sedikit. Salah satu kelebihan rute *commuter* adalah pesawat tidak harus mengisi bahan bakar (*refueling*) di bandara transit. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah maksimum *flight cycle* tanpa *refueling* berdasarkan variasi berat dengan menggunakan data FCOM dan menggunakan data berdasarkan spesifikasi pesawat ATR. Dengan menggunakan metode analitik untuk menghitung *fuel consumption* dari data FCOM pada strategi *full tank*, *full payload* dan strategi *refueling* di setiap bandara untuk rute Nusa Tenggara dan Sumatera. Penelitian ini menghasilkan perhitungan pada rute Nusa Tenggara total *fuel* 4750,57 kg dan rute Sumatera sebanyak 4474,88 kg dari strategi *full tank*. Strategi *full payload* pada rute Nusa Tenggara diperoleh total *fuel* sebanyak 2789,69 kg dan rute Sumatera diperoleh total *fuel* sebanyak 2658,98 kg. Strategi *full tank* memungkinkan terbang sebanyak 12 *flight cycle*, *full payload* sebanyak 7 *flight cycle* pada rute Nusa Tenggara dan strategi *full tank* sebanyak 10 *flight cycle*, *full payload* 6 *flight cycle* pada rute Sumatera.

Kata Kunci : Strategi *full tank*, Strategi *full payload*, Strategi *refuelling*, ATR 72, *flight cycle*, rute *commuter*.

Abstract- *Transportation is the process of moving or moving people and goods from one place to another with a specific purpose, ATR aircraft are very suitable for regional flights, so that fuel utilization must be calculated to make the transportation cost is minimum. Indonesian airlines have very big demands in world aviation competition. One of Indonesia's domestic route type is commuter, ATR aircraft is very suitable for regional flights with commuter route, flights with short range with small aircraft for carrying passengers between airports with low passenger capacity. One of commuter advantage is the aircraft didn't have to refueling in the transit airport. The purpose of this research is to determine maximum flight cycle without refueling based on weight variation using FCOM data and fuel consumption calculation using analytical methods based on ATR aircraft specification. Using an analytic method for calculating fuel consumption from FCOM data with full tank strategy, full payload and refueling strategy in every airport for Nusa Tenggara and Sumatera route. This research calculation has resulted for Nusa Tenggara route total fuel is 4750,57 kg and Sumatera 4474,88 kg strategy full tank. Calculation has result for Nusa Tenggara 2789,69 kg and Sumatera 2658,98 kg strategy full payload. Then obtained full tank strategy not as much as 12 flights cycle, full payload as much as 7 flights cycle in Nusa Tenggara route and full tank strategy as much as 10 flight cycle, full payload obtained 6 flight cycle in Sumatera route On the Sumatra route.*

Keywords : Strategy *full tank*, Strategy *full payload*, Strategy *refueling*, ATR 72, *flight cycle*, route *commuter*.

I. PENDAHULUAN

Pesawat ATR 72 sebagai salah satu pesawat yang banyak digunakan di dunia, sehingga penggunaan bahan bakar dalam penerbangan harus diperhitungkan untuk memberikan alat transportasi yang murah dan nyaman. Bahan bakar merupakan salah satu faktor penting bagi terlaksananya operasi penerbangan dan perencanaan penerbangan (*Flight Planning*) untuk menentukan kebutuhan bahan bakar digunakan manual yang sudah dibuat oleh manufaktur. FCOM digunakan untuk penentuan kebutuhan bahan bakar dengan variasi tinggi terbang, jarak dan berat pesawat, perhitungan perencanaan bahan bakar meliputi seluruh fase dalam satu misi penerbangan mulai dari fase *take off and initial climb*, *climb*, *cruise*, *descent* dan *approach and landing*. *Fuel tankering* adalah strategi pesawat membawa bahan bakar berlebih untuk mengurangi atau menghilangkan pengisian bahan bakar di tempat tujuannya. Jika suatu destinasi diketahui menjual bahan bakar pesawat dengan biaya lebih tinggi dari pada bandara asal, maka maskapai penerbangan terkadang membawa bahan bakar ekstra ke dalam pesawat, sehingga dapat meminimalkan jumlah yang dikeluarkan saat tiba. Pengisian bahan bakar pada tangki pesawat terbang sebanyak mungkin di bandara asal untuk rute pendek sangat dimungkinkan, sehingga tidak perlu mengisi bahan bakar di bandara kedua atau disebut tanpa *refueling*, dengan ini penerbangan berbagai macam rute pendek bisa menghemat waktu transit.

Pesawat ATR sebagai pesawat *commuter* sering menggunakan *fuel tankering* terutama jika bandara yang diterbangi tidak memiliki fasilitas *refueling* yang cukup. Penelitian ini akan menghitung dan mencari jumlah *flight cycle* maksimum jika disimulasikan penerbangan *fuel tankering* pada pesawat ATR 72 dengan strategi *full tank* di bandara paling awal. Simulasi juga dilakukan pada penerbangan *fuel tankering* dengan kondisi *full payload* sehingga *fuel* yang dibawa dari bandara paling awal tidak *full tank*. Jumlah

konsumsi bahan bakar keseluruhan (total *trip fuel*) akan dibandingkan dengan total *trip fuel* dengan jaringan rute yang sama tetapi *refueling* dilakukan di setiap bandara.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode analitik dimana metode ini untuk menentukan *fuel* dari berbagai jaringan rute *commuter* Indonesia. Terdapat rute jaringan Nusa Tenggara dan Sumatera, dari jaringan tersebut terdapat beberapa rute *commuter*. Dari rute tersebut menggunakan strategi *full tank*, strategi *full payload* dan strategi *refueling* di setiap bandara, kemudian dilakukan proses perhitungan berat pesawat setiap rute dan proses perhitungan konsumsi bahan bakar setiap rute. Jika sudah dilakukan perhitungan maka diperoleh jumlah *flight cycle* dari berbagai rute *commuter* dan dilakukan perhitungan total konsumsi bahan bakar. Jika sudah dilakukan perhitungan dari semua rute & skenario tersebut apakah semua rute & skenario sudah masuk ke semua perhitungan? Jika belum maka akan kembali untuk menentukan jaringan dan jika sudah dilakukan perhitungan tersebut maka hasil dari perhitungan ini disajikan dalam bentuk grafik yang untuk selanjutnya dilakukan analisis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Jaringan Rute *Commuter* Indonesia

