

ANALISIS KONSUMSI BAHAN BAKAR (SFC) MESIN LYCOMING O-360-A1AD SAAT TERBANG DI KETINGGIAN 13500 Ft

Muhamad Jalu Purnomo

Jurusan Teknik Penerbangan STT Adisutjipto
Jl. Janti Blok-R Lanud Adisutjipto-Yogyakarta

Abstrak

Jenis mesin Lycoming 0 360 AIAD memiliki 4 silinder dengan memiliki power 180 HP tipe mesin ini umum digunakan di dunia. Dilengkapi dengan baling-baling pendorong type Hartzell dengan kecepatan konstan, memberikan kinerja maksimum dalam semua fase, konsumsi bahan bakar yang efektif dan kecepatan jelajah yang tinggi, *engine* ini salah satunya terpasang pada pesawat Socata. Pesawat jenis ini banyak digunakan dalam program Sekolah Pilot di Indonesia. Untuk itu perlu diketahui konsumsi bahan bakarnya saat terbang di ketinggian 13.500 fase *loiter* selama 40 menit guna mengetahui konsumsi bahan bakarnya. Perhitungan konsumsi bahan bakar (sfc) dilakukan secara manual dan menggunakan Microsoft Excel. Metode pengumpulan data dilakukan dengan metode studi kepustakaan. Perhitungan dimulai dari menemukan nilai *break power*, *brake specific fuel consumption* untuk menemukan konsumsi bahan bakar (*specific fuel consumption*) yang dibutuhkan saat terbang di ketinggian 13500 ft, karena fase *loiter* diasumsikan pesawat bergerak berputar(*bank*) dengan sudut 3^0 . Besar brake power yang dibutuhkan pada saat *cruising* di *sea level* dan 13500 ft secara berurutan dengan rpm 2450 setelah dilakukannya perhitungan adalah 80.544 kW atau 108.01 HP dan 143.76 kW atau 192.78 HP dengan kecepatan 63.27 m/s. *Brake Power* saat *loiter* dengan sudut *bank* 3^0 dan kecepatan 45.3257 m/s adalah 103.13 kW atau 138.3 HP. Besar $bsfc_{40\text{menit}}$ adalah 0.19 kg/kW, *Fuel mass flow* (m_f) adalah sebesar 19.6 kg. Jadi, volume fuel yang dikonsumsi saat *loiter* selama 40 menit di ketinggian 13500 ft adalah 0.026 m^3 atau 6.878 gallon, tanki *fuel* yang tersedia adalah sebesar 40 gallon, maka *fuel* yang terpakai saat *loiter* adalah 17.195% dari *full tank* bahan bakar.

Kata Kunci : *brake power*, *brake specific fuel consumption*, *Lycoming O-360-A1AD*

