

## PERENCANAAN PREVENTIVE MAINTENANCE MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY PADA ELECTRICAL SISTEM AUXILIARY POWER UNIT BOEING 737-500

Mohammed Taaqbier<sup>1</sup>, Ferry Setiawan<sup>2</sup>, Muh Anhar<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan

<sup>3</sup>Jurusan Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Negeri Ketapang

Email: mohammedtaaqbier09@gmail.com<sup>1</sup>, ferry.setiawan@sttkd.ac.id<sup>2</sup>, anhar\_dol@yahoo.com<sup>3</sup>

### ABSTRACT

The electrical system Auxiliary Power Unit on the Boeing 737-500 aircraft often experiences operational failure due to damage to the components in the system, this incident causes significant operational losses so that an appropriate maintenance method is needed to eliminate the factors that cause failure in the Electrical system Auxiliary Power Units. The purpose of this study is to plan preventive maintenance activities on the Electrical Auxiliary Power Unit system so that part damage that causes failure can be handled properly. The reliability method is calculated using the Weibull probability distribution so that the critical operating time limit is obtained on the Electrical Auxiliary Power Unit system. From the calculation results, the critical operational limit for the Electrical Auxiliary Power Unit system is 271 flight cycle with the main damage being the start relay component, with maintenance activities in the form of inspection, repair, testing and cleaning activities.

**Keywords:** Failure, Reliability, Weibull Distribution, Maintenance Schedule, auxiliary power unit

### ABSTRAK

Electrical sistem Auxiliary Power Unit pada pesawat Boing 737-500 sering mengalami kegagalan operasional karena adanya kerusakan pada komponen di dalam sistem tersebut, kejadian ini menimbulkan kerugian operasional yang cukup besar sehingga diperlukan sebuah metode perawatan yang tepat untuk menghilangkan faktor – faktor penyebab kegagalan pada Electrical sistem Auxiliary Power Unit. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan aktivitas *preventive maintenance* pada Electrical sistem Auxiliary Power Unit sehingga kerusakan part yang menyebabkan terjadinya kegagalan dapat ditanggulangi dengan baik. Metode *reliability* dihitung menggunakan distribusi *Weibull* sehingga didapatkan batas kritis waktu operasional pada Electrical sistem Auxiliary Power Unit. Dari hasil perhitungan didapatkan Batas kritis operasional Electrical sistem Auxiliary Power Unit adalah 271 *flight cycle* dengan kerusakan utama adalah pada komponen *start Relay*, dengan kegiatan maintenance berupa aktivitas *Inspection*, *repair*, *testing* dan *cleaning*.

**Kata kunci:** Kegagalan, Kehandalan, Distribusi *Weibull*, Jadwal Perawatan, *auxiliary power unit*.

Diterima Redaksi: 18-01-2022 | Selesai Revisi: 24-02-2022 | Diterbitkan Online: 28-02-2022

### 1. Pendahuluan

Auxiliary Power Unit biasanya dipakai pada pesawat – pesawat besar jarang sekali dipasang pada pesawat – pesawat berukuran kecil menggunakan peralatan Auxiliary Power Unit, merupakan sebuah mesin berjenis *Turboshaft Engine motor* yang berfungsi menghasilkan 2 tenaga yaitu *electric* dan *pneumatic*. Tenaga *pneumatic* dimanfaatkan untuk operasional *air conditioning system* yang berfungsi mendinginkan ruangan *cabin* dan *bleed supply system* digunakan untuk *starting engine*, sedangkan tenaga *electric* yang dihasilkan akan

digunakan untuk *lighting system* dan sebagai tenaga untuk operasional komponen yang ada pada *control panel*. Ketika pesawat dalam posisi *on ground* atau tidak terbang pesawat akan menggunakan tenaga *pneumatic* & tenaga *electric* yang di hasilkan dari Auxiliary Power Unit secara bersamaan, sedangkan ketika pesawat pada psosisi *in flight* biasanya tenaga yang dihasilkan dari Auxiliary Power Unit akan dapat digunakan dengan bergantian atau bersamaan tergantung pada ketinggian pesawat saat terbang[1].