Jaringan Penerbangan rute *commuter* Indonesia pada saat ini tersebar dari berbagai macam daerah. Penerbangan rute *commuter* Indonesia saat ini dilayani oleh 3 maskapai yaitu Wings Air, Citilink Indonesia dan Garuda Indonesia dengan Pesawat ATR 72-500 dan 72- 600. Pada studi kasus ini akan memilih dari berbagai jaringan rute *commuter* Indonesia dengan pilihan daerah Nusa Tenggara dengan rute Semarang, Surabaya, Denpasar, Lombok, Sumbawa Besar, Bima, Labuan Bajo, Maumere, Kupang, Tambolaka, Bima, Sumbawa Besar dan daerah Sumatera

pada rute Medan, Silangit, Dumai, Pekanbaru, Padang, Jambi, Palembang, Bengkulu, Lampung, Halim, Bandung.

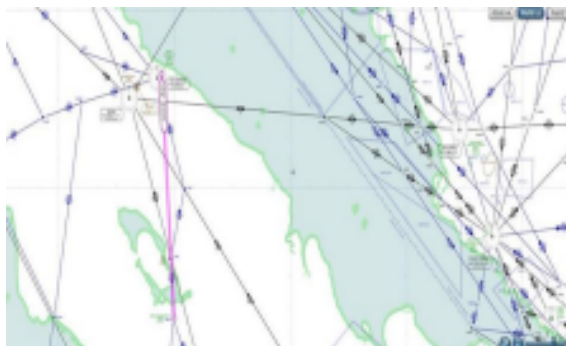
3.2 Perhitungan Jarak antar Bandara

Bandara Jendral Ahmad Yani – Bandara Juanda Surabaya terletak di kepulauan Indonesia, merupakan rute *commuter* yang diterbangi pesawat ATR 72. Perhitungan jarak tempuh pada rute tersebut adalah 146 dengan satuan *Nautical Mile* (NM).



Gambar 3.1 Rute penerbangan menggunakan skyvector

Bandara Internasional Kuala Namu – Bandara Silangit terletak di kepulauan Indonesia, merupakan rute *commuter* yang diterbangi pesawat ATR 72. Perhitungan jarak tempuh pada rute tersebut adalah 83 dengan satuan *Nautical Mile* (NM).



Gambar 3.2 Rute Penerbangan menggunakan sky vector

3.3 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi Bahan Bakar dapat ditentukan berdasarkan jarak terbang dan variasi ketinggian pada tabel *Flight Crew*

Operation Manual (FCOM) ATR 72 . Jika nilai jarak terbang dan berat tidak tercantum pada *Flight Crew Operation Manual* maka penentuan *fuel* menggunakan persamaan *Interpolasi*. Pada penelitian ini pesawat ATR menghitung konsumsi bahan bakar untuk rute yang telah ditentukan dan mencari *flight cycle*.

3.3.1 Perhitungan full tank pada rute Nusa Tenggara

strategi *full tank* dengan asumsi Berat penumpang (dewasa 70 kg) terdiri dari jumlah penumpang 45 orang dengan total berat 3150 kg dan Bagasi per orang 10 kg total berat bagasi 450 kg dan Cargo 950 kg dengan membawa *fuel full tank*. Pada penelitian ini digunakan data pesawat ATR 72 dengan OEW 12950 kg yang sesuai tipe pesawat.

Contoh perhitungan rute Semarang – Surabaya.

Distance : 146 NM
 Flight Level : 15.000 ft
 TOW : 22.500 kg

- a. *Take off* dan *initial climb*: 24 kg
 Diperoleh *Take Off and Initial Climb* 24 kg berdasarkan data dari FCOM.

	FLIGHT PLANNING	3.18.01	
	FUEL POLICY	P:1	500
			JUL 99

RECOMMENDED FUEL REQUIREMENTS

The total fuel quantity required to fly a given sector is the sum of the following quantities:

A. TAXI FUEL

Quantity required for start up and TAXI (average quantity 2 mt/14 kg – 30 lb)

B. TRIP FUEL

Fuel required from departure to destination includes the following quantities:

- Take-off and initial climb (average quantity 1 mt/24 kg – 53 lb)
- Climb at selected speed
- Cruise
- Descent from cruising level to 1.500 ft above destination airport
- Approach and landing (average quantity 3 mt/30 kg – 66 lb)

C. "EN ROUTE" RESERVE FUEL

According to national regulations and company policy (generally based on a percentage of TRIP FUEL).

D. ALTERNATE FUEL

Fuel required to fly from destination to alternate airport. It includes go-around climb to cruising level, cruise at long range speed, descent and approach/alternate.

E. HOLDING FUEL

Fuel required for holding, calculated at minimum-drag speed with the estimated mass or arrival at the alternate or the destination aerodrome, when no alternate is required.

