

SIMULASI PERHITUNGAN FUEL CONSUMPTION PADA PESAWATA320 SAAT HOLDING DI BANDARA INTERNASIONAL HALIM PERDANAKUSUMA MENGGUNAKAN TEORI ANTRIAN

Dhimas Ilyas Ramadhani^{(1)*}, Mufti Arifin⁽²⁾, Ade Julizar⁽³⁾

(1)(2)(3)Prodi Teknik Penerbangan, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta , Indonesia

*Corresponding Author: dhimasilyas2@gmail.com

Abstrak - Pada operasional pesawat terbang, untuk mengetahui jumlah konsumsi bahan bakar pada pesawat maka perlu diketahui waktu yang digunakan untuk *holding*. Waktu *holding* di pengaruhi oleh jumlah pesawat yang menggunakan fasilitas *runway* dan dapat dihitung menggunakan teori antrian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perhitungan konsumsi bahan bakar pada pesawat saat melakukan *holding* di Bandara Internasional Halim Perdanakusuma menggunakan teori antrian. Data untuk perhitungan antrian berdasarkan pengamatan di *flightradar24*. Konsumsi bahan bakar diperkirakan menggunakan data *maximum landing weight* pesawat, teori performa terbang belok dan manual pesawat. Dari hasil perhitungan, didapatkan waktu 6 menit untuk pesawat mengantri saat *holding*, dari waktu tersebut dilakukan perhitungan *fuel consumption* terhadap *holding pattern*nya dan mendapatkan hasil *fuel consumption* terbanyak pada *holding pattern* KOMIT yaitu sebanyak 241,8 kg berdasarkan teori antrian dan 554,8 kg berdasarkan perhitungan data aktual. Perbedaan hasil *fuel consumption* yang jauh dikarenakan perbedaan waktu yang digunakan. Perolehan waktu yang didapat berdasarkan teori antrian yaitu 6 menit dan sifatnya sama rata untuk setiap *holding pattern*, sedangkan perolehan waktu yang didapat berdasarkan data aktual berbeda-beda antara satu pesawat dengan pesawat lainnya. Untuk kemampuan performa terbang belok, pesawat A320 dapat bermanuver 180° dalam waktu 1 menit dengan radius terbesar seluas 9.204 m dalam waktu 2,91°/detik pada *holding pattern* IMU dan radius 2.327 m dalam waktu 2,97°/detik pada *holding pattern* KOMIT.

Kata Kunci: *Holding*, Teori Antrian, Bandara Halim Perdanakusuma, Konsumsi Fuel

Abstract - In aircraft operations, to determine the amount of fuel consumption on the aircraft, it is necessary to know the time used for holding. Holding time is influenced by the number of aircraft using runway facilities and can be calculated using queuing theory. This study aims to determine the calculation of fuel consumption on aircraft when holding at Halim Perdanakusuma International Airport using queuing theory. Data for queue calculation is based on observations on *flightradar24*. Fuel consumption is estimated using aircraft maximum landing weight data, turning flight performance theory and aircraft manuals. From the results of the calculation, it was found that it took 6 minutes for the aircraft to queue during holding, from this time the fuel consumption calculation was carried out on the holding pattern and obtained the most fuel consumption results on the KOMIT holding pattern, which was 241,8 kg based on queuing theory and 554,8 kg based on actual data calculations. The difference in fuel consumption results is far due to the difference in time used. The time obtained based on queuing theory is 6 minutes and is equal for each holding pattern, while the time obtained based on actual data varies from one aircraft to another. For turning flight performance capabilities, the A320 aircraft can maneuver 180° within 1 minute with the largest radius of 9.204 m in 61 seconds or 1 minute 1 second on the IMU holding pattern and a radius of 2.327 m in 60,6 seconds or 1 minute 6 seconds on the COMMIT holding pattern.