Abstract

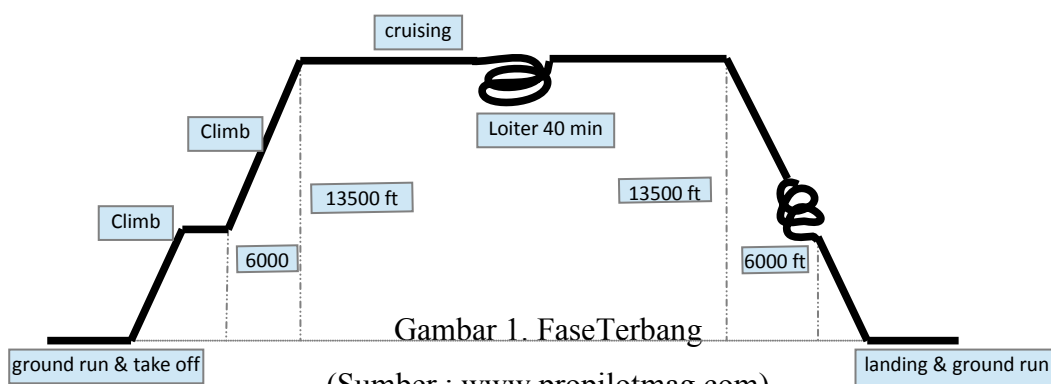
Type O360 AIAD Lycoming engine has 4 cylinders with having a power of 180 HP engine type is commonly used in the world. Equipped with a propeller-type driving at a constant speed Hartzell, providing maximum performance in all phases, the effective fuel consumption and a high cruising speed, the engine is mounted on one satuya Daher-Socata aircraft. This type of aircraft used in the Pilot Schools program in Indonesia. For that to know the fuel consumption when flying at altitudes of 13,500 loiter phase for 40 minutes to determine the fuel consumption. Calculation of fuel consumption (sfc) is done manually and using Microsoft Excel. Methods of data collection is done with methods of literary study. Calculation starts from finding the value of a power break, brake specific fuel consumption to find fuel consumption (specific fuel consumption) required when flying at an altitude of 13500 ft, due to loiter phase assumed rotating air moving (banks) with an angle of 30. Great brake power is required at the time of cruising at sea level and 13500 ft sequentially with 2450 rpm, subsequent to the calculation is 80 544 kW or HP and 143.76 108.01 192.78 kW or HP with a speed of 63.27 m / s. Brake Power when loiter with 30 bank angle and speed of 45.3257 m / s are 103.13 kW or 138.3 HP. Large bsfc40menit is 0:19 kg / kW, fuel mass flow (mf) amounted to 19.6 kg. Thus, the volume of fuel consumed while loiter for 40 minutes at a height of 13500 ft is 0026 m³ or 6878 gallon fuel tank that is available is equal to 40 gallons, the fuel that is used when loiter is 17 195% of a full tank of fuel.

Key word : brake power, brake specific fuel consumption, Lycoming O-360-AIAD

1. Latar Belakang

Jumlah lulusan pilot di dalam negeri masih belum berimbang dengan kebutuhan perusahaan penerbangan di Indonesia yang terus berkembang. Seiring dengan meningkatnya perkembangan bisnis Internasional dibidang penerbangan, para maskapai penerbangan terus berupaya memenuhi kebutuhan dan kualitas pilot. Menurut hitungan Ketua Federasi Pilot Indonesia, perusahaan penerbangan di Indonesia butuh tambahan sebanyak 800 – 900 pilot baru. “Karena kita masih kekurangan pilot sekitar 300-400 orang setiap tahunnya” Potensi. Inilah yang memprakarsai banyak berdirinya Sekolah Pilot di Indonesia. Sehingga pemilihan pesawat guna mendukung jam terbang siswa harus diperhatikan, salah satu pertimbangan pemilihan pesawat dapat dilihat dari segi jenis mesin yang digunakan yang berhubungan dengan konsumsi bahan bakarnya.

Mesin jenis *Lycoming O 360 AIAD* memiliki 4 silinder dengan memiliki power 180 HP, Pesawat yang menggunakan mesin jenis *Lycoming O-360-AIAD* mempunyai daya 180 HP pada 2700 rpm, serta mampu terbang hingga ketinggian 13500 ft di atas permukaan laut. Tipe mesin ini dipasang pada pesawat latih umum digunakan di dunia Sekolah Pilot penerbang. Adapun Fase terbang setiap pesawat umumnya dimulai dari persiapan terbang saat di darat (*take off*), terbang menanjak (*climb*), terbang datar (*cruise*), terbang datar berputar (*loiter*), terbang menurun (*decent*) dan menyentuh landasan (*landing*).