FLIGHT PLAN

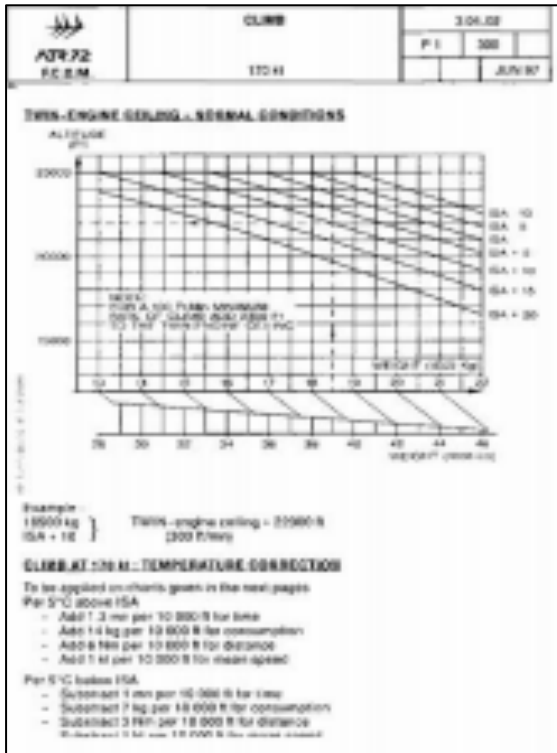
When no FOS precalculated flight plan is available, flight planning can be determined by using the graph given in 3.18.02 with a good approximation.

Computations include the average quantities for taxi in and out, take-off initial climb, approach and landing.

5% of trip fuel is included in the computation.

Gambar 3.3 *Take off and Initial climb*

Dari perhitungan *Climb* dengan berdasarkan data FCOM diperoleh hasil *fuel* disaat *climb* maka hasil tersebut ditambahkan perhitungan per 5°C diatas ISA, dengan asumsi setiap rute Nusa Tenggara per + ISA 20.



Gambar 3.4 Climb

b. Menghitung *fuel climb*:

$$\begin{aligned} \text{Time} &= 12,5\text{min} (1,3 \times 1,5 \times 4 + 12,5) \\ &= 20,3\text{min}. \end{aligned}$$

$$\text{Distance} = 41 \text{ NM} (6 \times 1,5 \times 4 + 41) = 77\text{NM}.$$

$$\text{Fuel} = 190 \text{ kg} (14 \times 1,5 \times 4 + 190) = 274 \text{ kg}.$$

$$\begin{aligned} \text{True Air Speed} &= 192 \text{ knot} (1 \times 1,5 \times 4 + 192) \\ &= 198 \text{ knot}. \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 3.1 menunjukkan data tersebut diperoleh dari *flight crew operation manual* (FCOM). Dari data tersebut untuk memperoleh perhitungan *climb*, *distance*, *fuel*, *true air speed* berdasarkan ketinggian pesawat.

Tabel 3.1 ATR 72 FCOM (CLIMB)

FL	WEIGHT AT START OF CLIMB (1000KG)				
	18	19	20	21	22.5
250					
240	27 288				
230	26 268	25 267			
220	25 257	24 261	23 258	22 255	21 253
210	24 257	23 258	22 255	21 258	20 258
200	23 258	22 258	21 258	20 258	19 258
180	22 258	21 258	20 258	19 258	18 258
160	21 258	20 258	19 258	18 258	17 258
140	20 258	19 258	18 258	17 258	16 258
120	19 258	18 258	17 258	16 258	15 258
100	18 258	17 258	16 258	15 258	14 258
80	17 258	16 258	15 258	14 258	13 258
60	16 258	15 258	14 258	13 258	12 258
40	15 258	14 258	13 258	12 258	11 258
15	14 258	13 258	12 258	11 258	10 258

c. Menghitung *Fuel Cruise*:

$$\text{Time} = \frac{D}{TAS} \times 60 = \frac{28,5}{254} \times 60 = 6,7 \text{ min}$$

$$\text{Distance} = 146 - 77 - 40,5 = 28,5 \text{ NM}$$

$$\text{Fuel} = 338,5 \times \frac{6,7}{60} = 37,80 \times 2 = 75,60 \text{ kg}$$

$$\text{True Air Speed} = 254 \text{ knots}$$

Berdasarkan Tabel 3.2 menunjukkan data tersebut diperoleh dari *flight crew operation manual* (FCOM). Dari data tersebut diperoleh angka *fuel*, *true air speed* berdasarkan ketinggian pesawat dan ISA.

d. Menghitung *Fuel Descent* :

$$\text{Time} = 12 \text{ min}$$

$$\text{Distance} = 40,5 \text{ NM}$$

$$\text{Fuel} = 116 \text{ kg}$$

$$\text{True Air Speed} = \frac{40,5}{12} \times 60 = 202,5 \text{ knot}$$

Tabel 3.2 ATR 72 FCOM (CRUISE)

ATR 72 F.C.O.M.		CRUISE		3.05.02		
		P 1	500	JUL 98		
		MAX CRUISE				
22.5 T						
CRUISE 2 ENGINES						
FLIGHT LEVEL	DELTA ISA					MINIMUM TIME
	-10	0	+10	+15	+20	
60	80.5	84.1	87.9	83.1	88.4	
	467	472	490	433	488	
	251	348	239	233	226	
	285	288	290	258	252	
80	89.5	94.3	98.2	93.7	97.2	
	459	464	488	472	486	
	249	346	235	229	220	
	211	214	215	208	202	
100	94.1	98.7	102.8	98.3	102.1	
	450	440	468	382	377	
	246	323	228	219	213	
	275	274	284	258	252	
120	93.5	98.3	102.8	97.7	101.4	
	448	418	380	375	361	
	242	322	230	213	207	
	280	274	285	258	254	
140	86.2	82.7	75.4	71.4	67.3	
	407	401	374	360	342	
	235	225	214	208	201	
	280	274	285	258	254	
160	86.5	78.4	72.3	68.3	65.1	
	405	381	358	340	327	
	227	218	207	201	194	
	229	224	235	208	204	
180	79.2	74.1	68.7	65.0	61.4	
	381	368	336	324	313	
	218	208	198	192	185	
	227	221	230	202	200	
200	71.4	68.7	62.7	58.9	55.9	
	354	334	314	294	285	
	207	196	188	181	173	
	222	216	227	200	197	
220	67.6	62.4	58.9	56.4	52.6	
	328	316	291	280	272	
	188	184	174	168	164	
	286	280	287	257	255	
240	67.6	61.9	57.1			
	380	384	385			
	183	171	160			
	282	276	278			
250	59.2	54.7				
	388	379				
	178	166				
	281	272				

