

Perhitungan Spare Part HPSOV / PRSOV Pesawat Boeing 777 Dengan Metode *Economic Order Quantity*

Herbert Triyogi^{1,*}, Mufti Arifin², Aprilia Sakti³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Penerbangan, Fakultas Teknologi Dirgantara dan Industri, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta, Indonesia

Author: herberttriyogi@gmail.com

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 30 Mei 2024
Direvisi: 25 Agustus 2024
Diterima: 30 September 2024

Kata kunci:

Boeing 777
High pressure Shutoff Valve
(HPSOV)
Pressure Regulating Shutoff Valve
(PRSOV)
Economic Order Quantity (EOQ)

Keywords:

Boeing 777
High pressure Shutoff Valve
(HPSOV)
Pressure Regulating Shutoff Valve
(PRSOV)
Economic Order Quantity (EOQ);

Penulis Korespondensi:

Herbert Triyogi
Email:
herberttriyogi@gmail.com

ABSTRAK

Maskapai Indonesia yang disebut PT. XYZ melakukan perawatan pesawat Boeing 777 dengan *Engine* General Electric GE90 di PT. GMF AeroAsia. *Engine* Air Supply System pada pesawat ini menggunakan *High pressure* Shutoff Valve (HPSOV) dan *Pressure Regulating* Shutoff Valve (PRSOV). Boeing 777 pada maskapai PT. XYZ sejak tahun 2019-2022 mengalami 10 peristiwa delay dan 52 penggantian HPSOV/PRSOV dikarenakan valve mengalami stuck atau pergerakan sticky. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keandalan HPSOV/PRSOV dengan menghitung Mean Time Between Failure (MTBF), serta mengoptimalkan pengelolaan persediaan suku cadang komponen ini menggunakan metode Economic Order Quantity (EOQ). Berdasarkan perhitungan MTBF, nilai yang ditemukan adalah 8.134,08 Flight Hours (FH). Selain itu, analisis persediaan suku cadang menunjukkan bahwa jumlah persediaan yang paling ekonomis untuk sekali perbaikan adalah 2 unit, dengan sisa persediaan sebanyak 2 unit. Biaya total persediaan suku cadang yang dikeluarkan adalah sebesar \$3.033,66 USD. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi bagi PT. XYZ untuk meningkatkan pengelolaan persediaan suku cadang dan meminimalkan risiko keterlambatan dalam perawatan pesawat.

An Indonesian airline, PT. XYZ, performs maintenance on its Boeing 777 aircraft equipped with General Electric GE90 engines at PT. GMF AeroAsia. The aircraft's Engine Air Supply System utilizes a High Pressure Shutoff Valve (HPSOV) and a Pressure Regulating Shutoff Valve (PRSOV). Between 2019 and 2022, PT. XYZ's Boeing 777 fleet experienced 10 delays and 52 instances of HPSOV/PRSOV replacements due to valve sticking or seizing. This study aims to analyze the reliability of the HPSOV/PRSOV by calculating the Mean Time Between Failures (MTBF) and to optimize spare parts inventory management using the Economic Order Quantity (EOQ) method. The MTBF calculation yielded a value of 8,134.08 Flight Hours (FH). Additionally, the spare parts inventory analysis indicated that the most economical order quantity for each repair is 2 units, with a remaining inventory of 2 units. The total cost of the spare parts inventory is \$3,033.66 USD. The findings of this study are expected to provide recommendations for PT. XYZ to improve spare parts inventory management and minimize the risk of delays in aircraft maintenance.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Perhitungan jumlah suku cadang yang tepat sangat penting bagi perusahaan untuk mencapai optimalisasi biaya dan memanfaatkan sumber daya keuangan secara efisien. Dalam konteks industri penerbangan, pengelolaan persediaan suku cadang pesawat terbang menjadi salah satu faktor utama dalam menunjang kelancaran operasional. Ketersediaan suku cadang yang memadai tidak hanya memastikan pesawat tetap beroperasi dengan baik, tetapi juga dapat mengurangi risiko keterlambatan dan biaya tak terduga yang timbul akibat kehabisan stok.