Gambar 1. Fase Terbang

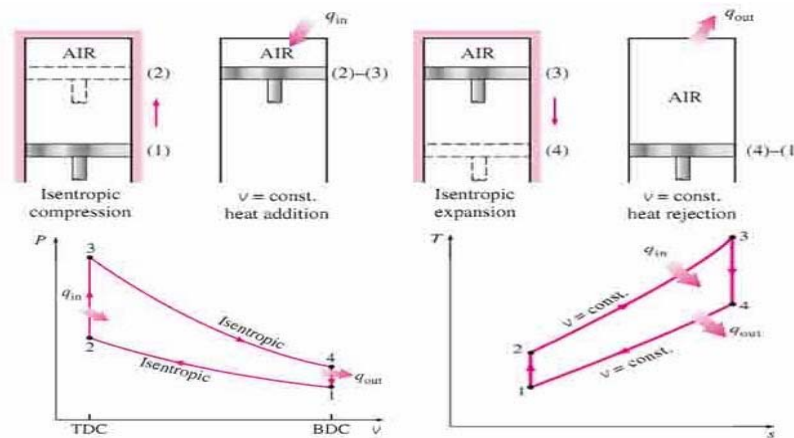
(Sumber : www.propilotmag.com)

Penelitian ini dilakukan untuk menghitung kebutuhan konsumsi bahan bakar pada mesin jenis ini yang beroperasi di ketinggian 13500 ft pada saat fase terbang datar berputar (*loiter*) dengan sudut 3° , waktu terbang berputar selama 40 menit. Pada ketinggian tersebut dikondisikan pesawat memiliki total berat standar dengan kecepatan sebesar 148 ft/s. Perhitungan dimulai dari menemukan nilai *break power*, *brake specific fuel consumption* untuk menemukan konsumsi bahan bakar (*specific fuel consumption*) yang dibutuhkan saat terbang di ketinggian 13500 ft. Perhitungan dilakukan secara manual dan dibantu dengan *Excel*.

2. Piston Engine

Motor bakar torak merupakan salah satu mesin pembangkit tenaga yang mengubah energy panas (*energy termal*) menjadi energy mekanik melalui proses pembakaran yang terjadi dalam ruang bakar sehingga menghasilkan enegi mekanik berupa gerakan translasi piston (*conection rods*) menjadi rotasi poros engkol yang untuk selanjutnya diteruskan ke system transmisi roda gigi kemudian diiteruskan ke roda penggerak sehingga kendaraan dapat berjalan.

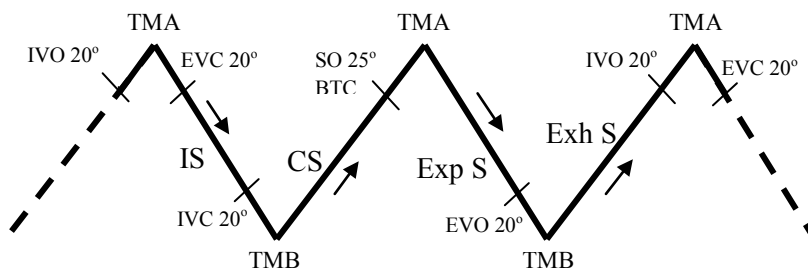
Motor bakar dua langkah adalah jenis motor bakar yang menghasilkan tenaga dengan dua kali langkah piston atau satu kali putar poros engkol, sedangkan motor empat langkah, untk menghasilkan tenaga memerlukan empat langkah piston atau dua kali putaran poros engkol. (Arismunandar, Wiranto; 1988).



Gambar 2. Siklus Otto Ideal

(Sumber : Termodinamika teknik. Michel J. Moran)

Effisiensi thermal siklus Otto ideal ini tergantung dari besarnya rasio kompresi mesin dan rasio kalor spesifik dari fluida kerjanya. Efisiensi siklus akan naik bila rasio kompresi dan rasio kalor spesifik semakin besar.



Gambar 3. Diagram W

(Sumber : Norris, William, 2007)

Dari grafik dan diagram siklus aktual mesin piston di atas, dapat dideskripsikan :

- (1) *Intake Stroke* (IS) ; piston bergerak dari TMA ke TMB, posisi *intake valve open* (IVO) dan *exhaust valve close* (EVC) 20° setelah TMA, sehingga campuran udara dan bahan bakar masuk ke dalam *cylinder*.