10% MP+40%
KG/HRING
AS


Tabel 3.3 ATR 72 FCOM (DESCENT)

ATR 72 F.C.O.M.		DESCENT		3.07.02		
		P 1	500	JUN 97		
		NORMAL CONDITIONS				
15000KG						
DESCENT 2 ENGINES						
NF=82%						
NORMAL CONDITIONS						
FL	300 KT IAS		200 KT IAS		140 KT IAS	
	1500 Ft/min	2000 Ft/min	1500 Ft/min	2000 Ft/min	1500 Ft/min	2000 Ft/min
250	15 39	15 41	15 148	15 182	15 140	15 126
	63	47	78	62	76	61
240	16 16	14 25	16 148	14 29	16 114	14 122
	60	46	66	49	72	54
230	17 12	14 37	17 136	14 56	17 107	14 114
	67	43	63	47	66	61
220	17 18	13 25	17 131	13 33	17 106	13 114
	64	49	69	44	65	46
210	18 08	13 33	18 126	13 50	18 104	13 114
	61	38	66	42	61	46
200	19 10	12 21	19 121	12 37	19 101	12 106
	48	26	63	28	57	43
180	14 54	10 37	14 112	11 31	14 100	10 97
	42	31	48	26	50	38
160	13 47	10 43	13 102	10 25	13 102	10 89
	36	27	40	26	44	33
140	11 19	8 59	11 82	8 49	11 102	8 81
	31	20	34	25	27	28
120	10 12	8 54	10 83	8 42	10 97	8 73
	25	18	28	21	21	23
100	9 45	7 50	9 73	7 58	9 69	7 69
	20	15	22	17	24	18
80	7 57	6 46	7 62	6 52	7 72	6 57
	15	11	17	13	18	14
60	6 48	5 46	6 53	6 45	6 59	5 48
	10	8	11	9	13	9
40	5 42	4 38	5 42	4 38	5 46	4 48
	8	6	8	6	7	6
15	3 30	3 30	3 30	3 30	3 30	3 30
	8	8	8	8	8	8
FROM START OF DESCENT TIME (MAY)					FUEL (KG)	
FROM START OF DESCENT DIST (NM)						

Berdasarkan Tabel 3.3 menunjukkan data tersebut diperoleh dari *flight crew operation manual (FCOM)*. Dari data tersebut untuk memperoleh perhitungan *time, distance, fuel* berdasarkan dari ketinggian dan kecepatan disaat menurun.

e. Menghitung *Fuel Approach* dan *Landing*: 30 kg .Diperoleh *Approach and landing* 30 kg berdasarkan data dari FCOM.

Diperoleh perhitungan *fuel rute Semarang-Surabaya*: 519,60 kg.

 ATR 72 F.C.D.M.	FLIGHT PLANNING		3.10.01	
	P 1	500		
	FUEL POLICY		JUL 99	

RECOMMENDED FUEL REQUIREMENTS

The total fuel quantity required to fly a given sector is the sum of the following quantities :

A. TAXI FUEL

Quantity required for start up and TAXI (average quantity 2 mt/14 kg - 38 lb)

B. TRIP FUEL

Fuel required from departure to destination includes the following quantities :

- Take-off and initial climb (average quantity 1 mt/24 kg - 53 lb)
- Climb at selected speed
- Cruise
- Descent from cruising level to 1.500 ft above destination airport
- Approach and landing (average quantity 3 mt/33 kg - 66 lb)

C. "EN ROUTE" RESERVE FUEL

According to national regulations and company policy (generally based on a percentage of TRIP FUEL).

D. ALTERNATE FUEL

Fuel required to fly from destination to alternate airport. It includes go-around climb to cruising level, cruise at long range speed, descent and approach procedure.

E. HOLDING FUEL

Fuel required for holding, calculated at minimum drag speed with the estimated mass or arrival at the alternate or the destination aerodrome, when no alternate is required.

FLIGHT PLAN

When no FDS precalculated flight plan is available, flight planning can be determined by using the graph given in 3.10.02 with a good approximation.

Computations include the average quantities for taxi in and out, take-off initial climb, approach and landing.

5 % of trip fuel is included in the computation.

Tabel 3.4 Hasil Perhitungan *Fuel* strategi fulltank rute Nusa Tenggara

Pesawat	Rute	Jarak (NM)	Flight Level	Take Off Weight (kg)	Trip Fuel (kg)
ATR 72	SEMARANG - SURABAYA	146	15000	22500	519.60
	SURABAYA - DENPASAR	164	15000	21980	563.90
	DENPASAR - LOMBOK	66	7000	21416	292.80
	LOMBOK - SUMBAWA BESAR	69	7000	21123	301.51
	SUMBAWA BESAR - BIMA	76	9000	20882	319.70
	BIMA - LABUAN BAJO	71	9000	20503	302.48
	LABUAN BAJO - MAUMERE	140	15000	20200	489.70
	MAUMERE - KUPANG	125	15000	19713	447.94
	KUPANG - WANGAPU	202	14000	19265	645.29
	WANGAPU - TAMBOLAKA	64	8000	18601	279.53
	TAMBOLAKA - BIMA	62	8000	18321	272.86
BIMA - SUMBAWA BESAR	76	8000	18048	315.26	

Dari Tabel 3.4 terdapat hasil perhitungan strategi *full tank* untuk rute Nusa Tenggara, dari hasil perhitungan sudah diperoleh bahan bakar dari rute awal keberangkatan dengan membawa bahan bakar *full tank* tanpa *refueling* di setiap rute sebanyak 5000 kg, dari perhitungan tersebut dihasilkan jumlah bahan bakar terbakar sebanyak 4750,57 kg dengan bahan bakar sisa 249,77 kg.