Pada pesawat Boeing 777, terdapat berbagai komponen yang sangat krusial untuk menjaga kelancaran sistem penerbangan, salah satunya adalah High Pressure Shutoff Valve (HPSOV) dan Pressure Regulating Shutoff Valve (PRSOV). Kedua komponen ini berfungsi untuk mengatur aliran dan tekanan udara dari kompresor bertekanan tinggi menuju sistem distribusi pneumatik pesawat. Lokasi HPSOV dan PRSOV pada mesin pesawat B777 terletak di posisi yang berbeda, dengan HPSOV berada di sisi kanan mesin pada posisi 2:30, dan PRSOV terletak di atas mesin sebelum precooler pada posisi 12:00.

Kegagalan pada komponen ini dapat mengakibatkan Return to Gate (RTG), yaitu pesawat harus kembali ke gerbang untuk melakukan perbaikan, yang tentu saja dapat mengganggu jadwal penerbangan dan menambah biaya operasional. Oleh karena itu, untuk menjaga agar pesawat tetap beroperasi secara efisien, diperlukan analisis yang cermat mengenai jumlah suku cadang yang harus tersedia di gudang serta frekuensi pemesanan yang optimal.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan tersebut adalah *Economic Order Quantity* (EOQ). Metode EOQ dapat membantu perusahaan dalam menentukan jumlah pesanan yang optimal, sehingga total biaya persediaan—yang mencakup biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya kekurangan stok—dapat diminimalkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keandalan HPSOV/PRSOV dengan menghitung Mean Time Between Failure (MTBF), serta menghitung jumlah suku cadang yang diperlukan dan total biaya persediaan komponen HPSOV/PRSOV menggunakan metode EOQ. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi yang berguna bagi perusahaan penerbangan dalam mengelola persediaan suku cadang pesawat B777 secara lebih efisien dan ekonomis.

II. METODE

Dalam pelaksanaan dan penyelesaian penelitian menggunakan metode deskriptif analisis yaitu mendeskripsikan data yang diperoleh melalui kajian pustaka untuk memperoleh informasi terkait dari data yang dibutuhkan. Teknik yang digunakan untuk mengumpulkan data adalah studi dokumentasi untuk memperoleh informasi terkait objek penelitian. Dalam studi dokumentasi ini, penulis melakukan penelusuran data historis dari objek penelitian. Kemudian melakukan perhitungan reliabilitas dan jumlah spare part pada HPSOV/PRSOV B777 yang dibutuhkan dengan metode EOQ.

2.1 Sistem Pneumatik

Pengertian Pneumatik berasal dari bahasa Yunani, yaitu pneuma yang berarti napas atau udara. Pneumatik selalu berhubungan dengan teknik penggunaan udara yang bertekanan, baik tekanan di atas 1 atmosfer maupun tekanan di bawah 1 atmosfer (vakum). Jadi pneumatik berarti terisi udara atau digerakkan oleh udara mampat (udara bertekanan)[1]. Dalam penerapannya, sistem pneumatik banyak digunakan sebagai sistem automasi terutama dalam dunia penerbangan. *Engine* merupakan komponen utama penggerak pesawat terbang untuk menghasilkan thrust dan kemudian akan dikonversi sehingga menghasilkan pneumatik yang dibutuhkan pesawat pada saat terbang. Suplai aliran udara yang diatur masuk ke dalam sistem distribusi, udara *engine* suplai udara keluar dari intermediate stage dan high stage dari kompresor tekanan tinggi. *Air Supply Cabin Pressure Controllers* (ASCPC) mengontrol aliran udara untuk mengatur aliran, temperatur dan tekanan[2]. ASCPC kemudian mengirimkan perintah ke *High Pressure/Fan Air Controller* (HPFAC) untuk HPSOV dan PRSOVC untuk PRSOV agar menyesuaikan bukaan katup untuk mengontrol tekanan[3].

