

Kajian Ekonomi Pemanfaatan Pesawat Cessna 206 Sebagai Wahana Surveillance Untuk Mitigasi Bencana Alam

Fuad Surastyo¹, Danartomo Kusumoaji¹

¹ Pusat Teknologi Penerbangan LAPANJL. Raya LAPAN, Desa Sukamulya Kec. Rumpin-Bogor Jawa Barat, E-mail: fuadtarnus2000@gmail.com, danar_51@yahoo.com

Abstrak – Sebagai lembaga penelitian di bidang penerbangan dan antariksa, LAPAN memiliki sebuah pesawat penelitian berjenis Cessna 206. Pesawat Cessna 206 adalah pesawat ringan yang dapat mengangkut 6 orang termasuk pilot dan copilot. Ketangguhan pesawat ini dalam melaksanakan beberapa misi terbang menjadikan pesawat ini dapat dimanfaatkan untuk kegiatan-kegiatan surveillance dalam rangka mitigasi bencana alam. Pesawat Cessna 206 juga terkenal sebagai *utility aircraft*, sehingga dalam melaksanakan misi surveillance tersebut, pesawat ini dapat dilengkapi dengan beberapa peralatan pendukung misi, seperti *Digital Aerial Camera* maupun sensor *Lidar*. Sensor – sensor tersebut dapat diintegrasikan ke dalam pesawat Cessna 206 tanpa perlu melakukan modifikasi struktur pesawat, yang mengharuskan dilakukannya proses pembuatan STC (*Supplemental Type Certificate*). Untuk menjamin agar pelaksanaan misi operasi pesawat Cessna 206 dapat terlaksana dengan baik, maka dibutuhkan suatu kajian ekonomi yang dimaksudkan untuk menghitung berapa biaya operasi langsung (*Direct Operating Cost – DOC*) yang dibutuhkan oleh pesawat Cessna 206 dalam melaksanakan suatu misi operasi surveillance mitigasi bencana. Perhitungan DOC ini akan mempertimbangkan faktor-faktor seperti konfigurasi sensor yang digunakan dan profil rute penerbangan yang dipilih. Khusus untuk paper ini, konfigurasi sensor yang dipilih dibatasi hanya untuk *Digital Aerial Camera* dengan misi aerial fotografi. Metode perhitungan biaya operasi mengadopsi metode yang terdapat dalam buku *Airplane Design Part VIII: Airplane Cost Estimation: Design, Development, Manufacturing and Operating* oleh Jan Roskam. Misi terbang yang akan dilakukan adalah pemantauan dampak letusan gunung merapi di Magelang.

Kata Kunci: *Cessna 206, DOC, Roskam Method*

PENDAHULUAN

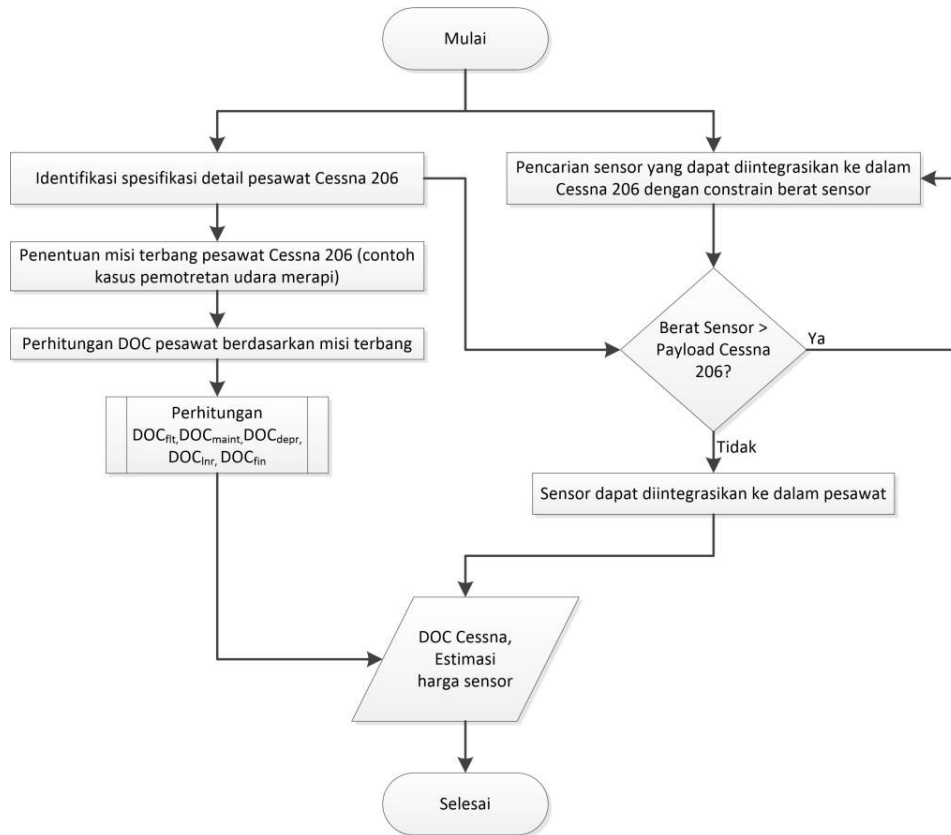
Pesawat Cessna 206 adalah pesawat yang masuk ke dalam kategori *light aircraft*, mempunyai konfigurasi mesin tunggal, *fixed landing gear*, dan memiliki konfigurasi sayap *high wing*. Cessna 206 dapat digambarkan seperti "kendaraan sport di udara." Dimana pesawat ini juga dapat digunakan untuk misi selain mengangkut penumpang seperti misi pemotretan udara, *skydiving* dan tujuan utilitas lainnya. Dengan adanya pesawat ini, LAPAN sebagai instansi penelitian yang salah satu tugas utamanya adalah melakukan penelitian di bidang pesawat terbang menjadikan pesawat ini sebagai platform terbang untuk pengujian beberapa instrument dan sensor, maupun sebagai wahana untuk melakukan pemotretan udara.