Pada operasional pesawat terbang *Auxiliary Power Unit* merupakan sebuah alat yang cukup vital, jika *Auxiliary Power Unit* mengalami kerusakan yang menyebabkan kegagalan sistem operasional maka pesawat akan mengalami sebuah kondisi yang tidak menguntungkan, antara lain dapat mengakibatkan *delay* atau keterlambatan penerbangan, dan bisa juga mengalami gagal terbang jika bandara tidak didukung peralatan pengganti *Auxiliary Power Unit* seperti *Ground Power Unit* (GPU) ataupun *Ground Turbine Compressor* (GTC) di mana alat ini akan berfungsi menggantikan peran *Auxiliary Power Unit* sebagai starting mesin pesawat. *Auxiliary Power Unit* pada Pesawat boeing 737-500 dari data yang diperoleh pada PT. MMF Surabaya sering mengalami kegagalan operasional terutama pada *electrical system*, hal tersebut menimbulkan aktivitas *unscheduled maintenance* untuk mengembalikan kondisi peralatan, hal tersebut sangat merugikan maskapai dikarenakan terjadinya *delay* yang menyebabkan maskapai diwajibkan melakukan ganti rugi pada penumpang karena keterlambatan penerbangan, belum lagi kerugian psikologis pada kepercayaan penumpang pada maskapai. Kegagalan operasional sistem *Auxiliary Power Unit* terutama pada *electrical system* ini mendorong penulis melakukan penelitian untuk merencanakan kegiatan *preventive maintenance* dengan metode *reliability* sehingga dapat menghilangkan kerusakan – kerusakan yang menyebabkan kegagalan operasional mesin *Auxiliary Power Unit*.

### Konsep Keandalan

Keandalan atau *reliability* dapat di artikan dengan sebuah peluang atau probabilitas dari sebuah peralatan, mesin, komponen, part ataupun pada suatu sistem kerja untuk dapat beroperasi secara optimal sesuai dengan fungsinya selama periode waktu (t) tertentu, tanpa mengalami sebuah kerusakan yang menyebabkan kegagalan fungsi[2]. Evaluasi keandalan pada sebuah sistem kerja mesin ataupun komponen dapat memprediksi kemungkinan dan peluang pada sebuah sistem atau komponen untuk dapat melaksanakan fungsinya sesuai dengan jangka waktu yang telah ditetapkan. Meskipun suatu sistem

ataupun komponen dapat beroperasi melewati jangka waktu yang ditetapkan, sistem atau komponen masih dapat beroperasi tetapi tidak dapat memenuhi fungsinya secara maksimal karena berpotensi mengalami kegagalan[3]. Secara matematis keandalan dimodelkan sebagai model distribusi kegagalan. Model distribusi tersebut antara lain:

#### a. Bernad's Median Rank

Analisis data yang dapat digunakan dalam distribusi *Weibull* dimana data tersebut perlu terlebih dahulu diranking dari yang terkecil hingga besar dan digunakan untuk menentukan nilai parameter berupa simpangan kuadrat X dan Y, secara matematis dapat ditulis dalam rumus 1 di bawah ini[2];

Rumus 1

$$BMR = \frac{Ari - 0,3}{n + 0,4}$$

Keterangan:

Ari = rank yang telah disesuaikan ke i

n = jumlah data

#### b. Simpangan Kuadrat Y dan X

Merupakan parameter dari distribusi *Weibull* yang digunakan untuk menentukan shape parameter ( $\beta$ ) dalam distribusi *Weibull*, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut[2];

Rumus 2

$$X = \ln BMR$$

$$Y = \ln (\ln 1/1-BMR)$$

#### c. Laju kegagalan (*failure rate*)

Laju kegagalan menyatakan banyaknya kegagalan per satuan waktu, yang dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini[2];

Rumus 3

$$\lambda (t) = \frac{f(t)}{R (t)}$$

Keterangan:

f(t) = Banyaknya kegagalan waktu operasi t

t = Total waktu operasi

$\lambda(t)$  = Laju kegagalan

R(t) = Keandalan terhadap waktu

#### d. Peluang Waktu Kegagalan (*Unreliability*)

Merupakan sebuah proporsi pada kondisi operasi (*survivor function*) dari suatu komponen, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut[2];

Rumus 4

$$F(t) = Weibull.Dist f(t). \beta. \alpha$$

Keterangan:

$F(t)$  = peluang waktu kegagalan

$f(t)$  = Banyaknya kegagalan waktu operasi  $t$

$\beta$  = Shape parameter

$\alpha$  = Scale parameter.