Keyword: *Holding*, Queing Theory, Halim Perdanakusuma Airport, Fuel Consumption

VI. PENDAHULUAN

Pesawat terbang umumnya mendarat di suatu bandar udara diatas landasan pacu. Tetapi pada suatu penerbangan yang ingin *landing* ke landasan pacu bisa terjadi *holding*, sebab banyaknya pesawat yang tiba mengantri untuk mendarat terlalu banyak sehingga mengharuskan pesawat untuk *holding* terlebih dahulu supaya mendapatkan giliran mendarat ke landasanpacu. Tetapi terdapat faktor-faktor lainnya yang menyebabkan pesawat *holding* untuk mendarat, seperti faktor cuaca buruk, aktivitas militer, dan juga penerbangan VVIP.

Bandara Internasional Halim Perdanakusuma yang terletak di Jakarta Timur, Indonesia merupakan bandar udara komersial dan juga merupakan markas Komando Operasi Angkatan Udara I. Meskipun begitu, Bandara Halim Perdanakusuma masih menghadapi berbagai masalah. Salah satunya yaitu keterlambatan penerbangan karena aktivitas kegiatan militer di area bandara. Kegiatan latihan militer di area bandara tersebut mengakibatkan pesawat harus melakukan *holding* atau mengelilingi bandara sebelum mendarat sehingga berdampak pada keterlambatan penerbangan.

Dengan latar belakang berikut, dilakukan perhitungan konsumsi bahan bakar menggunakan teori antrian untuk mengetahui berapa banyak konsumsi bahan bakar yang terpakai di pesawat saat *holding* pada pesawat A320 yang dibantu dengan data perhitungan berdasarkan spesifikasi pesawat A320, teori performa terbang belok dan manual pesawat (FCOM).

VII. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, dilakukan pengumpulan data yang meliputi data jadwal keberangkatan dan kedatangan pesawat di Bandara Internasional Halim Perdanakusuma dari *website* halimperdanakusuma *airport* pada tanggal

29 Mei, dan 20 Juni 2023. Kemudian, melakukan pengamatan pesawat yang *holding* menggunakan *flightradar24* pada tanggal 4–9 Juni 2023 dan pengumpulan data pesawat yang terbagi menjadi 2 yaitu data aktivitas pesawat dan *runway* dan data performa pesawat yang *holding*.

Selain itu dilakukan pengelompokan pesawat berdasarkan MTOW sesuai dengan standar ICAO, menentukan *average approach speed* berdasarkan kategorinya, serta menggunakan data *aircraft separation* untuk memastikan keamanan operasional di udara dan menghindari insiden atau tabrakan yang tidak diinginkan. Data-data tersebut dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 2.1 Data Pengelompokan Pesawat Berdasarkan MTOW

Group	MTOW (Kg)
Small	<7000
Heavy	>136000
Large	7000–136000

Tabel 2.2 Data rata-rata kecepatan kedatangan

Group	Average Approach Speed (Knot)
Small	100
Large	131
Heavy	148

Tabel 2.3 Aircraft Separation

Lead Aircraft Type	Arrival (Nautical Mile)			Departure (Second)		
	Heavy	Large	Small	Heavy	Large	Small
Heavy	2.7	3.6	4.5	90	120	120
Large	1.9	1.9	2.7	60	60	50
Small	1.9	1.9	1.9	50	45	35

Dalam proses penelitian juga dilakukan perhitungan menggunakan model *error-free-case* untuk mencari kapasitas *runway*, teori antrian untuk mengetahui waktu *holding*, perhitungan performa terbang belok, kemudian dilakukan pencarian *fuel consumptionnya* sertadilakukan analisis dan perbandingan dari hasil perhitungan *fuel consumption* tersebut berdasarkan teori antrian dengan perhitungan data aktual.

VIII. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Kapasitas *Runway*

Berdasarkan data keberangkatan dan kedatangan yang telah dihipunkun,

kemudian dipilih jumlah data kedatangan dan keberangkatan terbanyak selama satu jam (*peak hours*) untuk mendapatkan kapasitas *runway*nya menggunakan model perhitungan *error-free-case*.