- (2) *Compression Stroke* (CS) ; piston bergerak dari TMB ke TMA, posisi kedua katup tertutup sehingga campuran udara dan bahan bakar terkompresi.
- (3) *Ignation Process* atau *Spark Occurs* (SO 25° BTU) ; 25° *Before Top Center* (BTU), busi menyala sehingga terjadilah pembakaran.
- (4) *Expansion Stroke* (Exp S) ; gas yang terbakar akan meningkatkan tekanan dan temperature sehingga mendorong piston dari TMA ke TMB. Pada langkah inilah tenaga dihasilkan.
- (5) *Exhaust Stroke* (Exh S) ; piston bergerak dari TMB ke TMA, posisi *intake valve close* (IVC) dan *exhaust valve open* (EVO), sehingga piston mendorong sisa gas bakar keluar. *Intake valve open* di 20° BTC, dan proses kembali dimulai.

3. Lycoming O-360-A1D engine

Engine ini merupakan pabrikan dari *AVCO Corporation* (*Avco Lycoming*) *manufacturer Pennsylvania USA*. Ada berbagai jenis tipe dan seri *Lycoming engine* ini, seperti yang tertera pada gambar berikut (Sumber : *Operators's Manual Avco Lycoming 360 and Associated Models Aircraft Engines*)

Tabel 1. Spesifikasi Ukuran *Engine*

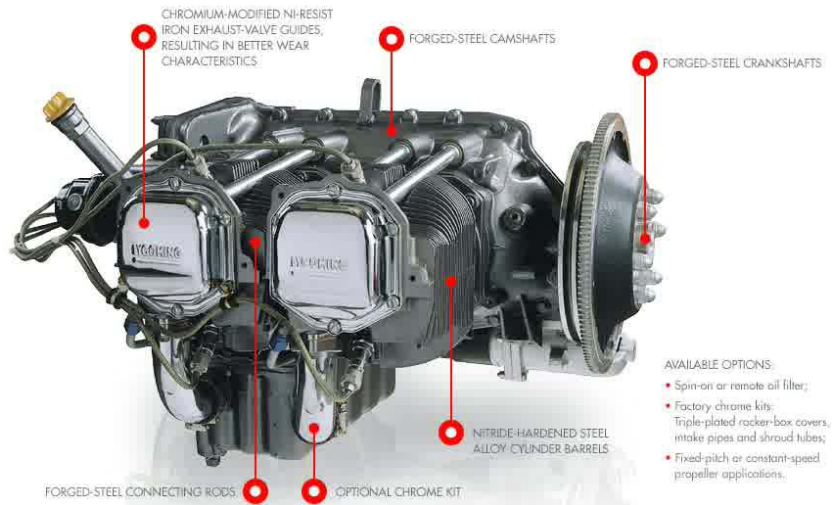
(Sumber: *Operators's Manual Avco Lycoming 360 and Associated Models Aircraft Engines*)

SPESIFIKSI MESIN		NILI
Berat kering (lbs)		286
Panjang (inch)		29.56
Lebar (inch)		33.37
Tinggi (inch)		24.59
TBO		2000
OKTAN BAHAN BAKAR		91/96 atau 100/130
Tekanan bahan bakar (psi)	maksimum	18
	desired	13
	minimum	9
SPESIFIK DAN UKURAN MESIN		NILAI
<i>FAA Type Certificate</i>		286
<i>Rated Horsepower</i>		180
<i>Rated Speed (RPM)</i>		2700
<i>Bore (Inches)</i>		5.125
<i>Stroke (Inches)</i>		4.375
<i>Displacement (cubic inches)</i>		361.0
<i>Compression Ratio</i>		8.5 : 1
<i>Firing Order</i>		1-3-2-4
<i>Spark Occurs (degrees BTC)</i>		25
<i>Valve Rocket Clearance (hydraulic tappets collapsed)</i>		028 - 080
<i>Propeller Drive Ratio</i>		1 : 1
<i>Propeller Drive Rotation (viewed from rear)</i>		<i>Clockwise</i>