e. Distribusi *Weibull*

Merupakan sebuah analisis pada suatu sistem atau komponen yang menghasilkan data kehandalan (*reliability*) seperti *Probability Density Function* (PDF), nilai *reliability*, *failure rate* dan MTF. Distribusi weibull terbagi atas 2 parameter dan 3 parameter. Penelitian kali ini digunakan distribusi weibull 2 parameter dengan rumus distribusi weibull adalah[2];

Rumus 5

1). Fungsi kehandalan distribusi weibull:

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]$$

2). Laju kegagalan distribusi weibull:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left[ \left( \frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1} \right]$$

3). Waktu rata-rata kegagalan distribusi weibull:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

### Auxiliary Power (APU) Unit Boing 737-500

*Auxiliary Power Unit* adalah sebuah peralatan pada sistem motor turbin gas yang berfungsi menghasilkan 2 tenaga yaitu *electric* dan *pneumatic*. Sistem kerja *Auxiliary Power Unit* pada dasarnya hampir sama cara kerjanya dengan *engine* pada pesawat yaitu tiga proses kerja. Proses kompresi (*compression*), proses pembakaran (*ignition*) dan ekspansi (*expansion*). Ketiga operasi *Auxiliary Power Unit* ini masing-masing terjadi di *air intake*, kompresor (*compressor*), ruang bakar (*combustion chamber*), *turbine* dan *exhaust*. Media kerja *Auxiliary Power Unit* adalah gas yang dipergunakan untuk menghasilkan kerja pada *turbine* yaitu gas hasil pembakaran di dalam ruang bakar. Dalam unit ini, energi kimia dari bahan bakar dirubah menjadi energi panas, kemudian dirubah menjadi energi mekanis[1]. APU terpasang pada ekor pesawat terbang yang terletak di bagian bawah seperti ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini;



Gambar 1. Auxiliary Power Unit

### Preventive Maintenance

Sistem perawatan adalah ini adalah pemeliharaan rutin dan terjadwal yang dilakukan untuk mencegah kerusakan pada saat operasional atau dengan kata lain dilakukan

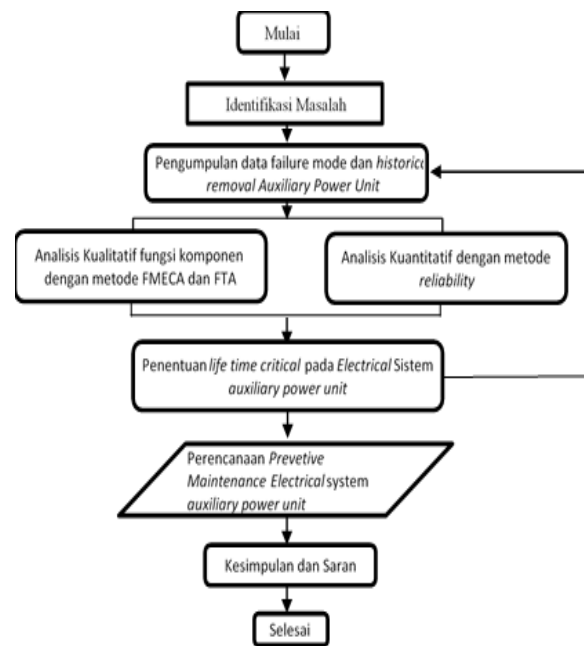
perawatan sebelum terjadinya kerusakan. Pada pelaksanaannya *preventive maintenance* dilakukan berkala dan secara terus menerus dengan dasar data historis pada kerusakan

mesin, komponen dan part di masa lalu. Preventive maintenance juga memuat aktivitas jadwal kegiatan inspeksi dan juga aktivitas jadwal penggantian part ataupun komponen mesin yang berpotensi mengalami kerusakan sebagai tindakan terhadap upaya pencegahan kerusakan yang dapat terjadi secara tiba – tiba, mendadak dan tidak terduga, untuk lebih efisien dan efektif pada pelaksanaan sistem *preventive maintenance* dapat dilakukan pengelompokkan mesin, komponen dan part nya berdasarkan fungsi kerja dan proses operasionalnya[4].

Perencanaan *preventive maintenance* merupakan hasil yang didapatkan dari analisis secara kualitatif dan kuantitatif sehingga dapat dibentuk suatu *maintenance* atau perawatan pencegahan kerusakan atau kegagalan yang mencakup *inspeksi/check*, *testing*, *repair*, dan *cleaning* sesuai kerusakan *part* atau bagian mesin, dimana pada kegiatan perawatan pesawat akan merujuk pada dokumen komponen *auxiliary power unit* berupa *Component Maintenance Manual* (CMM), *Aircraft Maintenance Manual* (AMM), chapter 49 *Auxiliary Power Unit*, dan *Illustrated Part Catalog* (IPC)[5].