Tabel 3.1 Data kedatangan pesawat saat *peak hour*

No	Carrier	Origin	Arrival	Aircraft Type	Category
1	Citilink	Surakarta	10.00	QG127 (A320)	Large
2	Susi Air	Nusawiru	10.10	SI 235 (C208)	Small
3	Citilink	Surabaya	10.30	QG177 (A320)	Large
4	Airfast Indonesia	Australia	10.34	MD82	Large
5	Batik Air	Palembang	10.35	ID7054 (A320)	Large
6	Batik Air	Malang	10.35	ID7580 (A320)	Large
7	Batik Air	Medan	10.40	ID7018 (A320)	Large
8	Batik Air	Medan	10.45	ID7012 (A320)	Large
9	Citilink	Malang	10.50	QG161 (A320)	Large

Tabel 3.2 Data keberangkatan pesawat saat *peak hour*

No	Carrier	Destination	Departurre	Aircraft Type	Category
1	Batik Air	Medan	12.00	ID7011 (A320)	Large
2	CJS	Denpasar	12.05	CJS01	Small
3	Virgin Express	Matak	12.15	TV001 (B737)	Large
4	Citilink	Malang	12.20	QG164 (A320)	Large
5	Batik Air	Surabaya	12.45	ID7515 (A320)	Large
6	Batik Air	Yogyakarta	12.45	ID7539 (A320)	Large
7	Batik Air	Padang	12.50	ID7109 (A320)	Large
8	Batik Air	Denpasar	12.55	QG194 (A320)	Large

3.1.1 Perhitungan Kapasitas Runway Untuk Kedatangan

Persentase Kedatangan Pesawat Dari **Tabel 3.1** terdapat 8 jumlah pesawat *large* dan 1 pesawat *small*, sehingga:

$$1) \text{ Large} = \frac{8}{9} \times 100\% = 88,8\%$$

$$2) \text{ Small} = \frac{1}{9} \times 100\% = 11,1\%$$

Runway memiliki panjang FAP (γ) 6,7NM. Selanjutnya, dicari peluang dari urutan pesawatnya (P_{ij}) dan pesawat dikelompokkan berdasarkan kecepatan *approach* dan dicari matrik (M_{ij}) sebagai berikut.

$$1) \text{ Peluang dari urutan pesawat (Pij) } L \rightarrow L = 88,8\% \times 88,8\% = 0,788544$$

$$S \rightarrow S = 11,1\% \times 11,1\% = 0,012321$$

$$L \rightarrow S = 88,8\% \times 11,1\% = 0,098568$$

$$S \rightarrow L = 11,1\% \times 88,8\% = 0,098568$$

2) Matrik (M_{ij})

$$L \rightarrow L = \frac{1,9}{131} \times 900 = 13 \text{ detik}$$

$$S \rightarrow S = \frac{1,9}{100} \times 900 = 17,1 \text{ detik}$$

$$L \rightarrow S = 0,004755 \times 900 = 4,2795 \text{ detik}$$

$$S \rightarrow L = 0,019 \times 900 = 17,1 \text{ detik}$$

Perkiraan Waktu Antar Kedatangan Nilai perkiraan waktu antar kedatangan merupakan hasil kali dari P_{ij} dengan m_{ij} yang dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini:

$$E(\Delta T_{ij}) = \sum P_{ij} \times m_{ij} = \sum [P_{ij}] [m_{ij}] P_{ij} \times m_{ij} =$$

$$L \rightarrow L = 0,788544 \times 13 = 10,25$$

$$S \rightarrow S = 0,012321 \times 17,1 = 0,21$$

$$L \rightarrow S = 0,098568 \times 4,2795 = 0,42$$

$$S \rightarrow L = 0,098568 \times 17,1 = 1,69$$

$$E(\Delta T_{ij}) = 10,25 + 0,21 + 0,42 + 1,69$$

$$= 12,56 \text{ detik}$$

Kapasitas Runway

Jika nilai perkiraan waktu antar kedatangan yang disebut $E(\Delta T_{ij})$ dinyatakan dalam satuan detik, maka kapasitas runway per jam untuk

operasi kedatangan didapat dari persamaan berikut ini:

$$Ca = \frac{3600}{E(\Delta T_{ij})} = \frac{3600}{12,56} = 28$$

Jadi kapasitas runway untuk kedatangan saja adalah 28 operasi kedatangan per jam.