Dari segi operasional pesawat, pesawat cessna 206 ini berada dibawah kendali Pusat Teknologi Penerbangan (PUSTEKBANG), dan tim yang melakukan pengoperasian dan perawatan pesawat ini diserahkan kepada pihak Balai Besar Kalibrasi Fasilitas Penerbangan Kementerian Perhubungan. Untuk menjamin agar pelaksanaan misi operasi pesawat Cessna 206 dapat terlaksana dengan baik, maka dibutuhkan suatu kajian ekonomi yang dimaksudkan untuk menghitung berapa biaya operasi langsung (*Direct Operating Cost – DOC*) yang dibutuhkan oleh pesawat Cessna 206 dalam melaksanakan suatu misi operasi surveillance mitigasi bencana.

Dalam pelaksanaan misi surveillance, pesawat ini dapat dilengkapi dengan beberapa peralatan pendukung misi, seperti *Digital Aerial Camera* maupun sensor *Lidar*. Khusus untuk pembahasan paper ini, konfigurasi sensor yang dipilih dibatasi hanya untuk *Digital Aerial Camera* dengan misi aerial fotografi. Hasil perhitungan DOC ini nantinya akan dikombinasikan dengan harga sensor yang akan diintegrasikan ke dalam pesawat. Adanya model perhitungan biaya pengoperasian pesawat dan estimasi biaya sensor yang digunakan akan dimanfaatkan untuk mengkalkulasi perkiraan biaya yang dibutuhkan jika menggunakan pesawat Cessna 206 sebagai wahana surveillance untuk mitigasi bencana. Hal inilah yang melatarbelakangi sekaligus menjadi tujuan disusunnya paper dengan topik ini.

METODOLOGI

Untuk memperoleh hasil yang diinginkan, metodologi yang akan dijalankan dapat dilihat di dalam gambar 1 berikut ini.



Gambar 1 Metodologi Penelitian

Secara umum, biaya pengoperasian pesawat dibagi menjadi 2 komponen besar, yakni biaya pengoperasian langsung (*direct operating cost = DOC*) dan biaya operasi tak langsung (*indirect operating cost = IOC*). Di dalam literature [1.Liebeck, R.H., et. Al, 1995, *Advanced Subsonic Airplane design and Economic Studies*.]disebutkan bahwa komponen biaya $DOC + I$ terdiri dari biaya *flight* dan kabin crew, biaya perawatan mesin dan airframe, biaya pendaratan, biaya depresiasi, biaya interest dan asuransi. Komponen biaya ini juga diadopsi di dalam literature [2.Roskam Jan, 1990, *Aircraft Design Part VIII, Airplane Cost Estimation - Design, Development, Manufacturing and Operating.*]. Menurut literature [3.Piwek K, Iwaniuk A, Dziugiel B., 2011, *Small Air Transport Aircraft Characteristic to be used for Demand Calculation.*], terdapat 3 komponen utama untuk menghitung biaya pengoperasian pesawat, yakni komponen biaya tetap (*fixed costs*), variable (*variable costs*), dan komponen biaya lainnya (*other costs*).

Beberapa komponen biaya yang terdapat di dalam literature [3.Piwek K, Iwaniuk A, Dziugiel B., 2011, *Small Air Transport Aircraft Characteristic to be used for Demand Calculation.*]nantinnya akan digunakan untuk melengkapi metode utama yang digunakan di dalam paper ini, yakni metode dari literature [2, Roskam Jan, 1990, *Aircraft Design Part VIII, Airplane Cost Estimation - Design, Development, Manufacturing and Operating.*]. Khusus untuk penulisan paper ini, ruang lingkup kajian difokuskan untuk menghitung biaya pengoperasian langsung (*direct operating cost*) saja. Proses perhitungan nilai DOC ditujukan untuk menghitung besarnya biaya yang harus dikeluarkan (dalam satuan \$) untuk setiap satuan jarak terbang (dalam satuan nm). Dalam literature [2.Roskam Jan, 1990, *Aircraft Design Part VIII, Airplane Cost Estimation - Design, Development, Manufacturing and Operating.*], biaya *DOC* terbagi menjadi beberapa sub komponen biaya, yang dapat dilihat secara jelas di dalam tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Komponen Biaya Pengoperasian Pesawat Langsung (DOC)

Komponen DOC	Keterangan
DOC_{flt}	Biaya pengoperasian pesawat ketika mengudara
DOC_{maint}	Biaya perawatan pesawat
DOC_{depr}	Biaya depresiasi pesawat
DOC_{lnr}	Biaya pendaratan, navigasi, dan pajak
DOC_{fin}	Biaya pembiayaan

Setiap komponen tersebut memiliki beberapa sub komponen biaya yang akan dijabarkan di dalam table 2 sampai table 5 berikut ini.