2.2 Reliabilitas Komponen

Pada penelitian ini menggunakan persamaan distribusi weibull dengan 2 parameter, persamaan ini digunakan untuk menghitung frekuensi relatif kegagalan dalam fungsi waktu. Persamaannya adalah[11]

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (1)$$

Dimana:

$f(t)$ = Weibull Probability Distribution Function

β = Shape Parameter

η = Scale Parameter

Untuk mendapatkan shape dan scale parameter menggunakan metode regresi linier dari persamaan *unReliability* pada distribusi weibull dengan pendekatan *Median Rank* atau *Bernard's Approximation* sebagai berikut[11]

$$\hat{F}(t) = \frac{i-0.3}{N+0.4} \quad (2)$$

Dimana :

(t) = *Median Rank*

i = Urutan kegagalan

N = Total jumlah sampel

Shape parameter berpengaruh terhadap distribusi weibull dan dibagi menjadi tiga kategori,yaitu^[11]

2.2.1 $\beta < 1,0$ Infant Mortalities Shape

Probabilitas kerusakan terjadi pada early stage dan menurun secara eksponensial karena penambahan umur. Early age failure diinterpretasikan sama dengan infant mortality type dimana desain dari komponen atau sistemnya tidak diharapkan mengalami kerusakan pada umur dini (infant). Penyebab kerusakan diantaranya masalah produksi dan kualitas kontrol

2.2.2 $\beta = 1,0$ Random Failure

Indikasi kerusakan secara random tidak dipengaruhi oleh alat atau mesin karena komponen baru atau lama,keduanya mempunyai probabilitas yang sama terhadap kerusakan. Penyebab kerusakan ini diantaranya kesalahan pemeliharaan manusia,alam,benda asing.

2.2.3 $\beta > 1,0$ Wear Out

Laju kerusakan meningkat sejalan dengan waktu,batasan umur desain. Penyebab kerusakan dikarenakan korosi dan erosi kegagalan pada komponen. Pada interval overhaul sebelum batasan umur biasanya menggunakan metode yang dipakai untuk mencegah kerusakan dari tipe ini. *Reliability* adalah keandalan suatu sistem untuk bekerja sesuai dengan standarnya. Fungsi reliabilitas adalah fungsi matematik yang menyatakan hubungan peluang keandalan terhadap waktu. Karena persamaan fungsi ini merupakan fungsi probabilitas maka hasilnya adalah 0 sampai 1[11]

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (3)$$

UnReliability merupakan kemungkinan suatu sistem mengalami kerusakan. Fungsi *unReliability* adalah fungsi matematik yang menyatakan hubungan peluang kerusakan terhadap waktu. Maka dari itu di rumuskan sebagai berikut:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (4)$$

menggunakan perhitungan logaritma. Log normal diberikan pada setiap sisi sehingga didapatkan^[11]

$$\begin{aligned}
 1 - F(t) &= e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \\
 \ln(1 - F(t)) &= \ln(e)^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \\
 \ln(1 - F(t)) &= -\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta \\
 -(\ln(1 - F(t))) &= \left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta
 \end{aligned}$$

Diberikan log normal pada kedua sisi:

$$\begin{aligned}
 \ln\{-\ln(1 - F(t))\} &= \ln\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta \\
 \ln\{-\ln(1 - F(t))\} &= \beta \ln\left(\frac{t}{\eta}\right) \\
 \ln\{-\ln(1 - F(t))\} &= -\beta \ln(\eta) + \beta \ln(t)
 \end{aligned}$$

Sesuai dengan persamaan diatas maka diketahui[11]

$$\begin{aligned}
 y &= a + bx \\
 y &= \ln\{-\ln(1 - F(t))\} \\
 a &= -\beta \ln(\eta) \\
 b &= \beta \\
 x &= \ln(t)
 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan η maka:

$$\begin{aligned}
 a &= -\beta \ln(\eta) \\
 a &= \ln(\eta)^{-\beta} \\
 \eta &= e^{-\left(\frac{a}{\beta}\right)} \quad (5)
 \end{aligned}$$

Setelah itu melakukan perhitungan regresi[11]

$$\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N}}{\sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N x_i)^2}{N}} \quad (6)$$

$$\hat{a} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} - \hat{b} \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (7)$$