IX. Perhitungan Kapasitas Runway Untuk Keberangkatan

Persentase Keberangkatan Pesawat Dari **Tabel 3.2** terdapat 7 jumlah pesawat *large* dan 1 pesawat *small*, sehingga:

$$1) \text{ Large} = \frac{7}{8} \times 100\% = 87,5\%$$

$$2) \text{ Small} = \frac{1}{8} \times 100\% = 12,5\%$$

Selanjutnya, dicari besar waktu pelayanan antar keberangkatan pada runway dengan cara mencari matrik probabilitas keberangkatan pesawat i diikuti pesawat j dikalikan dengan matrik separasi waktu antar kedatangan. Sehingga:

1) Peluang dari urutan pesawat (P_{ij})

$$L \rightarrow L = 87,5\% \times 87,5\% = 0,765625$$

$$S \rightarrow S = 12,5\% \times 12,5\% = 0,015625$$

$$L \rightarrow S = 87,5\% \times 12,5\% = 0,109375$$

$$S \rightarrow L = 12,5\% \times 87,5\% = 0,109375$$

2) Separasi waktu minimum antar keberangkatan:

$$L \rightarrow L = 60 \text{ detik}$$

$$S \rightarrow S = 35 \text{ detik}$$

$$L \rightarrow S = 50 \text{ detik}$$

$$S \rightarrow L = 45 \text{ detik}$$

$$E(\Delta T_d) = \sum P_{ij} t_d$$

$$= 0,765625 (60) + 0,015625 (35)$$

$$+ 0,109375 (50) + 0,109375 (45) =$$

$$56,875 \text{ detik}$$

Kapasitas Runway

Berdasarkan hasil perhitungan probabilitas dan besar waktu pelayanan antar

keberangkatan, maka kapasitas runway per jam untuk melayani keberangkatan pesawat diperoleh dari rumus persamaan sebagai berikut.

$$C_a = \frac{3600}{E(\Delta T d)} = \frac{3600}{56,875} = 63,29$$

≈ 63 operasi keberangkatan per jam

X. Rata-rata Pergerakan Pesawat

Perhitungan rata-rata pergerakan pesawat menggunakan data jumlah pesawat yang *take off* dan *landing* per jamnya kemudian dibagi dengan waktu 24 jam, sehingga:

$$\lambda = \frac{\text{jumlah takeoff landing per jam}}{24 \text{ jam}}$$

$$\lambda = \frac{140}{24} = 5,83 \approx 6$$

Jadi rata-rata pergerakan pesawat di Bandara Internasional Halim Perdanakusuma adalah 6 pesawat per jam.

XI. Waktu Rata-rata penggunaan Runway

Pada perhitungan ini, diasumsikan waktu penggunaan *runway* untuk *take off* adalah 1 menit per pesawat dan asumsi waktu penggunaan *runway* untuk *landing* 2,5 menit perpesawat. Sehingga:

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{waktu TO} + \text{waktu landing}}{\text{pergerakan TO} + \text{Landing}}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{64 + 190}{141} = 1,81 \text{ menit/pesawat}$$

XII. Perhitungan Metode Teori Antrian

Perhitungan ini bertujuan untuk mencari waktu yang diharapkan pesawat untuk menunggu dalam antrian yaitu 0,375 jam atau 6 menit.