Tabel 2. Komponen Biaya DOC_{flt}

Komponen DOC_{flt}	Keterangan
C_{crew}	Komponen gaji awak pesawat
C_{pol}	Biaya bahan bakar, oli, dan coolant
C_{ins}	Komponen biaya asuransi pesawat

Tabel 3. Komponen Biaya DOC_{maint}

Komponen DOC_{maint}	Keterangan
$C_{lab.ap}$	Komponen gaji pekerja perawatan system dan struktur pesawat
$C_{lab.eng}$	Komponen gaji pekerja perawatan mesin pesawat
$C_{mat.ap}$	Komponen biaya material perawatan system dan struktur pesawat
$C_{mat.eng}$	Komponen biaya material perawatan mesin pesawat
C_{amb}	Komponen biaya beban perawatan

Tabel 4. Komponen Biaya DOC_{depr}

Komponen DOC_{depr}	Keterangan
C_{dap}	Komponen biaya depresiasi struktur pesawat
C_{aeng}	Komponen biaya depresiasi mesin pesawat
C_{dprp}	Komponen biaya depresiasi propeller pesawat
C_{dav}	Komponen biaya depresiasi avionik pesawat
C_{dapsp}	Komponen biaya depresiasi spare part
C_{dapsp}	Komponen biaya depresiasi spare part mesin

Tabel 5. Komponen Biaya DOC_{lnr}

Komponen DOC_{lnr}	Keterangan
C_{lf}	Komponen biaya untuk mendarat di bandara
C_{nf}	Komponen biaya navigasi penerbangan
C_{rt}	Komponen biaya registrasi dan pajak

Biaya operasi langsung pesawat terbang dapat dihitung dengan mengikuti persamaan berikut ini.

$$DOC = DOC_{flt} + DOC_{maint} + DOC_{depr} + DOC_{lnr} + DOC_{fin} \dots (2-1)$$

Perhitungan DOC_{flt}

DOC_{flt} merupakan salah satu komponen DOC yang langsung berkaitan dengan operasi penerbangan suatu pesawat. Komponen biaya ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini [2. Roskam Jan, 1990, Aircraft Design Part VIII, Airplane Cost Estimation - Design, Development, Manufacturing and Operating.]:

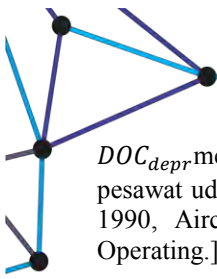
$$DOC_{flt} = C_{crew} + C_{pol} + C_{ins} \dots (2-2)$$

Perhitungan Komponen Biaya DOC_{maint}

DOC_{maint} merupakan salah satu komponen DOC yang berhubungan dengan perawatan pesawat. Komponen biaya ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$DOC_{maint} = C_{lab.ap} + C_{lab.eng} + C_{mat.ap} + C_{mat.eng} + C_{amb} \dots (2-3)$$

Perhitungan Komponen Biaya DOC_{depr}



DOC_{depr} merupakan salah satu komponen DOC yang berhubungan dengan nilai depresiasi system dan komponen pesawat udara. Komponen biaya ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini [2.Roskam Jan, 1990, Aircraft Design Part VIII, Airplane Cost Estimation - Design, Development, Manufacturing and Operating.].

$$DOC_{depr} = C_{dap} + C_{deng} + C_{dprp} + C_{dav} + C_{dapsp} + C_{dengsp}.....(2-4)$$

Biaya depresiasi pesawat sangat bergantung pada asumsi dari periode pemakaian dan factor depresiasi. Tabel 23 berikut berisi tentang nilai komponen untuk menghitung biaya depresiasi. Rangkuman persamaan yang digunakan untuk menghitung biaya depresiasi dapat dilihat di dalam table 6 berikut ini [2.Roskam Jan, 1990, Aircraft Design Part VIII, Airplane Cost Estimation - Design, Development, Manufacturing and Operating.].

Tabel 6. Rangkuman persamaan untuk perhitungan biaya depresiasi

Parameter	Keterangan	Persamaan
C_{dap}	airframe	$C_{dap} = \frac{((F_{dap})(AEP) - (N_e)(EP) - (N_p)(PP) - (ASP))}{(DP_{ap})(U_{ann_{bl}})(V_{bl})}$
C_{deng}	mesin	$C_{deng} = \frac{(F_{deng})(N_e)(EP)}{(DP_{eng})(U_{ann_{bl}})(V_{bl})}$
C_{dprp}	propeler	$C_{dprp} = \frac{(F_{dprp})(N_p)(PP)}{(DP_{prp})(U_{ann_{bl}})(V_{bl})}$
C_{dav}	avionik	$C_{dav} = \frac{(F_{dav})(ASP)}{(DP_{av})(U_{ann_{bl}})(V_{bl})}$
C_{dapsp}	sparepart pesawat tanpa sparepart mesin	$C_{dapsp} = \frac{(F_{dapsp})(F_{apsp})\{(AEP) - (N_e)(EP)\}}{(DP_{apsp})(U_{ann_{bl}})(V_{bl})}$
C_{dengsp}	sparepart mesin	$C_{dengsp} = \frac{(F_{dengsp})(F_{engsp})(N_e)(EP)(ESPPF)}{(DP_{engsp})(U_{ann_{bl}})(V_{bl})}$