## 2. Metode Penelitian

Analisis kualitatif dan analisis kuantitatif adalah metode yang di gunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada sistem *Electrical Auxiliary Power Unit* Boing 737-500. Analisis kualitatif dilakukan dengan metode *Failure Mode Effect and Critically Analysis* (FMECA), tujuan menggunakan metode ini adalah untuk mencari faktor penyebab kegagalan dan efek kritis dari pada kegagalan dari komponen *Electrical* sistem *Auxiliary Power* Boing 737-500, Analisis kuantitatif menggunakan metode *reliability* dengan perhitungan memakai distribusi *Weibull*, hasil dari perhitungan kehandalan ini adalah penentuan batas waktu operasional kritis (*critical life time*) pada *Electrical* sistem *Auxiliary Power* Boing 737-500, sehingga hasilnya adalah penentuan pelaksanaan kegiatan *preventive maintenance* untuk mencegah terjadinya kegagalan dan menghilangkan penyebab kegagalan pada operasional sistem (*system failure*). Dengan penentuan jadwal dan aktifitas *preventive maintenance* yang tepat diharapkan kehandalan *Electrical* sistem *Auxiliary Power* Boing 737-500Boing 737-500 meningkat dengan tidak lagi terjadi kerusakan komponen yang menyebabkan kegagalan operasional. Tempat yang penelitian adalah PT. Merpati *Maintenance Facility* (MMF) yang terletak di area perkantoran Bandar udara Juanda, Sudimoro, Betoro Kec. Sedati, Surabaya, Jawa Timur. Waktu penulis akan melaksanakan pengambilan data penelitian adalah pada tahun 2021 dan dilakukan analisis, pengolahan data, perhitungan dan pembuatan laporan di STTKD yogyakarta. Penelitian dimulai dengan identifikasi masalah untuk menentukan rumusan, tujuan dan batasan masalah. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data baik data kualitatif maupun data kuantitatif untuk dianalisis. Hasil analisis berupa sebuah konsep tentang perencanaan jadwal dan aktivitas perawatan yang efektif dan memberikan penyelesaian terhadap masalah – masalah yang sudah teridentifikasi. Diagram Alir tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Diagram Alir Tahap Penelitian

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Pengumpulan Data

Dalam analisis Kualitatif data yang dibutuhkan berupa data penyebab kerusakan yang didapat dari *Removal Data Monthly*, *Total Time Since Instal* (TSI *Performance*) pada komponen *Auxiliary Power Unit*, *Reason of Removal* (RoR) *Auxiliary Power Unit*, *Shop Finding Auxiliary Power Unit*, dan *Breakdown Part Number* (BDP) *Auxiliary Power Unit*, Sehingga penyebab kegagalan komponen *Auxiliary Power Unit* dapat diketahui menggunakan metode *Failure Mode Effect Critical Analysis* (FMECA), dan mendiskripsikan tingkat resiko kegagalan dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Data Kuantitatif *time to failure* dan *time to repair* didapat dari data *Historical Removal Time Since Instal* atau *Cycle Since Instal* (TSI/CSI) *Auxiliary Power Unit*. Di bawah ini merupakan tabel *breakdown part number* yang berisi histori kasus kerusakan yang ada pada komponen *Electrical* sistem *Auxiliary Power Unit* komponen *Auxiliary Power Unit* yang di ambil dari tahun 2018 sampai tahun 2021.



Tabel 1. Data Breakdown Part Number

NO	Item	Kasus	cumulativ total
1	Start Relay	90	90
2	oil pressure switch	11	101
3	ignition exciter	7	108
4	oil temperature switch	5	113
5	Elektronik Speed	5	118
6	Master Stop Switch	5	123
7	Indicator APU Exause Temp	3	126
8	Solenoid	3	129
9	Starter motor	3	132
10	Connector	3	135
11	Adapter	3	138
12	control circuit	3	141
13	jumper assy	3	144
14	Shunt	3	147
15	Switch over Temp	3	150
16	Shutoff Valve	2	152
17	Valve Butterfly	2	154
18	Tube Assy	2	156
19	Enggine Termocople	1	157
20	Cap Assy	1	158
21	Lam-28 V	1	159
22	Base Assy	1	160
23	AMP Meter	1	161
24	Ammeter	1	162

Berdasarkan tabel 1 di atas *breakdown part number* komponen *Electrical* sistem *Auxiliary Power* unit dapat diketahui bahwa part yang paling sering terjadi kerusakan yang menyebabkan kegagalan operasional adalah Start Relay 90 kasus kejadian.