3.5 Perhitungan Fuel Consumption

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui jumlah konsumsi bahan bakar

yang dipakai pesawat saat *holding* di Bandara Internasional Halim Perdanakusuma berdasarkan *holding pattern* dengan tipe pesawat A320 menggunakan data FCOM, waktu mengantri (*Wq*), dan *maximum landing weight*. Untuk *holding* terdapat beberapa *pattern*, yaitu IMU, KIMON, KOMIT, ELNIR, SAGAS. Setelah mengetahui *pattern-pattern*nya, maka dapat dilakukan perhitungannya sebagai berikut.

1) Pattern IMU

Diketahui: *Flight level* = 200 = 20.000 ft
Weight (A320) = 66.000 kg
 FF/ENG/Kg = 1119 kg/jam
 Waktu = 6 menit = 0,1 jam

Maka perhitungannya:

$$\text{Fuel consumption} = \text{FF/ENG} \times 2 \times T = 1119 \times 2 \times 0,1 = 223,8 \text{ kg}$$

Jadi fuel yang terpakai ketika manuever holding yaitu 223,8 kg

2) Pattern KIMON

Diketahui:

Flight level = 11.000 ft

Weight (A320) = 66.000 kg

Waktu = 6 menit = 0,1 jam

Perhitungan diatas menggunakan rumus interpolasi karena batas ketinggian pada *pattern* KIMON tidak terlampir pada FCOM *Performance Holding*, sehingga digunakan rumus interpolasi untuk mendapatkan nilai *fuel flow*nya.

$\text{Fuel consumption} = \text{FF/ENG} \times 2 \times T = 1153 \times 2 \times 0,1 = 230,6 \text{ kg}$ Jadi *fuel consumption* yang terpakai saat pesawat bermanuver *holding* adalah 230,6kg.

XIII. Perhitungan Perform TerbangBelok

Perhitungan ini menggunakan rumus performa terbang belok untuk mendapatkan radius terbang belok, kecepatan sudut belok (*rate of turn*) dan jumlah waktu yang dibutuhkan pesawat untuk melakukan putaran manuver 180° selain itu juga menggunakan data *coefisien drag* (*Cd*) yang didapat dari jurnal, *International Standard Atmosphere* untuk menentukan rho (ρ) yang didapat

dariFCOM, dan untuk kecepatannya untuk ketinggian dibawah 20.000 feet dilakukan perhitungan dengan cara $2 \times \text{weight} + 85$. Perhitungan dilakukan berdasarkan holding patternnya, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Performa Terbang Belok

No	Holding Pattern	CL	Cd	Drag = Thrust (Newton)	Radius Terbang Belok (m)	Rate of Turn (deg/s)	Waktu putaran 180°(detik)
1	IMU	0,4	0,058	53,082	9.204	2,91	61
2	KIMON	0,83	0,076	70.477	3.318,00	2,48	72,5
3	KOMIT	0,92	0,081	67.732	2.327	2,97	60,6
4	ELNIR	0,8	0,074	71.198	2.970	2,64	68
5	SAGAS	0,73	0,532	56.926	3.461	2,45	73

3.6 Perhitungan Fuel Consumption

XIV. Menggunakan Data Aktual

Berikut ini adalah perhitungan *fuel consumption* pesawat saat *holding* di Bandara Internasional Halim Perdanakusuma yang dipusatkan pada tipe pesawat Airbus 320 yang telah terkumpul sebanyak 28 pesawat. Dalam perhitungan ini juga berdasarkan data dari Airbus *Flight Crew Operating Manual* untuk mengetahui jumlah *fuel flow* yang berada pada

ketinggian tertentu saat *holding*. *Fuel flow* tersebut dikalikan dengan jumlah *engine* lalu dikalikan lagi dengan lama waktu pesawat saat *holding*. Sehingga perumusan tersebut dapat dinyatakan menjadi persamaan sebagai berikut:

$$\text{Fuel burn} = \text{fuel flow} / \text{ENG} \times 2 \times t$$

Berdasarkan persamaan tersebut, maka perhitungan *fuel consumption* menggunakan data aktual dapat dilihat dalam tabel berikut ini.