Perhitungan Komponen Biaya DOC_{lnr}

DOC_{lnr} merupakan salah satu komponen DOC yang berhubungan dengan sarana pendukung operasi pesawat, seperti biaya navigasi, biaya pendaratan dan pajak-pajak. Komponen biaya ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini [2.Roskam Jan, 1990, Aircraft Design Part VIII, Airplane Cost Estimation - Design, Development, Manufacturing and Operating.].

$$DOC_{lnr} = C_{lf} + C_{nf} + C_{rt}.....(2-5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Pesawat Cessna



Gambar 2. Foto Pesawat Cessna 206 PK-LPN LAPAN [4.]---, 2013, Dokumentasi penerbangan perdana LSA-01, PUSTEKBANG, Bogor]

Pesawat Cessna 206 yang dimiliki oleh LAPAN – Pustekbang menggunakan registrasi sipil PK-LPN dan memiliki kode pesawat U206F. Awalan U pada kode pesawat bermakna *Utility Aircraft*, artinya adalah pesawat dapat digunakan untuk kebutuhan selain mengangkut penumpang. Sedangkan akhiran F menunjukkan seri pesawat Cessna 206, dimana untuk seri F ini menggunakan mesin Continental IO-520-F. Adapun spesifikasi lengkap pesawat Cessna 206 ini dapat dilihat di dalam table 7 berikut.

Tabel 7. Spesifikasi Umum Pesawat Cessna U206F

Common Data		Weights & Fuel	
Manufacturer Model	Cessna U206F	MTOW [Kg]	1633
Price [in millions\$]	0.1595	Max. Payload [Kg]	785
Certification year	1974	Empty Weight [Kg]	854
Certification type	FAA Approved	Max. Fuel [Gal]	92
Power Data		Performance	
Engine Type	Continental IO520F	Max. Cruise speed [km/h]	263
Propeller Model	McCaughey 3-Blade	Service Ceiling [m]	4785
Engine Price [in \$]	26625	Rate of Climb [Fpm] @ SL	920
Output [bhp]	285 @ 2700 RPM	TO Distance to 15 m [Ft]	1780
	300 @ 2850 RPM	Max Range [Km]	1352
SFC [lbs/h]	70 @ 55% Power	Fuel Type	
	90 @ 75% Power	MOGAS	Min RON 95
	135 @ 100% Power	AVGAS	UL 91 or 100 LL
	145 @ 120% Power	Lubricant Type & Capacity	
Engine Weight [Kg]	411.43	Max Oil Capacity [Qts]	12
TBO [h]	1900	SOC [liter/h]	0.06

Hasil olah data DOC_{flt} , DOC_{maint} , DOC_{depr} , DOC_{lnr} , DOC_{fin}

Saat melakukan perhitungan DOC_{flt} , pesawat akan menempuh rute penerbangan dari bandara Halim Perdanakusuma menuju gunung Merapi dan melakukan pendaratan di bandara Adi Sucipto Yogyakarta. Adapun detail rincian rute penerbang dapat dilihat di dalam table 8 berikut.

Tabel 8. Rincian Rute Penerbangan

Check point	Jarak (Nmi)	Aerial Map
Halim PK - KASAL	65	
KASAL - Cilacap	101	
Cilacap - Yogyakarta	59	
Yogyakarta - Merapi	15	
Merapi - Yogyakarta	15	
TOTAL	257	

Metode perhitungan prestasi terbang pesawat menggunakan pendekatan metode yang terdapat di dalam literature [5. Roskam Jan, 1991, Aircraft Design Part VIII, Determination of Stability, Control and Performance]. Fasa terbang yang digunakan adalah fasa terbang untuk misi penerbangan normal, dan mengacu ke dalam literature [5. Roskam Jan, 1991, Aircraft Design Part VIII, Determination of Stability, Control and Performance]. fasa terbang ini nantinya akan digunakan untuk menyusun flight plan, seperti terlihat di dalam table 9 berikut.

Tabel 9. Flight Planning Untuk Misi Aerial Photography Gunung Merapi

Fasa Terbang	Setting Throttle	Airspeed	Range (Nmi)	Altitude (Ft)
Takeoff	120 %	50 KIAS (V1)	0	50
climb	100 %	84 KIAS	12	6000
cruise	75 %	146 KTAS	229	6000
Loiter	55%	122 KTAS	-	3000
Descent	55 %	65 KTAS	18	100
Landing + Taxi	55 %	-	0	SL

Nilai parameter *altitude* dan *airspeed* yang terdapat di dalam table 9, nantinya akan digunakan di dalam perhitungan untuk memperoleh hasil yang terdapat di dalam table 10, 11 dan 12 berikut.