### Pengolahan Data Kualitatif

Pengolahan data yang di lakukan secara kualitatif dengan memakai analisis *Failure Mode Effect* dan *Criticality Analysis* (FMECA). Proses analisis dengan metode *Failure Mode Effect and Criticality Analysis* menitik beratkan pada factor penyebab dan pengaruh kegagalan komponen *Electrical* sistem *Auxiliary Power Unit*. Hasil pengolahan data dengan metode *Failure Mode Effect and Criticality Analysis* dapat di lihat pada tabel 1. di bawah ini.

Tabel 2. Data Hasil Analisis FMECA

Komponen	Componen function	Potential failure mode	Potential effect of failure
Start Relay	Berfungsi Menggerakkan tuas saklar yang meneruskan electrik ke starter motor dan System	Terjadinya karbonasi menimbulkan loncatan elektron pada contactor ketika posisi <i>close</i> dan <i>Open</i>	Starter motor trouble dan mengalami kerusakan sehingga tidak dapat dioperasikan

### Pengolahan Data kuantitatif

Analisis *reliability* di hitung menggunakan *weibull* pada *Electrical* sistem *Auxiliary Power Unit* dengan menggunakan data *flight cycle* pesawat pada setiap penerbangan, perhitungan menggunakan analisis *weibull* 2 parameter yaitu parameter bentuk ( $\beta$ ) dan parameter skala ( $\alpha$ ) dengan hasil perhitungan skala parameter dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini;

Tabe 3. Hasil Analisis *Electrical System Auxiliary Power Unit*

Parameter	Rank Regression on Y	Rank Regression on X
Beta ( $\beta$ )	0.534	1.534
Intercept (C)	-3.708	-9.628
Eta	1024.51	531.786
MTTF (FC)	1822.58	478.821

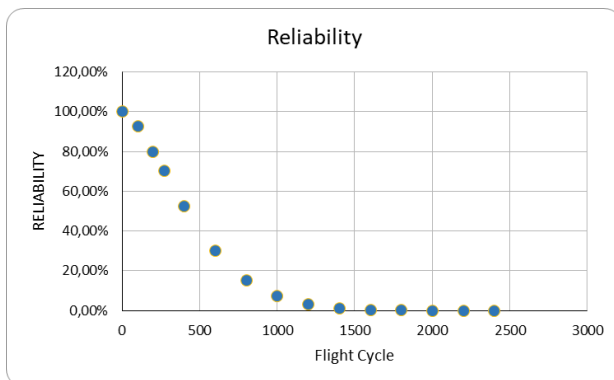
Berdasarkan hasil tersebut nilai *parameter* bentuk ( $\beta$ ) yang didapatkan dari perhitungan *slope* nilai X & Y *plot*, selanjutnya nilai *intercept* didapatkan dari *regresi linier* yang memotong sumbu Y yang kemudian nilai *parameter* bentuk dan *intercept* dihitung dengan cara pembagian *exponent* hingga didapatkan nilai *eta*. Nilai *eta* tersebut yang digunakan untuk menghitung nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) sehingga didapatkan nilai RRY sebesar 1822.58 FC dan nilai RRX sebesar 478.821 FC. Selanjutnya dari data hasil tersebut nilai RRX akan diplot ke dalam sebuah persamaan *reliability* dengan waktu operasional berdasarkan *flight cycle* pesawat, sehingga didapat nilai *Probability*

Density Function (PDF), reliability, dan failure rate yang dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Nilai Perhitungan Reliability, PDF, Dan failure rate

Flight Cycle	Reability	PDF	Failure rate
1	99,99%	0,00010101	0,000101018
101	92,48%	0,00109864	0,001188025
201	79,87%	0,00137029	0,001715703
271	70,08%	0,00141041	0,00201256
401	52,28%	0,00129711	0,002481032
601	29,93%	0,00092155	0,003079517
801	15,34%	0,0005508	0,003590135
1001	7,14%	0,00028894	0,004043976
1201	3,05%	0,00013602	0,004457152
1401	1,20%	5,8263E-05	0,00483931
1601	0,44%	2,2926E-05	0,005196774
1801	0,15%	8,3456E-06	0,005533963
2001	0,05%	2,8261E-06	0,005854106
2201	0,01%	8,9421E-07	0,006159652
2401	0,00%	2,6533E-07	0,006452511
2601	0,00%	7,4058E-08	0,006734205
2801	0,00%	1,9497E-08	0,007005973