Berdasarkan hasil data diatas, maka didapatkan hasil perbandingan antara *fuel consumption* saat *holding* berdasarkan teori antrian dan data aktual sebagai berikut.

- a) Perhitungan yang dilakukan menggunakan teori antrian di dapatkan nilai penggunaan *fuel consumption* terbanyak berada pada *holding pattern* KOMIT yaitu sebanyak 241,8 kg, sama halnya dengan data aktual nilai *fuel consumption* terbanyak juga berada pada *holding pattern* KOMIT sebanyak 554,8 kg. Sedangkan untuk nilai terendah, keduanya terdapat pada *holding pattern* IMU diangka 223,8 kg dan 512,8 kg.

Tabel 3.3 Fuel Consumption Data Aktual

NO	PATTERN/FF/ENG					Waktu (Jam)
	IMU (1119 kg/jam)	KIMON (1153 kg/jam)	KOMIT (1209 kg/jam)	ELNIR (1180 kg/jam)	SAGAS (1168 kg/jam)	
	FF/ENG x 2 x t					
1	783,3	807,1	846,3	826	817,6	0,35
2	186,4	192	201,4	196,5	194,5	0,0833
3	335,7	345,9	362,7	354	350,4	0,15
4	447,6	461,2	483,6	472	467,2	0,2
5	149,2	153,8	161,2	157,4	155,8	0,0667
6	298,3	307,3	322,3	314,5	311,3	0,1333
7	111,9	115,3	120,9	118	116,8	0,05
8	1044,4	1076,2	1128,4	1101,4	1090,2	0,4667
9	1007,1	1037,7	1088,1	1062	1051,2	0,45
10	111,9	115,3	120,9	118	116,8	0,05
11	410,2	422,6	443,2	432,5	428,1	0,1833
12	186,4	192	201,4	196,5	194,5	0,0833
13	111,9	115,3	120,9	118	116,8	0,05
14	223,8	230,6	241,8	236	233,6	0,1
15	111,9	115,3	120,9	118	116,8	0,05
16	298,3	307,3	322,3	314,5	311,3	0,1333
17	522,1	537,9	564,1	550,5	544,9	0,2333
18	186,4	192	201,4	196,5	194,5	0,0833
19	1193,5	1229,7	1289,5	1258,5	1245,7	0,5333
20	149,2	153,8	161,2	157,4	155,8	0,0667
21	857,8	883,8	926,8	904,5	895,3	0,3833
22	447,6	461,2	483,6	472	467,2	0,2
23	1827,7	1883,3	1974,7	1927,4	1907,8	0,8167
24	969,7	999,1	1047,7	1022,5	1012,1	0,4333
25	596,8	615	644,8	629,4	623	0,2667
26	447,6	461,2	483,6	472	467,2	0,2
27	932,5	960,9	1007,5	983,4	973,4	0,4167
28	410,2	422,6	443,2	432,5	428,1	0,1833
Rata-rata	512,8357143	528,4071429	554,0857142	540,7821429	535,282.142.857	0,229160714

3.7 Analisis dan Perbandingan

Tabel 3.4 Perbandingan *Fuel Consumption*

No	Holding Pattern	Fuel Consumption (Kg)		Perbandingan (Kg)
		Teori Antrian	Data Aktual	
1	IMU	223,8	512,8	289
2	KIMON	230,6	528,4	297,8
3	KOMIT	241,8	554,8	313
4	ELNIR	236	540,7	304,7
5	SAGAS	233,6	535,2	301,6

saat *holding*.