Tabel 10. Nilai parameter yang diimplementasikan ke dalam persamaan C_{crew}

Parameter	Satuan	Pilot	Kopilot
n_c	[-]	1	1
K	[-]	0.26	0.26
V_{bl}	[nmi/jam]	113.584501	113.584501
SAL	[\$]	15222	12178
AH	[jam]	240	240
TEF	[\$]	0	0

Beberapa asumsi dan penyederhanaan diimplementasikan untuk menentukan nilai dari setiap parameter diatas, sebagai berikut.

1. Bahan bakar yang digunakan untuk pesawat Cessna 206 ini adalah AVGAS 100/100LL dengan harga 2.68\$/liter [4. ---, 2013, Dokumentasi penerbangan perdana LSA-01, PUSTEKBANG, Bogor]
2. Penentuan berat bahan bakar untuk misi ini. mengacu pada Aircraft Flight Manual untuk Cessna 206. Adapun hasil perhitungan bahan bakar dapat dilihat dalam tabel berikut ini :

Tabel 11. Perhitungan Bahan Bakar Pesawat

Fasa Terbang	Setting Throttle	Time (Jam)	Use Fuel (Lbs)
Taxi + Takeoff	120 %	0.125	18.125
Manuever	100 %	0.0625	8.438
climb	100 %	0.133	4.495
cruise	75 %	1.566	149.594
Loiter (15 min)	55%	0.25	17.458
Fuel Reserve (30 min)	-	0.5	40.936
Total Fuel Weight			221.587

Tabel 12. Nilai parameter yang diimplementasikan ke dalam persamaan C_{pot}

Parameter	Satuan	Nilai
$W_{F.bl}$	[lbs]	221.587
R_{bl}	[nmi]	257
FP	[\$/gal]	10.15315
FD	[lbs/gal]	6.01

Untuk perhitungan biaya asuransi [table 13], beberapa penyederhanaan yang diterapkan adalah sebagai berikut :

1. Biaya asuransi yang dibutuhkan adalah sebesar \$11,776 (data tahun 2012) [4].
2. Nilai $U_{ann.bl} = AH = 240 \text{ jam}$

Tabel 13. Nilai parameter yang diimplementasikan ke dalam persamaan C_{ins}

Parameter	Satuan	Nilai
$f_{ins.hull}$	[\$]	0.012522
AMP	[\$]	159500
$U_{ann.bl}$	[jam]	240

Adapun nilai parameter y yang akan diimplementasikan di dalam perhitungan $DOC_{maint}, DOC_{depr}, DOC_{lnr}, DOC_{fin}$ dapat dilihat di dalam table 14 sampai 19 sebagai berikut. Untuk persamaan matematisnya a , dapat mengacu kepada persamaan 2-3, 2-4, dan 2-5 berikut.

Tabel 14. Nilai parameter yang diimplementasikan ke dalam persamaan $C_{lab.ap}$

Parameter	Satuan	Nilai
$MHR_{map.flt}$	[\$]	1.442651
$MHR_{maap.bl}$	[\$]	1.72925
W_A	[lb]	436.57
$R_{L.ap}$	[\$/h]	48.03383

Tabel 15. Nilai parameter yang diimplementasikan ke dalam persamaan $C_{lab.eng}$

Parameter	Satuan	Nilai
W_{eng}	[lb]	411.43
H_{em}	[jam]	1900
$R_{L.eng}$	[\$/h]	30
$K_{H.em}$	[\$/h]	1.608

Tabel 16. Nilai parameter yang diimplementasikan ke dalam persamaan $C_{mat.ap}$

Parameter	Satuan	Nilai
AFP	[\$]	132875
ATF	[-]	0.25
$CEF/CEF1989$	[-]	2.059016

Tabel 17. Nilai parameter yang diimplementasikan ke dalam persamaan $C_{mat.engbl r}$

Parameter	Satuan	Nilai
C_{em}	[\$]	26625
$K_{H.em}$	[\$/h]	1.608

Tabel 18. Nilai parameter yang diimplementasikan ke dalam persamaan C_{amb}

Parameter	Satuan	Nilai
f_{amb_lab}	[-]	0.9
f_{amb_mat}	[-]	0.3

Tabel 19. Nilai komponen perhitungan biaya depresiasi

Item	Suggested Depreciation Period	Residual Value In Percent	Depreciation Factor *
Airframe	$DP_{ap} = 10$	15	$F_{dap} = 0.85$
Engines	$DP_{eng} = 10$	15	$F_{dap} = 0.85$
Propellers	$DP_{prp} = 10$	15	$F_{dap} = 0.85$
Avionics	$DP_{av} = 10$	0	$F_{dap} = 0.85$
Airplane Spares	$DP_{apsp} = 10$	15	$F_{dap} = 0.85$
Engine Spares	$DP_{engsp} = 10$	15	$F_{dap} = 0.85$

Hasil perhitungan yang diperoleh setelah menerapkan metode diatas untuk setiap komponen DOC, dapat dilihat di dalam table 20 berikut ini.