3.3.2 Perhitungan *Full Payload* untuk Rute Nusa Tenggara

Strategi *full payload* dengan asumsi Berat penumpang (dewasa 70 kg) terdiri dari jumlah penumpang 68 orang dengan total berat 4760 kg dan Bagasi per orang 10 kg total berat bagasi 680 kg dan Cargo 950 kg dengan membawa *fuel* 3160

Gambar 3.5 Approach and landing

kg. Pada penelitian ini digunakan data pesawat ATR 72 dengan OEW 12950 kg yang sesuai tipe pesawat.

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan *fuel* strategi *full payload* rute Nusa Tenggara

Pesawat	Rute	Jarak (NM)	Flight Level	Take Off Weight (kg)	Trip Fuel (kg)
ATR 72	SEMARANG - SURABAYA	146	15000	22500	519.60
	SURABAYA - DENPASAR	164	15000	21980	563.90
	DENPASAR - LOMBOK	66	7000	21416	292.80
	LOMBOK - SUMBAWA BESAR	69	7000	21123	301.51
	SUMBAWA BESAR - BIMA	76	9000	20882	319.70
	BIMA - LABUAN BAJO	71	9000	20503	302.48
	LABUAN BAJO - MAUMERE	140	15000	20200	489.70

Dari Tabel 3.5 terdapat hasil perhitungan strategi *full payload* untuk rute Nusa Tenggara, dari hasil perhitungan sudah diperoleh bahan bakar dari rute awal keberangkatan dengan membawa bahan bakar tidak penuh tanpa *refueling* di setiap rute sebanyak 3160 kg, dari perhitungan tersebut dihasilkan jumlah bahan bakar terbakar sebanyak 2789,69 kg dengan bahan bakar sisa 370,31 kg.

3.3.3 Perhitungan Strategi *Refueling* Rute Nusa Tenggara

Pada strategi *refueling* di setiap transit digunakan data *fuel* yang dibawa

dua kali *trip fuel* dari strategi *full tank*. Dibawah ini terdapat contoh perhitungan konsumsi bahan bakar untuk rute yang telah ditentukan dengan asumsi *refueling* di setiap rute. Strategi *refueling* dengan asumsi berat penumpang (dewasa 70 kg) terdiri dari jumlah penumpang 68 orang dengan total berat 4760 kg dan Bagasi per orang 10 kg total berat bagasi 680 kg dan Cargo 950 kg dengan membawa *fuel* dari hasil perhitungan pada strategi *full tank* berdasarkan rute Nusa Tenggara maka hasil *trip fuel* dibawa dua kali lipat untuk strategi *refueling*. Pada penelitian ini digunakan data pesawat ATR 72 dengan OEW 12950 kg yang sesuai tipe pesawat.

Tabel 3.6 Hasil perhitungan *fuel* strategi *refueling* rute Nusa Tenggara

Pesawat	Rute	Jarak (NM)	Flight Level	Take Off Weight (kg)	Trip Fuel (kg)
ATR 72	SEMARANG - SURABAYA	146	15000	20380	505.32
	SURABAYA - DENPASAR	164	15000	20468	552.30
	DENPASAR - LOMBOK	66	7000	19942	289.68
	LOMBOK - SUMBAWA BESAR	69	7000	19926	299.23
	SUMBAWA BESAR - BIMA	76	9000	19978	317.93
	BIMA - LABUANBAJO	71	9000	19948	302.84
	LABUANBAJO - MAUMERE	140	15000	20316	490.46
	MAUMERE - KUPANG	125	15000	20236	450.62
	KUPANG - WANGAPU	202	14000	20688	660.19
	WANGAPU - TAMBOLAKA	64	8000	19900	281.22
	TAMBOLAKA - BIMA	62	8000	19886	275.28
	BIMA - SUMBAWA BESAR	76	8000	19970	318.43

Berdasarkan Tabel 3.6 terdapat perhitungan strategi *refueling* di setiap rute transit. Perhitungan tersebut terdapat jumlah bahan bakar terpakai sebanyak 4743,50 kg.

3.3.4 Perhitungan Simulasi *Full Payload & Full Tank* Rute Nusa Tenggara

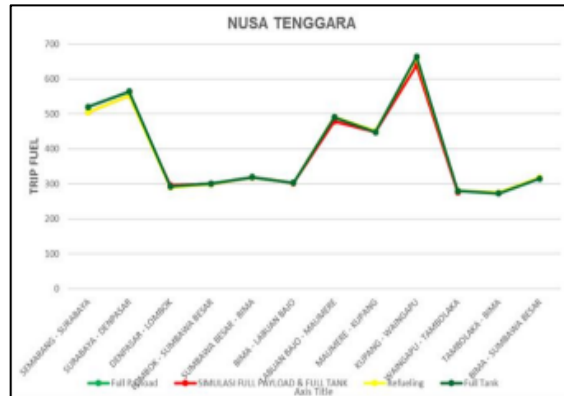
Pada strategi *full payload & full tank* pesawat di awal penerbangan membawa *full payload* dan *refueling* di setiap bandara. Pada strategi *full tank* pesawat membawa *fuel full* dan penumpang tidak penuh di setiap bandara. Dibawah ini terdapat contoh perhitungan konsumsi bahan bakar untuk rute yang telah ditentukan dengan simulasi *full payload* dan *full tank* di setiap rute. Simulasi *full payload & full tank* dengan asumsi berat penumpang (dewasa 70 kg) terdiri dari jumlah penumpang 68 orang dengan total berat 4760 kg dan Bagasi per orang 10 kg total berat bagasi 680 kg dan Cargo 950 kg dengan membawa *fuel* dari hasil perhitungan pada strategi *full tank* berdasarkan rute Nusa Tenggara maka hasil *trip fuel* dibawa dua

kali lipat untuk simulasi *full payload & full tank*. Pada penelitian ini digunakan data pesawat ATR 72 dengan OEW 12950 kg yang sesuai tipe pesawat.