Mean Time between failure adalah waktu prediksi kapan suatu sistem peralatan tidak dapat beroperasi kembali, memiliki persamaan sebagai berikut[11]

$$\bar{T} = \eta \Gamma \left(\frac{1}{\beta} + 1 \right) \quad (8)$$

Dimana:

\bar{T} = Waktu yang akan dihitung probabilitasnya

Γ = Gamma Function

2.3 *Economic Order Quantity (EOQ)*

Jumlah pemesanan ekonomis pertama kali dikembangkan oleh F. W. Harris pada tahun 1915 dengan mengembangkan jumlah formula kuantitas pesanan yang ekonomis. *EOQ (Economic Order Quantity)* merupakan suatu metode yang berkaitan untuk pengadaan atau persediaan bahan baku di suatu perusahaan. Metode *Economic Order Quantity* merupakan metode yang berguna untuk menentukan berapa banyak pesanan yang paling ekonomis. Terdapat beberapa asumsi kelebihan dan kekurangan dalam metode *EOQ* yaitu Jumlah pembelian tetap, *Lead Time* konstan, Barang yang dipesan selalu tersedia, Tidak ada diskon, Biaya variabel hanya ada biaya penyimpanan dan biaya pemesanan[12].

Pemesanan dilakukan pada waktu yang tepat, menghindari stock out. *Safety stock* adalah persediaan yang disiapkan untuk mengantisipasi atau menjaga kemungkinan bila terjadinya kekurangan atau kehabisan bahan baku barang. Persediaan SS dapat mengurangi kerugian akibat kekurangan persediaan tetapi disisi lain persediaan SS dapat menambah biaya penyimpanan bahan[12]. *Reorder point* merupakan titik waktu dimana sebuah pesanan baru akan dilakukan atau mulai dipersiapkan dan apabila jumlah komponen yang ada di gudang sudah berkurang untuk menghindari kehabisan persediaan. Dengan demikian perusahaan harus menentukan berapa banyak minimal tingkat persediaan yang harus di pertimbangkan agar tidak terjadi kekurangan atau kehabisan persediaan[12]. Suku cadang HPSOV/PRSOV merupakan komponen *repairable*, maka penentuan kebutuhan suku cadang berdasarkan frekuensi tingkat kegagalan (λ) per tahun dapat menggunakan formula berikut[13]

$$\lambda = \frac{A \times N \times M \times RT}{MTBF} \quad (9)$$

Dimana: λ = Frekuensi kegagalan

A = Jumlah komponen per pesawat

N = Jumlah pesawat

M = FH per tahun

RT = Repair Time

MTBF = Mean Time Between Failure

Reorder point sama dengan *Safety stock* karena konsep ini berdasarkan peminjaman suku cadang komponen yang telah di perbaiki. Perhitungan *Safety stock* dan reorder point sebagai berikut[13]

$$P \leq \sum_{x=0}^n \frac{(\lambda)^x e^{-\lambda}}{x!} = e^{-\lambda} \left[1 + \lambda + \dots + \frac{(\lambda)^{n-1}}{(n-1)!} \right]$$

Penentuan kebutuhan suku cadang berdasarkan frekuensi kegagalan dijabarkan berikut[13]

$$D = \lambda$$

Apabila terdapat sejumlah (m) komponen diganti secara bersamaan dalam waktu yang sama, maka kebutuhan suku cadang menjadi:

$$D = m. \lambda$$

Apabila terdapat sejumlah (k) komponen yang identik dan terpasang pada sistem maka kebutuhan suku cadang menjadi:

$$D = m. k. \lambda$$

Sehingga dengan modifikasi kebutuhan suku cadang per tahun, rumus EOQ dapat menjadi[13]

$$EOQ = Q = \sqrt{\frac{2 \times Co \times m.k.\lambda}{Cu \times i}} \quad (10)$$

Dimana:

Q = Kuantitas pemesanan

Co = Biaya setiap pemesanan

D = Suku cadang per tahun

Cu = Harga suku cadang per unit

i = Presentase biaya penyimpanan

λ = Frekuensi kegagalan

m = Diganti secara bersamaan

k = Komponen identik

Menghitung total biaya persediaan (*Total Cost*) setahun adalah penjumlahan dari biaya pemesanan dan biaya penyimpanan[13]

$$Cr = \left[Co \times \frac{m.k.\lambda}{EOQ} \right] \quad (11)$$

$$Cc = \left[(Cu \times i) \times \frac{EOQ}{2} \right] \quad (12)$$

$$TC = \left[Co \times \frac{m.k.\lambda}{EOQ} \right] + \left[(Cu \times i) \times \frac{EOQ}{2} \right] \quad (13)$$