Tabel 20. Rekapitulasi Hasil Perhitungan DOC Pesawat Cessna

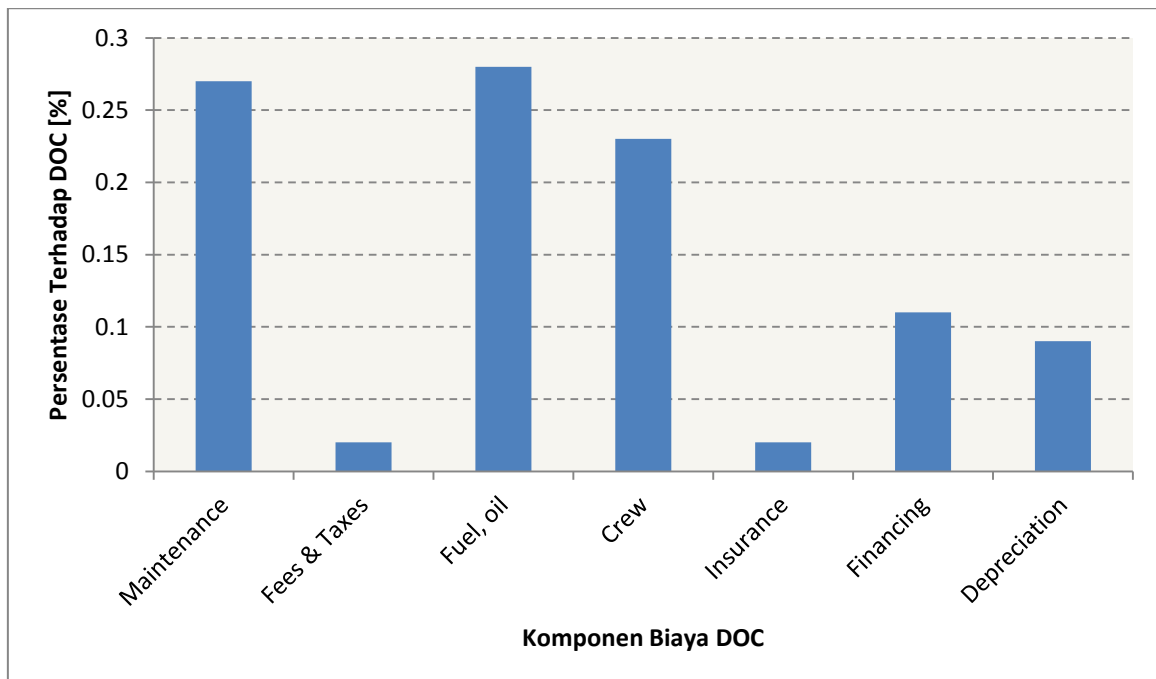
Komponen Biaya DOC	Sub-komponen	Nilai [\$/Nmi]	Jumlah [\$/Nmi]
DOC_{flt}	C_{crew}	1.1266458	2.869148
	C_{pol}	1.529421	
	C_{ins}	0.073269	
DOC_{maint}	$C_{lab.ap}$	0.628386	1.494661
	$C_{lab.eng}$	0.030062	
	$C_{mat.ap}$	0.173766	
	$C_{mat.eng}$	0.019465	
	C_{amb}	0.642982	
DOC_{depr}	C_{dap}	0.089821	0.47507
	C_{deng}	0.083019	
	C_{dprp}	0.163198	
	C_{dav}	0.056052	

Komponen Biaya DOC	Sub-komponen	Nilai [\$/Nmi]	Jumlah [\$/Nmi]
DOC_{lnr}	C_{dapsp}	0.020716	0.2352
	C_{dengsp}	0.062264	
	C_{lf}	0.028	
	C_{nf}	0.1992	
DOC_{fin}	C_{rt}	0.0079	0.39484
	-	0.39484	
Jumlah			5.6406

Hasil diatas merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk setiap Nautical Mile jarak yang ditempuh. Adapun rincian biaya DOC dapat di lihat padagambar 3 berikut ini.

1.1 Rancangan konfigurasi sensor

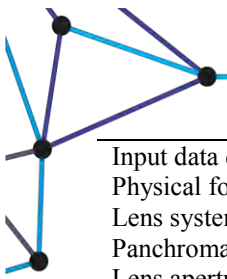
Sesuai dengan kebutuhan yang telah dijelaskan di bagian pendahuluan, tipe sensor yang akan dianalisis adalah *Digital Aerial Camera* untuk misi fotografi udara. Nantinya, dengan menggunakan sensor ini yang diintegrasikan ke dalam pesawat Cessna 206 akan menghasilkan cakupan pemetaan yang lebih luas jika dibandingkan dengan penggunaan UAV. Berdasarkan literature [7.Spruyt Peter, Lemoine Guido, 2013, The Potential of Aerial Platforms in a ‘Rapid’ Emergency Response Context], kemampuan pesawat berawak dalam melakukan pemetaan dapat memiliki cakupan luas antara 100 – 1000 km², sedangkan UAV kelas ringan hanya mampu mencapai 10 km². Masih dari sumber yang sama, pesawat berawak memiliki keunggulan dalam bidang kemampuannya dalam membawa payload yang lebih berat, dimana hal ini akan berpengaruh terhadap variasi jenis sensor yang dapat diintegrasikan. Sehingga, kualitas gambar yang dihasilkanpun menjadi lebih baik. di dalam literature [7.Spruyt Peter, Lemoine Guido, 2013, The Potential of Aerial Platforms in a ‘Rapid’ Emergency Response Context] dijelaskan bahwa pesawat tanpa awak mampu membawa sensor yang dapat menghasilkan kualitas gambar dengan kedalaman warna mencapai 16 Bit, baik secara visual maupun di dalam mode IR. Sedangkan UAV hanya mampu dipasang sensor yang dapat menghasilkan kedalaman warna 8 bit standar fotografi. Salah satu jenis *Digital Aerial Camera* yang rencananya akan diintegrasikan ke dalam Cessna 206 adalah Vexcel Imaging UltraCam-X, dengan spesifikasi teknis dapat dilihat di dalam table 21 dan 22 berikut ini [8. Gruber Michael, Graz, 2006, UltraCamX, the New Digital Aerial Camera System by Microsoft Photogrametry].