Tabel 3.7 Hasil perhitungan simulasi *Full Payload & Full Tank*

Pesawat	Rute	Jarak (NM)	Flight Level	Take Off Weight (kg)	Trip Fuel (kg)
ATR 72	SEMARANG - SURABAYA	146	15000	20380	505.31
	SURABAYA - DENPASAR	164	15000	20468	552.29
	DENPASAR - LOMBOK	66	7000	22500	295.74
	LOMBOK - SUMBAWA BESAR	69	7000	20364	300.37
	SUMBAWA BESAR - BIMA	76	9000	20064	318.19
	BIMA - LABUANBAJO	71	9000	19746	302.18
	LABUANBAJO - MAUMERE	140	15000	19444	479.36
	MAUMERE - KUPANG	125	15000	18965	448.94
	KUPANG - WANGAPU	202	14000	18516	638.87
	WANGAPU - TAMBOLAKA	64	8000	17877	278.34

Dari Tabel 3.7 terdapat hasil perhitungan simulasi *Full payload & Full tank* untuk rute Nusa Tenggara, pada rute semarang sampai dengan denpasar pesawat membawa *full payload* dan *refueling* di setiap bandara (strategi *full payload*). Pada rute lombok sampai dengan tambolaka pesawat membawa *fuel* 3160 kg dan penumpang tidak penuh di setiap bandara (strategi *full tank*).



Gambar 3.6 Grafik *trip fuel* strategi *full tank*, *full payload*, *refueling*, simulasi *full payload* dan *full tank* rute Nusa Tenggara

Berdasarkan Gambar 3.6 terdapat perhitungan Total *Trip Fuel* dari berbagai rute di Nusa Tenggara, dengan strategi *Full Tank*, *Full Payload*, *Refueling*, simulasi *full payload* dan *full tank*. Dari perbandingan tersebut dapat diketahui *fuel* total dengan perhitungan terbanyak dengan strategi *full tank* 4767 kg sedangkan pada strategi *full payload* terdapat 2787 kg, *refueling* sebanyak 4742 kg. Pada simulasi *full payload & full tank* untuk rute semarang

sampai dengan rute Denpasar refueling di setiap bandara dengan menggunakan (strategi full payload) dan rute Lombok sampai dengan Tambora pesawat membawa fuel sebanyak 3160 kg dengan penumpang tidak penuh di setiap bandara selanjutnya dengan menggunakan (strategi full tank)

3.3.5 Perhitungan Full Tank Pada Rute Sumatera

strategi full tank dengan asumsi Berat penumpang (dewasa 70 kg) terdiri dari jumlah penumpang 45 orang dengan total berat 3150 kg dan Bagasi per orang 10 kg total berat bagasi 450 kg dan Cargo 950 kg dengan membawa fuel full tank. Pada penelitian ini digunakan data pesawat ATR 72 dengan OEW 12950 kg yang sesuai tipe pesawat.

Tabel 3.8 Hasil Perhitungan Fuel strategi full tank rute Sumatera

Pesawat	Rute	Jarak (NM)	Flight Level	Take Off Weight (kg)	Trip Fuel (kg)
ATR 72	KUALANAMU - SILANGIT	83	9000	22500	347,34
	SILANGIT - DUMAI	152	15000	22153	535,28
	DUMAI - PEKANBARU	69	7000	21618	302,78
	PEKANBARU - PADANG	103	13000	21315	426,73
	PADANG - JAMBI	203	15000	20888	659,14
	JAMBI - PALEMBANG	99	9000	20229	387,71
	PALEMBANG - BENGKULU	153	14000	19841	521,81
	BENGKULU - LAMPUNG	189	15000	19319	612,13
	LAMPUNG - HALIM	119	15000	18707	426,94
HALIM - BANDUNG	56	7000	18280	255,02	

Dari Tabel 3.8 terdapat hasil perhitungan strategi full tank untuk rute Nusa Tenggara, dari hasil perhitungan sudah diperoleh bahan bakar dari rute awal keberangkatan dengan membawa bahan bakar full tank tanpa refueling di setiap rute sebanyak 5000 kg, dari perhitungan tersebut dihasilkan jumlah bahan bakar terbakar sebanyak 4474,88 kg dengan bahan bakar sisa 525,12 kg.

3.3.6 Perhitungan Full Payload Pada Rute Sumatera

Pada strategi ini pesawat di awal penerbangan fuel tidak terisi penuh, dengan begitu jumlah penumpang akan terisi full. Dibawah ini terdapat contoh perhitungan konsumsi bahan bakar untuk rute yang telah ditentukan dengan asumsi strategi full payload. Strategi full payload dengan asumsi Berat penumpang (dewasa 70 kg) terdiri dari jumlah penumpang 68

orang dengan total berat 4760 kg dan Bagasi per orang 10 kg total berat bagasi 680 kg dan Cargo 950 kg dengan membawa fuel 3160 kg. Pada penelitian ini digunakan data pesawat ATR 72 dengan OEW 12950 kg yang sesuai tipe pesawat.

Tabel 3.9 Hasil Perhitungan fuel strategi Full Payload Rute Sumatera

Pesawat	Rute	Jarak (NM)	Flight Level	Take Off Weight (kg)	Trip Fuel (kg)
ATR 72	KUALANAMU - SILANGIT	83	9000	22500	347,34
	SILANGIT - DUMAI	152	15000	22153	535,28
	DUMAI - PEKANBARU	69	7000	21618	302,78
	PEKANBARU - PADANG	103	13000	21315	426,73
	PADANG - JAMBI	203	15000	20888	659,14
	JAMBI - PALEMBANG	99	9000	20229	387,71

Dari Tabel 3.9 terdapat hasil perhitungan strategi full payload rute Sumatera, dari hasil perhitungan sudah diperoleh bahan bakar dari rute awal keberangkatan dengan membawa bahan bakar tidak penuh tanpa refueling di setiap rute sebanyak 3160 kg, dari perhitungan tersebut dihasilkan jumlah bahan bakar terbakar sebanyak 2658,98 kg dengan bahan bakar tersisa 501,02 kg.