Dimana:

TC = *Total Cost*

Cr = Cost of reordering (Biaya pemesanan kembali)

Cc = Carrying cost (Biaya penyimpanan per tahun)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Penggantian dan Perbaikan

Data penggantian dan perbaikan HPSOV/PRSOV dengan Part Number 3215302-5 pada pesawat B777 yang terdapat di maskapai PT. XYZ, dimulai dari tanggal 1 Januari 2019 hingga 31 Desember 2022. Data penggantian diperoleh dari adanya kerusakan pada komponen tersebut

Tabel 1 Penggantian dan perbaikan

Tahun	Jumlah	
	Penggantian	Perbaikan
2019	6	8
2020	17	16
2021	15	14
2022	14	14
Total	52	52
Rata-rata	13	13

Terjadi penggantian komponen paling sedikit pada tahun 2019 karena pesawat masih beroperasi sehingga komponen bekerja maksimum. Sedangkan penggantian komponen paling besar terjadi pada tahun 2020 karena banyak pesawat yang tidak terbang, sehingga menyebabkan kerusakan hpsov/prsov. Perawatan prolong pesawat yang tidak terbang setiap 7 hari akan dilaksanakan *engine run idle* selama 15 menit untuk mengalirkan udara bertekanan di pneumatik sistem. Atau melepaskan *engine* pada pesawat yang parkir dan disimpan dalam hangar kemudian meletakkan indikator kelembaban udara dan menutup *inlet engine*.

3.2 Data Jam Terbang dan MTBUR Pesawat B777

Jam terbang pesawat B777 dari maskapai PT. XYZ dari tahun 2019 sampai tahun 2022 sebagai berikut[14]

Tabel 2 Jam Terbang Pesawat

No	Reg	01 Jan 2019	31 Des 2022	Selisih FH
1.	GIA	21.343,12	25.738,97	4.395,85
2.	GIC	21.684,42	28.148,04	6.463,62
3.	GID	20.352,44	25.981,82	5.629,38
4.	GIE	20.816,18	26.002,37	5.186,19
5.	GIF	18.978,79	27.698,61	8.719,82
6.	GIG	17.027,43	25.453,61	8.426,18
7.	GIH	14.505,33	24.606,45	10.101,12
8.	GII	13.276,04	20.654,24	7.378,2

No	Reg	01 Jan 2019	31 Des 2022	Selisih FH
9.	GIJ	13.138,04	23.814,42	10.676,38
10	GIK	12.005,12	22.042,80	10.037,68
Total				77.014,42

Perhitungan jumlah rata-rata jam terbang pesawat per tahun adalah:

$$t = \frac{\text{Total FH}}{\text{QPA}} = \frac{77.014,42}{4} = 19.253,60 \text{ FH}$$

$$t = \frac{19.253,60}{10} = 1.925,36 \text{ FH per tahun}$$

MTBUR (*Mean Time Between Unschedule Removal*) adalah perkiraan waktu rata-rata antara pengantian tidak terjadwal. Terjadi kerusakan sebelum batas waktu pakai komponen tercapai. Nilai MTBUR per tahun adalah sebagai berikut[11]:

$$MTBUR = \frac{FH \times QPA}{NUR}$$

Dimana:

FH= Flight Hours

QPA = Component Quantity Per Aircraft

NUR= Number of Unschedule Removal

Tabel 3 MTBUR

Tahun	FH	QPA	NUR	MTBUR
2019	37.798,32	4	6	25.198,88
2020	12.116,93	4	17	2.851,04
2021	10.886,74	4	15	2.903,13
2022	16.212,43	4	14	4.632,12