Gambar 3. Persentase Komponen Biaya DOC Terhadap DOC Keseluruhan

Tabel 21. Spesifikasi Teknis Vexcel Imaging UltraCam-X Bagian Sensor Unit

Parameter	Unit	Value
Panchromatic image size	Pixels	14.430*9420
Panchromatic physical pixel size	μm	7.2

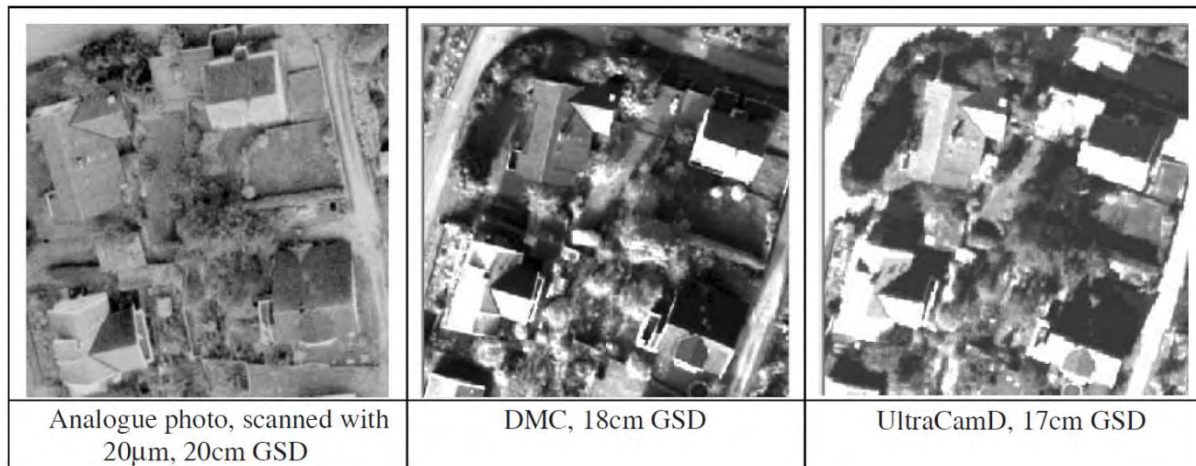


Input data quantity per image	MB	418
Physical format of the focal plane	mm	104*68.4
Lens system	-	Linor Vexcel Apo-Sironar digital HR
Panchromatic lens focal distance	mm	100
Lens aperture	-	F=1/5.6
Weight	kg	55
Max. power consumption	Watt	150

Tabel 22. Spesifikasi Teknis Vexcel Imaging UltraCam-X Bagian In Flight Data Storage D-X and Data Processing C-X

Parameter	Value
In-flight storage capacity	Unlimited, per D-X unit = 1.7 TB
In-flight capacity to collect uncompressed frames	Unlimited, per D-X unit = 4700 images
Method of exchanging D-X units in-flight	Less than 3 min
Configuration of Storage D-X and Computing C-X	C-X with 14 Pentium-M, D-X with 28 Disk
Redundancy	Storing mirror images of the data
Data transfer into office environment	Removable D-X data units
Physical dimensions [W*D*H]	50cm x 36cm x 65 cm
Weight	65
Max. power consumption	700

Dari kedua table diatas, dapat dilihat bahwa berat maksimum keseluruhan *digital aerial camerasystem* Vexcel Imaging UltraCam-X adalah sebesar 120 Kg. Jika dilihat di dalam table 7, pesawat Cessna 206 mampu membawa payload maksimum sebesar 785 Kg, sehinggahal ini menunjukkan bahwa *digital aerial camera* ini dapat diintegrasikan ke dalam pesawat Cessna 206, dengan ketentuan pesawat tersebut tidak digunakan untuk mengangkut total 6 orang. Jika dilihat di bagian kesimpulan pada di dalam literature [9.Jacobsen K, 2007, Comparison of Large Size Digital Airborne Frame Cameras With Analogue Film Cameras], *digital aerial camera* baik merk DMC maupun UltraCam mampu merekam informasi 1.5 kali lebih tinggi jika dibandingkan dengan kamera foto analog. Adapun contoh perbandingan hasil pemotretannya dapat dilihat di dalam gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Perbandingan Hasil Pemotretan antara Kamera Analog dengan Kamera Digital, reff [9.Jacobsen K, 2007, Comparison of Large Size Digital Airborne Frame Cameras With Analogue Film Cameras]