Tabel 2. Spesifikasi *Performance Rate*

(Sumber : *Operators's Manual Avco Lycoming 360 and Associated Models Aircraft Engines*)

<i>Operation</i>	<i>RP M</i>	<i>HP</i>	<i>Fuel Cons.</i>	<i>Max Oil Cons.</i>	<i>Max Cyl. Head</i>
<i>Normal Rated</i>	2700	180	---	0.80	500°F
<i>Performance Cruise (75%)</i>	2450	135	10.5	0.45	500°F
<i>Economy Cruise (65% Rated)</i>	2350	117	9.0	0.39	500°F



Gambar 4. Mesin *Lycoming O-360-A1AD*

(Sumber : <http://www.airpowerinc.com>)

4 Perhitungan di Ketinggian 13500 ft

a. Menghitung *Indicated Mean Effective Pressure*

Parameter tekanan dan temperatur di 13500 ft,

$$P_1 = 0.607347 \text{ bar} ; T_1 = -11.7465 \text{ }^\circ\text{C} + 273.15 = 261.4035 \text{ }^\circ\text{K}$$

• Proses 1 – 2

$$\frac{p_2}{p_1} = r^\gamma = 8.5^{1.4} = 20$$

$$p_2 = 20 \cdot 0.607347$$

$$= 12.15 \text{ bar} = 12.5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\frac{T_2}{T_1} = r^{\gamma-1} = 8.5^{1.4-1} = 2.35$$

$$T_2 = 2.35 \cdot 261.4035$$

$$= 614.3 \text{ } ^\circ\text{K} = 341.15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

• Proses 2 – 3

Diasumsikan $P_3 = 30 \text{ bar} = 30 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

(<http://performancetrends.com/Definitions/Cylinder-Pressure.htm>)

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{p_3}{p_2} = \frac{30}{12.15} = 2.47$$

$$T_3 = 2.47 \cdot 614.3$$

$$= 1517.32 \text{ } ^\circ\text{K} = 1244.17 \text{ } ^\circ\text{C}$$

• Proses 3 – 4

$$\frac{p_3}{p_4} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^\gamma = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = r^\gamma = 8.5^{1.4} = 20$$

$$p_4 = \frac{p_3}{20} = \frac{30}{20} = 1.5 \text{ bar} = 1.5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\frac{T_3}{T_4} = r^{\gamma-1} = 8.5^{0.4} = 2.35$$

$$T_4 = \frac{T_3}{2.35} = \frac{1517.32}{2.35} = 645.67 \text{ } ^\circ\text{K} = 372.52 \text{ } ^\circ\text{C}$$

• Luas Area 1234

$$Area_{1234} = (Area \text{ under } 3-4) - (Area \text{ under } 2-1)$$

$$= \frac{P_3V_3 - P_4V_4}{\gamma - 1} - \frac{P_2V_2 - P_1V_1}{\gamma - 1}$$

$$= \left[\frac{\left((30 \times 10^5)(78.87 \times 10^{-5}) \right) - \left((1.5 \times 10^5)(670.44 \times 10^{-5}) \right)}{0.4} \right]$$

$$- \left[\frac{\left((12.15 \times 10^5)(78.87 \times 10^{-5}) \right) - \left((0.607347 \times 10^5)(670.44 \times 10^{-5}) \right)}{0.4} \right]$$

$$= \left[\frac{(2366.1 - 1005.66)}{0.4} \right] - \left[\frac{(985.875 - 407.19)}{0.4} \right]$$

$$= 2023.4 \text{ Nm}$$

- *Indicated Mean Effective Pressure (P_{im})*

$$P_{im} = \frac{Area_{1234}}{V_s}$$

$$= \frac{2023.4}{591.57 \times 10^{-5}} = 342038.981 \text{ N/m}^2 = 3.4204 \text{ bar}$$

b. Menghitung *Indicated Power (ip)*

Diketahui beberapa parameter,

$$p_{im} = 3.4204 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$V_s = 361 \text{ inc}^3 = 591.57 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$n = 2450/2 = 1225 \text{ rpm}$$

$$K = 4$$

Untuk *cruising, throttle* yang digunakan adalah 75%, maka rpm yang dihasilkan adalah 2450 rpm.