3.3 Analisis Reliabilitas Dengan Metode Distribusi Weibull

Penggantian HPSOV/PRSOV dilakukan karena terjadinya kerusakan pada komponen tersebut. Berikut data penggantian komponen dalam TSC (*Time Since Check*) dimana waktu yang diketahui dari FH pesawat[14]:

Tabel 4 TSC

No.	Registrasi	Serial Number	TSC
1.	PK-GIA	2016	7.320
2.	PK-GIC	5868	459
3.	PK-GID	5440	22.569
4.	PK-GIE	6193	1.244
5.	PK-GIF	2016	1.596
6.	PK-GIG	6391	1.889
7.	PK-GIH	6193	18.977
8.	PK-GII	6398	17.923
9.	PK-GIJ	5348	931

10.	PK-GIK	5720	2.692
-----	--------	------	-------

Tabel 5 menunjukkan t sebagai TSC yang tersusun dari nilai yang terkecil sampai nilai yang terbesar, TSC merupakan waktu terjadinya kerusakan sejak terakhir diperbaiki sehingga menjadi dasar perhitungan untuk membuktikan keandalan komponen tersebut

Tabel 5 Persamaan Linear

Ni	t	x_i	$F(t)$	y_i	x_i^2	y_i^2	$x_i \cdot y_i$
1.	459	6,129	0,07	-2,66	37,565	7,096	-16,33
2.	931	6,836	0,16	-1,72	46,734	2,97	-11,78
3.	1.244	7,126	0,26	-1,2	50,781	1,445	-8,566
4.	1.596	7,375	0,36	-0,82	54,394	0,675	-6,06
5.	1.889	7,544	0,45	-0,51	56,909	0,259	-3,837
6.	2.692	7,898	0,55	-0,23	62,379	0,053	-1,819
7.	7.320	8,898	0,64	0,033	79,181	0,001	0,293
8.	17.923	9,794	0,74	0,299	95,919	0,089	2,9287
9.	18.977	9,851	0,84	0,594	97,042	0,353	5,8513
10.	22.569	10,02	0,93	0,993	100,49	0,985	9,951
Total		81,48		-5,23	681,39	13,93	-29,37

Dimana:

Ni = Jumlah data

t = TSC

$x_i = \ln(t) F(t) = \text{Median Rank}$

$y_i = \ln \{-\ln(1 - F(t))\}$

Setelah persamaan linear didapatkan, selanjutnya melakukan perhitungan regresi \hat{b} yaitu

$$\hat{b} = \frac{-29,37 - \frac{81,48 \times -5,23}{10}}{681,39 - \frac{(81,48)^2}{10}}$$

$$= 0,757$$

$$\hat{a} = \frac{-5,23}{10} - 0,757 \times \frac{81,48}{10}$$

$$= -6,69$$

Shape parameter (β) = \hat{b} maka didapatkan nilai 0,757, sehingga dapat diketahui nilai scale parameter (η) dengan persamaan berikut:

$$\eta = e^{-\left(\frac{-6,69}{0,757}\right)}$$

$$= 6.887,86$$

Nilai (β) masuk pada $\beta < 1$, menunjukkan kategori kerusakan *Infant Mortalities Shape*, dimana laju kerusakan menurun sejalan dengan waktu dan kerusakan biasanya terjadi pada fase awal. Hal ini disebabkan *high stress*, *high burn* yang berasal dari *High pressure Compressor*

Tabel 6 Distribusi Weibull

T	$f(t)$	R(t)	F(t)
1.925,36	$1,023 \times 10^{-4}$	0,683	0,317

Dimana:

t = Flight Hours per tahun

f(t) = Distribusi Weibull

R(t) = *Reliability*

F(t) = *UnReliability*

Perhitungan nilai MTBF HPSOV/PRSOV dengan mencari terlebih dahulu nilai n dari fungsi gamma

$$n = \frac{1}{0,757} + 1 = 2,32$$

Kemudian mencari nilai $\Gamma(n)$ dimana nilai $n = 2,32$. Berdasarkan tabel gamma maka nilai $\Gamma(n)$ adalah 1,18093. Kemudian melanjutkan perhitungan MTBF dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T &= 6.887,86 \times 1,18093 \\ &= 8.134,08 \end{aligned}$$

Pengertian dari nilai MTBF adalah jika jam terbang pesawat mencapai 8.134,08 FH, perlu dilakukan inspeksi komponen HPSOV/PRSOV sebelum batasan umurnya tercapai.