KESIMPULAN

Berdasarkan proses perhitungan biaya operasi langsung pesawat Cessna 206, hasil perhitungan menunjukkan bahwa biaya operasi langsung / *DOC* sebesar 5.6406 \$/Nmi, untuk melakukan misi penerbangan dengan profil terbang seperti tertera pada sub bab 3.2. Jika dilakukan perhitungan berdasarkan jarak tempuh pesawat, maka misi surveillance mitigasi bencana ke gunung merapi ini akan menghabiskan biaya operasi sebesar \$ 1449.634. Dari sisi biaya operasi pesawat, jumlah biaya yang dikeluarkan untuk misi di dalam paper ini terhitung rendah, karena pada dasarnya pesawat Cessna 206 memang didesain agar memiliki biaya operasi yang cukup rendah.

Adapun hal yang perlu diperhatikan dari sisi ekonomi untuk merubah pesawat Cessna 206 LAPAN agar dapat digunakan untuk misi surveillance mitigasi bencana adalah harga sensor yang akan digunakan untuk mendukung hal tersebut. Dari hasil analisa yang dilakukan di dalam paper ini, dari segi spesifikasi (berat system secara

keseluruhan), sensor *digital aerial camera* Vexcel Imaging UltraCam-X dapat diintegrasikan ke dalam pesawat Cessna 206. Akan tetapi, dari segi harga jual, sensor ini memiliki harga yang sangat mahal. Harga pasti dari sensor belum dapat diketahui, karena untuk dapat mengetahui harga sensor ini diperlukan permohonan secara resmi kepada perusahaan pembuatnya. Sebagai perbandingan, di dalam literature [12. http://www.bhphotovideo.com/c/product/1093267-REG/mamiya_020_00324a_ixr_kit_camera_af_120.html [diakses pada 01 Februari 2015] terdapat kamera Mamiya Phase One iXR Medium Format Reproduction Digital Camera Kit with 80 MP CCD sensor dengan harga Rp 550.000.000, sedangkan sensor yang diulas di dalam paper ini menggunakan Large Format sensor digital kamera. Prediksi penulis, harga sensor dari UltraCam beserta system pendukungnya dapat berharga 10 hingga 15 kali lebih mahal dari kamera yang terdapat di dalam literature [12. http://www.bhphotovideo.com/c/product/1093267-REG/mamiya_020_00324a_ixr_kit_camera_af_120.html diakses pada 01 Februari 2015] tersebut. Dengan kata lain, harga sensor yang hendak dipasang di dalam pesawat dapat berharga lebih mahal dibandingkan pesawat atau wahana yang menerbangkannya.

PERNYATAAN PENULIS

Disampaikan terima kasih kepada Bp. Gunawan S. Prabowo (Kepala Pusat Teknologi Penerbangan-LAPAN, Bp. A. Bayu Utama (Kepala Bidang Teknologi Propulsi), Bp. Atik Bintoro (Peneliti Senior Pustekbang-LAPAN) yang telah memberikan fasilitas dan bimbingan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Liebeck, R.H., et. Al, 1995, *Advanced Subsonic Airplane design and Economic Studies*.
- [2] Roskam Jan, 1990, *Aircraft Design Part VIII, Airplane Cost Estimation - Design, Development, Manufacturing and Operating*.
- [3] Piwek K, Iwaniuk A, Dziugiel B., 2011, *Small Air Transport Aircraft Characteristic to be used for Demand Calculation*.
- [4] ----, 2013, *Dokumentasi penerbangan perdana LSA-01, PUSTEKBANG, Bogor*
- [5] Roskam Jan, 1991, *Aircraft Design Part VIII, Determination of Stability, Control and Performance*.
- [6] Gnarowski W, Zdrojewski W, Pokorski M., 2008, *European Personal Air Transportation System Study - Operating Cost Analysis*.
- [7] Spruyt Peter, Lemoine Guido, 2013, *The Potential of Aerial Platforms in a 'Rapid' Emergency Response Context*.
- [8] Gruber Michael, Graz, 2006, *UltraCamX, the New Digital Aerial Camera System by Microsoft Photogrametry*
- [9] Jacobsen K, 2007, *Comparison of Large Size Digital Airborne Frame Cameras With Analogue Film Cameras*
- [10] <http://www.ecarys.com/efficiency/cost-structure/>, diakses pada 8 November 2014
- [11] <http://www.tetracam.com/Products1.htm>, diakses pada 01 Februari 2015
- [12] http://www.bhphotovideo.com/c/product/1093267-REG/mamiya_020_00324a_ixr_kit_camera_af_120.html diakses pada 01 Februari 2015
- [13] Paper "Analisis Prediksi *Direct Operating Cost* Pesawat LAPAN Surveillance Aircraft (LSA-01), Penulis Fuad Surastyo & Danartomo Kusumoaji pada Seminar Iptek Dirgantara (SIPTEKGAN) 2014