Maka perhitungannya,

$$ip = \frac{p_{im} V_s n K}{60000}$$

$$= \frac{3.4204 \times 10^5 \cdot 591.57 \times 10^{-5} \cdot 1225 \cdot 4}{60000}$$

$$= 165.245 \text{ kW} = 222 \text{ HP}$$

c. Menghitung *Brake Power (bp)*

Perhitungan bp aktualnya diukur menggunakan *dynamometer*, yaitu *prony brake* yang menghitung torsi dengan parameter yang dihasilkan, panjang *arm* (R) *prony brake*, dan gaya dari momen puntir (F) seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.9. dalam hal ini parameter yang diketahui :

$$\underline{R} = 3.18 \text{ ft} = 0.9692 \text{ m}$$

$$N = 2450 \text{ rpm}$$

Sedangkan F dapat dihitung dengan menentukan nilai fp sebesar 13% dari ip (pembahasan 2.6.4)

$$fp = 0.13ip$$

$$bp = ip - fp$$

$$= ip - 0.13ip$$

Jadi,

$$F = \frac{(1 - 0.13)ip \times 60000}{2\pi RN}$$

$$= \frac{(1 - 0.13)165.245 \times 60000}{2(3.14)(0.9692)(2450)}$$

$$= 578.44 \text{ N}$$

Maka bp dapat dihitung,

$$bp = \frac{2\pi RFN}{60000}$$

$$= \frac{2(3.14)(0.9692)(578.44)(2450)}{60000}$$

$$= 143.76 \text{ kW} = 192.78 \text{ HP}$$

- d. Menghitung *Friction Power* (fp)

Friction power merupakan nilai *power* yang hilang akibat gesekan-gesekan yang terjadi. Nilai fp dihitung dengan selisih antara nilai ip dan bp menurut persamaan berikut :

$$fp = ip - bp$$

$$= 165.245 - 143.76$$

$$= 21.485 \text{ kW} = 28.81 \text{ HP}$$

- e. Menghitung kecepatan saat terbang datar

Menghitung kecepatannya menggunakan persamaan :

$$J = \frac{v}{nD}$$

Dimana,

J = *advance ratio* atau faktor progresi (0.8656/rev)

v = kecepatan

n = 2450/60 rps

D = diameter *propeller* (5.9297 ft = 1.79 m)

Mencari v :

$$\begin{aligned} v &= JnD \\ &= (0.8685)(2450/60)(1.79) \\ &= 63.27 \text{ m/s} \end{aligned}$$

f. Menghitung *Thrust* dan *Brake Power* Saat *Loiter*

$$bp = power = T \times v$$

$$\begin{aligned} T_{cruise} &= \frac{bp_{cruise}}{v_{cruise}} \\ &= \frac{143.76 \times 1000}{63.27} \\ &= 2272.16 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari persamaan :

$$\frac{T_{loiter}}{T_{cruise}} = \frac{1}{\cos \theta}$$

Dimana sudut *bank* saat *loiter*, $\theta = 3^\circ$

Maka,

$$\begin{aligned} T_{loiter} &= \frac{T_{cruise}}{\cos \theta} \\ &= \frac{2272.16}{\cos 3^\circ} \\ &= \frac{2272.16}{0.9986} \\ &= 2275.34 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi,

$$\begin{aligned} bp_{loiter} = power &= T \times v \\ &= 2275.34 \times 45.3257 \\ &= 103131.38 \text{ Watt} \\ &= 103.13 \text{ kW} \end{aligned}$$