- b) *Pattern* KOMIT memiliki *flight level* yang lebih rendah dibandingkan *pattern* IMU. Pada *flight level* yang rendah, penggunaan *fuel flow* cenderung lebih banyak dibandingkan dengan *flight level* yang lebih tinggi. Tetapi, ketika mencapai *flight level* yang lebih tinggi, udara menjadi lebih tipis, hambatan aerodinamis berkurang, sehingga dapat menghasilkan peningkatan efisiensi mesin dan pengurangan *fuel consumption*.
- c) Jika dilihat perbandingan *fuel consumption* saat pesawat *holding* sangat berbeda jauh diantara ke duanya dikarenakan perbedaan waktu mengantri yang digunakan. Perolehan waktu yang didapat berdasarkan teori antrian yaitu 6 menit dan sifatnya sama rata, sedangkan perolehan waktu yang didapat berdasarkan data aktual berbeda-beda antara satu pesawat dengan pesawat lainnya. Hal tersebut bisa didasari karena teori antrian menggunakan model matematis yang mengasumsikan berbagai kondisi yang terstandarisasi dalam sistem antrian, namun dalam situasi operasional nyata, terdapat bermacam faktor yang mempengaruhi *fuel consumption*

IV. Kesimpulan

Dari hasil analisa perhitungan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan:

- 1) Penerapan teori antrian dalam meprediksi lama waktu yang dibutuhkan pesawat untuk mengantri *holding* didapatkan hasil yaitu 6 menit, yang artinya pesawat hanya membutuhkan waktu 6 menit saja untuk berada dalam antrian *holding* tersebut. Kemudian, waktu selama 6 menit tersebut digunakan di perhitungan *fuel consumption* berdasarkan *holding pattern*nya.
- 2) Jumlah *fuel consumption* yang digunakan saat *holding* berbeda-beda di setiap *holding pattern*nya. Berdasarkan teori antrian didapatkan jumlah *fuel consumption* terbanyak terletak pada *holding pattern* KOMIT dengan *fuel consumption* sebanyak 241,8 kg dan jumlah paling sedikit terletak pada *holding pattern* IMU sebanyak 223,8 kg. Pada data aktual jumlah *fuel consumption* terbanyak juga berada pada *pattern* KOMIT sebanyak 554,8 kg dan jumlah *fuel*

consumption terendah juga berada di *pattern* IMU sebanyak 512,8 kg. Perbedaan *fuel consumption* dikarenakan perbedaan waktu yang digunakan. Perolehan waktu yang didapat berdasarkan teori antrian yaitu

6 menit dan sifatnya sama rata, sedangkan perolehan waktu yang didapat berdasarkan data aktual berbeda-beda antara satu pesawat dengan pesawat lainnya.

3) Penerapan performa terbang belok saat pesawat A320 melakukan *holding* dapat dilihat dari hasil kecepatan kemampuan pesawat bermanuver 180° di setiap *pattern holding*nya. Pada Standart Arrival Chart Instrument dapat dilihat pada masing-masing *pattern holding*nya terdapat waktu yang harus di tempuh untuk dapat membentuk sudut lengkung 180° yaitu selama 1 menit. Berdasarkan hasil perhitungan performa yang telah dilakukan sebagian besar mampu melakukannya diatas 1 menit, dengan radius terbesar seluas 9.204 m dalam waktu 61 detik atau 1 menit 1 detik pada *holding pattern* IMU dan radius 2.327 m dalam waktu 60,6 detik atau 1 menit 6 detik pada *holding pattern* KOMIT.

3. Horonjeff, R., McKelvey, F., Sproule, W.J., Young, S.B., *Planning and Design of Airport*, 5th ed, New York:Mc Graw Hill,2010.
4. Ruijgrok,G.J. 1990, *Elements of Airplane Performance*, Delft University, Den Haag.H

DAFTAR PUSTAKA

1. ICAO,2007, *Air Traffic Management*, Amandement No.1
2. *Federal Aviation Administration, ATC Clearance and Aircraft Separation*,https://www.faa.gov/air_traffic/publications/atpubs/aim_html/cha_p4_section_4.html, diakses pada tanggal 6 Juli 2023