3.3.7 Perhitungan strategi refueling Rute Sumatera

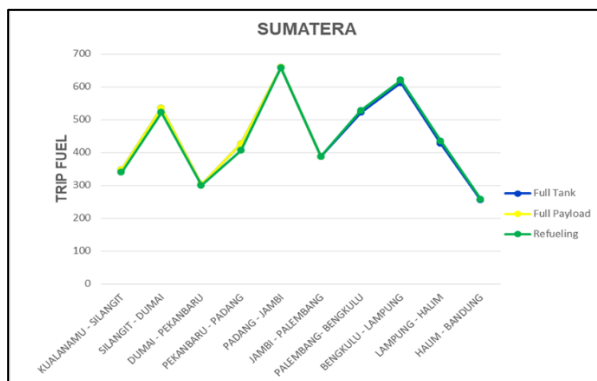
Pada strategi ini pesawat refueling di setiap transit digunakan data fuel yang dibawa dua kali trip fuel dari strategi full tank. Dibawah ini terdapat contoh perhitungan konsumsi bahan bakar untuk rute yang telah ditentukan dengan asumsi refueling di setiap rute. Strategi refueling dengan asumsi berat penumpang (dewasa 70 kg) terdiri dari jumlah penumpang 68 orang dengan total berat 4760 kg dan Bagasi per orang 10 kg total berat bagasi 680 kg dan Cargo 950 kg dengan membawa fuel dari hasil perhitungan pada strategi full tank berdasarkan rute Sumatera maka hasil trip fuel dibawa dua kali lipat untuk strategi refueling. Pada

penelitian ini digunakan data pesawat ATR 72 dengan OEW 12950 kg yang sesuai tipe pesawat.

Tabel 3.10 Hasil Perhitungan *fuel* strategi *refueling* rute Sumatera

Pesawat	Rute	Jarak (NM)	Flight Level	Take Off Weight (kg)	Trip Fuel (kg)
ATR 72	KUALANAMU - SILANGIT	83	9000	20034	339,05
	SILANGIT - DUMAI	152	15000	20410	522,14
	DUMAI - PEKANBARU	69	7000	19946	299,8
	PEKANBARU - PADANG	103	13000	20194	406,19
	PADANG - JAMBI	203	15000	20658	657,56
	JAMBI - PALEMBANG	99	9000	20116	387,48
	PALEMBANG - BENGKULU	153	14000	20384	527,67
	BENGKULU - LAMPUNG	189	15000	20864	620,28
	LAMPUNG - HALIM	119	15000	20194	434,94
HALIM - BANDUNG	56	7000	19850	258	

Berdasarkan Tabel 3.10 terdapat perhitungan strategi *refueling* disetiap rute transit, Perhitungan tersebut didapatkan jumlah *trip fuel* total sebanyak 4453,11 kg.



Gambar 3.7 Grafik *trip fuel* pada strategi *full tank*, strategi *full payload*, strategi *refueling*

Berdasarkan Gambar 3.7 terdapat perhitungan *Trip Fuel* dari berbagai rute Sumatera, dengan strategi *Full Tank*, *Full Payload* dan *Refueling*. Dari perbandingan tersebut dapat diperoleh *fuel* total dengan perhitungan strategi *full tank* sebanyak 4453,11 kg sedangkan pada strategi *full payload* terdapat 2658,98 kg dan *refueling* sebanyak 4453,11 kg.

3.4 Analisis

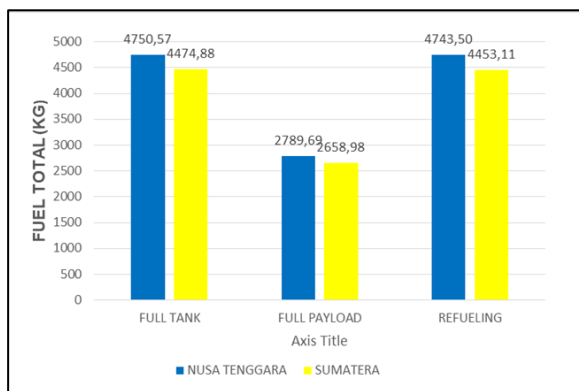
Pada perhitungan konsumsi *fuel* digunakan data FCOM pada pesawat ATR 72 dengan variasi berat bahan bakar yang berbeda, dengan rute *commuter* yang terdapat di Indonesia. Pada perhitungan ini menghitung rute Nusa Tenggara dan Sumatera untuk menghasilkan *fuel* total pada strategi *full tank*, strategi *full payload* dan strategi *refueling* tiap bandara.

Pada perhitungan strategi *full tank* (*fuel on board* 5000kg) pada rute Nusa Tenggara diperoleh hasil perhitungan *fuel* total sebanyak 4750,57 kg, sedangkan pada rute Sumatera diperoleh hasil *fuel* total sebanyak 4474,88 kg tanpa *refueling* disetiap rute. Pada penelitian ini untuk strategi *full tank* pada rute Nusa Tenggara menghasilkan *trip fuel* lebih banyak dibandingkan dengan rute Sumatera. Strategi *full tank* pada saat awal keberangkatan di bandara besar pesawat melakukan pengisian bahan bakar *full tank* dengan tujuan pesawat tanpa *refueling* di bandara selanjutnya, karena di bandara selanjutnya (bandara kecil) tidak ada fasilitas tangki bahan bakar dan harga *fuel* nya lebih mahal dibandingkan bandara besar.