5. Menghitung dan Menganalisis *Brake Specific Fuel Consumption (bsfc)* saat *loiter* 40 menit

Dalam menghitung *bsfc*, parameter yang diperlukan :

$$\dot{m}_f = V_f \times \rho$$

Dimana $V_f = 10.5 \text{ Gal/hr} = 0.04 \text{ m}^3/\text{hr}$ (pada 103.13 kW)

$$\rho_{\text{gasoline}} = 737 \text{ kg/m}^3$$

$$bp_{\text{loiter}} = 103.13 \text{ (kW)}$$

jadi,

$$\begin{aligned} \dot{m}_f &= V_f \times \rho \\ &= 0.04 \text{ m}^3/\text{hr} \times 737 \text{ kg/m}^3 \\ &= 29.48 \text{ kg/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} bsfc_{\text{loiter}} &= \frac{\dot{m}_f}{bp_{\text{loiter}}} \\ &= \frac{29.48}{103.13} \\ &= 0.286 \text{ kg/kW hr} \end{aligned}$$

Untuk *loiter* selama 40 menit :

$$\begin{aligned} bsfc_{40} &= \frac{0.286}{60} \times 40 \\ &= 0.19 \text{ kg/kW mins} \end{aligned}$$

Menghitung *massa fuel flow* :

$$\begin{aligned} \dot{m}_{f-\text{loiter}} &= 0.19 \times 103.13 \\ &= 19.6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menghitung dan membandingkan volume *fuel* yang terpakai :

$$V_{f-\text{loiter}} = \frac{\dot{m}_f}{\rho} = \frac{19.6}{737} = 0.026 \text{ m}^3 = 6.878 \text{ Gal}$$

Jadi, dengan kapasitas tangki 40 gallon, pesawat ini hanya menggunakan *fuel* sebesar 6.878 *gallon*, atau sekitar 17.195% *fuel* yang dibawa jika terisi penuh saat *loiter* selama 40 menit di ketinggian 13500 ft.

6. Kesimpulan

- Besar *brake power* yang dibutuhkan saat *cruising* pada ketinggian 13500 ft dengan rpm 2450 adalah 143.76 kW atau 192.78 HP dengan kecepatan 63.27 m/s, dan saat *loiter* dengan sudut bank 3° dan kecepatan 45.3257 m/s adalah 103.13 kW atau 138.3 HP.
- Besar *bsfc engine* saat *loiter* selama 40 menit adalah 0.19 kg/kW mins. *Fuel mass flow (m_f)* dengan kecepatan terbang 45.3257 m/s dan *brake power* sebesar 103.13 kW adalah sebesar 19.6 kg. Jadi, volume *fuel* yang dikonsumsi saat *loiter* selama 40 menit di ketinggian 13500 ft adalah 0.026 m³ atau 6.878 *gallon*. Tanki *fuel* yang tersedia adalah sebesar 40 *gallon*, jadi dapat disimpulkan bahwa *fuel* yang terpakai saat *loiter* adalah 17.195% dari *full tank* bahan bakar.

7. DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, Wiranto: *Penggerak mula motor bakar torak*, Ganesha ITB Bandung, 1988

Arismunandar, Wiranto; “*Pengantar Turbin Gas dan Motor Propulsi*”, Penerbit ITB., Bandung, 2002

Michael J. Moran, Howard N. Shapiro; terjemahan oleh Yulianto Sulisty Nugroho; editor Lameda Simarmata. – Jakarta: Erlangga, 2004

Operators’s Manual Avco Lycoming 360 and Associated Models Aircraft Engines

Norris, William; *A Practical Treatise on the ‘otto’ cycle gas engine*, Longmans, Green, University of Wiscosin-Madison, 2007

<http://www.apg.or.id/apg.int/>

www.propilotmag.com

<http://www.airpowerinc.com>