Penentuan batas kritis komponen adalah pada angka 70% atau 0,7 yang merupakan target angka kehandalan di PT. MMF, Pada pada perhitungan di atas telah didapat angka reliability 70,08% pada waktu operasinal 271 flight cycle, Grafik flight cycle vs reliability dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini.

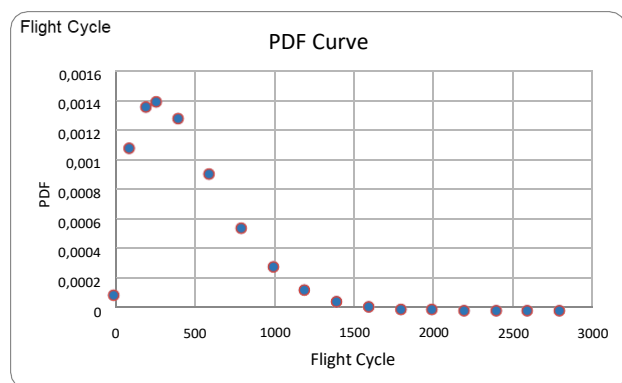


Gambar 3. Grafik Flight Cycle Vs Reliability

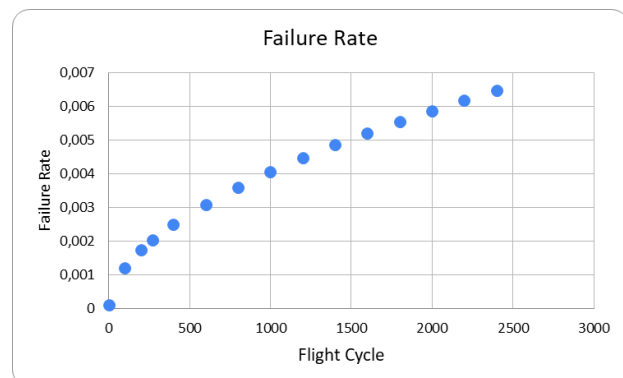
Dari grafik hasil perhitungan di atas dapat diartikan Electrical System sudah berada pada zona keausan dimana peluang terjadinya kegagalan akan terus meningkat beriringan dengan masa pakai atau waktu operasional dari mesin atau peralatan tersebut, sehingga pada

akhirnya akan terjadi kerusakan yang menyebabkan kegagalan operasioanal suatu sistem kerja permesinan, pada kondisi ini preventive maintenance perlu diaplikasikan untuk part/system yang berada pada zona keausan, dimana life time criticalnya adalah sebesar 271 flight cycle, angka ini akan dijadikan acuan sebagai Jadwal preventive manintenance.

Grafik flight cycle vs PDF, dan grafik flight cycle vs failure rate yang dapat dilihat pada gambar 4 dan 5 di bawah ini.



Gambar 4. Grafik Flight Cycle Vs Failure Rate



Gambar 5. Grafik Flight Cycle Vs Failure Rate

Dari grafik flight cycle vs PDF, dan grafik flight cycle vs failure rate di atas menunjukkan pada angka reliability 70,08% nilai PDF maximum menunjukkan 0,00141041, nilai Failure Rate adalah 0,00201256 hal ini menyatakan bahwa electrical system akan berada berada pada zona keausan pada angka PDF 0,00141041 dengan batas kritis operasional 271 flight cycle, kegagalan akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya waktu yang dalam perhitungan

kali ini menggunakan data *flight cycle*, sehingga *preventive maintenance* perlu diterapkan untuk *Electrical System Auxiliary Power Unit* yang berada pada wear-out zone atau zona keausan setelah 271 *flight cycle*.