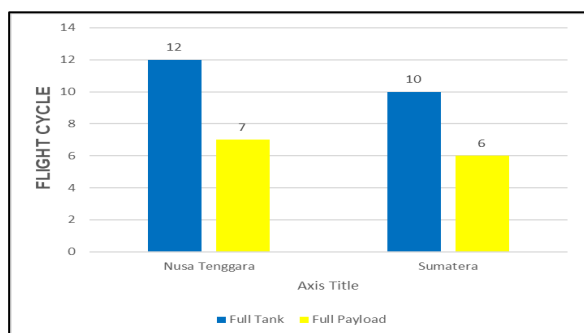
Pada strategi *Full Payload* (*fuel on board* 3160 kg) untuk rute Nusa Tenggara diperoleh hasil perhitungan *trip fuel* total 2789,69 kg, sedangkan rute Sumatera *trip fuel* sebanyak 2658,98 kg. Sehingga pada rute Sumatera menghasilkan *trip fuel* lebih irit dibandingkan dengan rute Nusa Tenggara. Strategi *full payload* digunakan pada saat permintaan tinggi dan pendapatan lebih besar.

Pada strategi *refueling* disaat transit digunakan data *fuel* yang dibawa (*on board*) dua kali *trip fuel* dari strategi *full tank*. Pada rute Nusa Tenggara diperoleh *trip fuel* total sebanyak 4743,50 kg sedangkan rute Sumatera 4453,11 kg.

Pada Gambar 3.9 dapat dilihat perbandingan *flight cycle* pada strategi *full tank* dan strategi *full payload* dari daerah Nusa Tenggara dan Sumatera, dari strategi *full tank* untuk daerah Nusa Tenggara terdapat 12 *flight cycle* sedangkan daerah Sumatera terdapat 10 *flight cycle* dari di awal penerbangan membawa *fuel tank* terisi penuh, dengan asumsi pesawat tanpa *refueling* di rute selanjutnya. Pada strategi *full payload* pesawat diawal penerbangan mengisi *fuel* tidak terisi penuh, untuk daerah Nusa Tenggara terdapat 7 *flight cycle* dan Sumatera terdapat 6 *flight cycle*. Pada strategi *full tank* dan *full payload* rute Nusa Tenggara jarak antar bandara berdekatan dibandingkan dengan rute Sumatera jarak antar bandara jauh maka dihasilkan *flight cycle* yang berbeda.



Gambar 3.8 Grafik perbandingan *fuel* total strategi *full tank*, strategi *full payload* dan strategi *refueling* rute Nusa Tenggara dan Sumatera.



Gambar 3.9 Grafik perbandingan *Flight Cycle* rute Nusa Tenggara dan Sumatera

KESIMPULAN

1. Berdasarkan asumsi perhitungan konsumsi bahan bakar dari berbagai macam rute dengan variasi berat bahan bakar, pada strategi *ful tank* untuk daerah Nusa tenggara diperoleh *fuel* total 4751 kg, strategi *full payload* 2790 kg dan *refueling* pada setiap bandara menghasilkan 4744 kg. Sedangkan rute Sumatera pada strategi *full tank* diperoleh 4475 kg, strategi *full payload* 2659 dan strategi *refueling* setiap bandara 4453 kg.

2. Berdasarkan strategi *full tank* pesawat membawa *fuel* 5000 kg di awal keberangkatan dengan penumpang tidak *full* maka dihasilkan 12 *flight cycle* rute Nusa Tenggara dan 10 *flight cycle* rute Sumatera. Pada strategi *full payload* pesawat membawa *fuel* 3160 kg di awal keberangkatan dengan penumpang *full* maka dihasilkan 7 *flight cycle* rute Nusa Tenggara dan 6 *flight cycle* rute Sumatera.

DAFTAR PUSTAKA

- Ruijgrok, G.J.J., 1994, *Elements of Airplane Performance*, Faculty of Aerospace Engineering, Delft University of Technology, Netherlands.
- FAA, 2016, Holding Aircraft, https://www.faa.gov/air-traffic/publications/atpubs/atc/html/chap4_section_6.html, diakses 18 Maret 2021.
- Saputra D, Abadi, Sigit Priyanto., Imam Muthohar., Magda Bhinnety, 2015, Pengkajian Tingkat Beban Kerja Mental Pilot Pesawat Terbang Dalam Melaksanakan Tahap Fase Terbang (Phase Of Flight), *Jurnal Teknik Sipil*, No 3, Vol 13, 181-189.
- aviation.stackexchange, 2021, The Icao Fuel Reserve Requirements <https://aviation.stackexchange.com/questions/3740/what-are-the-icao-fuel-reserve-requirements>, diakses pada tanggal 29 maret 2021.
- FAA, 2016, Aircraft Weight and Balance Handbook, https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/media/aa-h-8083-1.pdf, diakses pada tanggal 12 Maret 2021.
- Yati Nurhayati, 2012, Perhitungan Panjang Landas Pacu Untuk Operasi Pesawat Udara, *Jurnal Penelitian Perhubungan Udara*, No 4, Vol 38, 373-381.
- NASA.,2015,Thrust specific fuel consumption, <https://www.grc.nasa.gov/WWW/k12/airplane/sfc.html>, diakses 23 Maret 2021.
- You She Melly Anne Dharasta, Anton Turnado, 2016, Pelaksanaan Pelayanan Ground Handling terhadap penumpang maskapai Lion Air di PT Kokapura Bandar Udara Internasional Achmad Yani Semarang, *Jurnal Ground Handling Dirgantara*, No 1, Vol 3, 25-35.
- <https://www.atr-aircraft.com/>, diakses 29 Maret 2021.
- <http://app.wingsair.co.id/filemanagemen/wings/>, diakses pada tanggal 17 Maret 2021.

LAMPIRAN