3.4 Perhitungan Jumlah Suku Cadang

Perhitungan suku cadang berdasarkan frekuensi kegagalan diketahui waktu perbaikan yang dibutuhkan adalah lima hari atau 0,014 tahun, sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{4 \times 10 \times 1.925,36 \times 0,014}{8.134,08}$$

$$\lambda = 0,132$$

Safety stock (SS) berdasarkan tingkat frekuensi kegagalan dan harus berpola diskrit sehingga dapat menggunakan metode *poisson*. Jumlah suku cadang dapat diketahui melalui metode perhitungan *poisson process* dengan *confidence level* 95%, sebagai berikut:

$$P \leq \sum_{x=0}^n \frac{(\lambda)^x e^{-\lambda}}{x!} = e^{-\lambda} \left[1 + \lambda + \dots + \frac{(\lambda)^{n-1}}{(n-1)!} \right]$$

Untuk 0 spare, $P = -\exp(0,132) = 0,8763$ Untuk 1 spare, $P = 0,8763 (1 + 0.132) = 0,9920$

Jumlah suku cadang HPSOV/PRSOV B777 dapat diketahui bahwa telah memenuhi *confidence level* lebih dari 95%, maka perusahaan menyediakan $(n-1) = 1$, sehingga SS dan ROP sama dengan $n = 1+1 = 2$ buah suku cadang.

3.5 Biaya Perbaikan dan Penyimpanan

Biaya perbaikan HPSOV/PRSOV tidak selalu sama dipengaruhi pada tingkat kerusakan yang dialami dan penggantian komponen yang dilakukan. Berikut merupakan data harga perbaikan, yaitu:

Tabel 7 Biaya Perbaikan dan Penyimpanan

Tahun	Jumlah	
	Perbaikan	Biaya (USD)
2019	8	\$200.770,91
2020	16	\$309.140,48
2021	14	\$207.397,71
2022	14	\$214.161,56
Total	52	\$931.470,66

Per Komponen	\$17.913,00
--------------	-------------

Rata-rata jumlah hari pengiriman dan perbaikan mencapai 5 hari. Biaya pemesanan setiap kali transaksi ditetapkan dengan biaya \$3.500 USD. Biaya penyimpanan suku cadang atau biaya sewa pada gudang GMF Aeroasia per tahun adalah \$2.524 USD.

3.6 Analisis Menggunakan Metode EOQ

Persentase biaya penyimpanan per tahun (i) adalah perbandingan antara jumlah biaya simpan dengan biaya satuan dikalikan seratus persen

$$\begin{aligned} i &= \frac{2.524}{17.913} \times 100 \% \\ &= 0,139 \times 100 \% \\ &= 13,9 \% \end{aligned}$$

Perhitungan biaya persediaan suku cadang HPSOV/PRSOV tahun 2023 dengan metode EOQ adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{\frac{2 \times 3.500 \times 4 \times 0,132}{17.913 \times 0,139}} \\ &= 1,21 = 2 \end{aligned}$$

Jumlah pemesanan paling ekonomis setiap perbaikan adalah 2 komponen dan dilakukan pemesanan kembali pada saat jumlah suku cadang sama dengan 2. Total biaya pengeluaran dengan mencari terlebih dahulu biaya pemesanan dan biaya penyimpanan, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Cr &= \left[3.500 \times \frac{4 \times 0,132}{1,21} \right] \\ &= \$1.527,27 \text{ USD} \\ Cc &= \left[(17.913 \times 0,139) \times \frac{1,21}{2} \right] \\ &= \$1.506,39 \text{ USD} \\ TC &= Cr + Cc \\ &= \$1.527,27 \text{ USD} + \$1.506,39 \text{ USD} \\ &= \$3.033,66 \text{ USD} \end{aligned}$$

Dimana:

Cr = Biaya pemesanan

Cc = Biaya penyimpanan

TC = Total biaya persediaan

Analisis total biaya persediaan (TC) yang paling optimal didapatkan dari penjumlahan biaya pemesanan (Cr) \$1.527,27 USD dan biaya penyimpanan (Cc) \$1.506,39 USD adalah \$3.033,66 USD

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh dan analisis terhadap kebijakan perusahaan, dapat disimpulkan bahwa parameter perawatan yang sesuai dengan HPSOV/PRSOV B777 dapat ditentukan melalui hasil perhitungan nilai $\beta < 1$, yang menunjukkan kategori kerusakan Infant Mortalities Shape. Hal ini disebabkan oleh rendahnya jam terbang pesawat B777 dari tahun 2019 hingga 2022, sehingga komponen HPSOV/PRSOV menjadi rentan terhadap kerusakan atau stuck. Berdasarkan nilai MTBF 8.134,08 FH, diperlukan inspeksi sebelum batasan umur komponen tercapai. Analisis jumlah komponen paling ekonomis dalam sekali perbaikan menunjukkan bahwa optimalnya perbaikan dilakukan ketika dua

komponen rusak dan tersisa dua suku cadang, untuk mengoptimalkan biaya pemesanan dan menghindari pengiriman langsung ke vendor untuk perbaikan. Total biaya persediaan yang paling optimal dengan metode *Economic Order Quantity*, diperoleh dari penjumlahan biaya pemesanan dan penyimpanan suku cadang HPSOV/PRSOV, adalah sebesar \$3.033,66 USD.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Andrew, *Hydraulics and Pneumatics: A Technician's and Engineer's Guide*, Jakarta: Erlangga, 2003.
- [2] GMF AeroAsia, *Basic Aircraft Maintenance Training Manual – Module 10.2 Pneumatic*, Jakarta: PT Garuda Maintenance Facility Aero Asia, 2018.
- [3] Honeywell International Inc., *Component Maintenance Manual- Pressure Regulating Shut Off Valve S/N 5357 P/N 3215302-5*, Jakarta: PT Garuda Maintenance Facility Aero Asia, 2018.
- [4] Kementerian Perhubungan (DKPPU), *CASR Part 1 Definition and Abbreviations Amd 1*, Peraturan Menteri Perhubungan, Indonesia, 2006.
- [5] Garuda Indonesia Maintenance Program, *Doc. No MZ-TD-04-777-300ER Rev. 10*, Jakarta: 2021.
- [6] Boeing Co., *Minimum Equipment List Rev 21*, 2018.
- [7] SAP SWIFT GMF AeroAsia, "SAP Adalah: Pengertian, Contoh hingga Cara Kerjanya," *Akseleran Blog*, 2023.
- [8] IATA, "Standard IATA Delay Codes (AHM730)," 2022. [Online]. Available: <https://ansperformance.eu/library/iata-delay-codes.pdf>. [Accessed: 25-Nov-2022].
- [9] V. A. T. Manurung, *Ilmu Material untuk Otomotif*, Jakarta: Politeknik Manufaktur Astra, 2016.
- [10] J. Wiksten, *Maintenance and Reliability*, Lulea: Lulea University of Technology, 2006.
- [11] D. R. Abernethy, *The New Weibull Handbook*, North Palm Beach, 2015.
- [12] D. K. Sofyan, C. Chalirafi, and M. Sayuti, *Perancangan Tata Letak Ulang Pabrik: Berdasarkan Perhitungan Persediaan Bahan Baku dengan Metode Economic Order Quantity (EOQ)*, Yogyakarta: TEKNOSAIN, 2019.
- [13] C. Yuliana, "Penerapan Model EOQ (*Economic Order Quantity*) dalam Rangka Meminimumkan Biaya Persediaan Bahan Baku," 2016.
- [14] *Engineering PT GMF AeroAsia*, "Data Swift SAP GMF AeroAsia," [Online]. Available: <http://psgsucm.gmf-aeroasia.co.id:8319>. [Accessed: 12-Jan-2023].
- [15] PT GMF AeroAsia, *Maintenance Document*, [Online]. Available: <https://dashboard-Reliability.gmf-aeroasia.co.id/>. [Accessed: Feb-2022].