### Perencanaan Preventive Maintenance

Perencanaan aktivitas *preventive maintenance* mencakup kegiatan inspeksi, Testing, repair, dan cleaning pada terutama pada komponen *start relay* yang mempunyai kasus cukup tinggi yaitu 90 kasus dengan waktu perencanaan aktivitas perbaikan adalah pada operasional 271 *flight cycle* dengan mencakup kegiatan seperti pada tabel 5 di bawah ini;

Tabel 5. Aktivitas *Preventive Maintenance* Pada Part *Start Relay*

Breakdown Part	Inspection	Repair	Testing	Cleaning
<i>Start Relay</i>	Periksa <i>Cable connector</i> dan coil Lilitan	Pergantian part start <i>relay</i> R5	Memeriksa rangkaian dari <i>start relay</i> R5 di terminal X2 jika masih ada terminal yang <i>negative</i> , maka akan di <i>replace</i> (Pergantian part)	Membersihkan komponen dengan cairan TT-1-735 <i>isopropy alcohol</i>

### 4. Kesimpulan

Kerusakan yang menjadi penyebab kegagalan (*failure*) operasional yang terjadi pada komponen *Electrical System Auxiliary Power Unit* pesawat Boeing 737-500, disebabkan kerusakan part *Start Relay* sebanyak 90 kasus yang merupakan faktor paling dominan penyebab kegagalan *Electrical System Auxiliary Power Unit*. Hasil perhitungan *reliability* digunakan untuk menentukan batas kritis operasional pada peralatan *Electrical System Auxiliary Power Unit* pesawat Boeing 737-500 sebagai acuan penentuan jadwal dan aktivitas *preventive maintenance*, Hasil nya adalah untuk *Electrical System Auxiliary Power Unit* nilai *reliability* 70.08 %, dengan batas kritis operasional komponen adalah 271 *flight cycle*. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan dengan penggunaan software statistik dan

menggunakan pendekatan dirtribusi selain Weibull.

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta dan PT. Merpati *Maintenance Facility* (PT. MMF) yang telah banyak membantu dan memberikan fasilitas dalam penelitian ini

### Daftar Pustaka

- [1] Ilham, 2016. "Lubrication System Pada Auxiliary Power Unit ( Apu )," *Lubr. Syst. Pada Aux. Power Unit ( Gtc P85 129 Pesawat Boeing 737 300/400/500*, vol. 3, no. 1, pp. 41–56, 2016.
- [2] C. E. Ebeling, 1997. "Intro to Reliability & Maintainability Engineering." p. 486.
- [3] W. Zimmer, 1999. "An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering," *J. Qual. Technol.*, vol. 31, no. 4, pp. 464–466, doi: 10.1080/00224065.1999.11979954.
- [4] P. Tarigan, E. Ginting, and I. Siregar, 2013. "Perawatan Mesin Secara Preventive Maintenance Dengan Modularity Design Pada Pt. Rxz," *J. Tek. Ind. USU*, vol. 3, no. 3, pp. 35–39.
- [5] F. Setiawan, E. Sofyan, and D. M. C. Putra, 2020. "Analisis Reliability Sistem Starter Valve Untuk Merencanakan Aktivitas Maintenance Pada Pesawat Boeing 737 Next Generation Di ...," *Tek. STTKD J. Tek. ...*, vol. 6, no. 02, pp. 92–103, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.sttkd.ac.id/index.php/ts/article/view/272>.
- [6] B. S. P. SUSANTO, 2017. "Penjadwalan Waktu Optimum Maintenance Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm)," p. 4, [Online]. Available: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fprints.umm.ac.id%2F36022%2F3%2Fjijptumpp-gdl-bagussusil-48581-3-babii.pdf&clen=1637397&chunk=true>.
- [7] Cyrilus, 2012. "Analisis Terhadap Starter Motor Auxiliary Power Unit 85 / 129E Saat on Pada Pesawat Boeing 737-300 / Pk-Yvw," *Anal. Terhadap Start. Mot. Aux. Power Unit 85/129E Saat Pada Pesawat Boeing 737*, vol. 2, no. 2, pp. 15–18.
- [8] H. Munawir, R. M. Ulfa, and M. Djunaedi, 2020. "Analisa Risiko Kegagalan Terhadap Downtime Pada Line Crank Case Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis," pp. 149–156.
- [9] M. R. Rasindyo, Kusmaningrum, and Y. Helianty, 2015. "Analisis Kebijakan Perawatan Mesin Cincinnati Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Di PT.

Dirgantara Indonesia," *J. Online Inst. Teknol. Nas.*, vol. 03, no. 1, pp. 400–410.

[10] Aircraft Maintenance Manual (AMM). Rev 15 Oktober 2019. ATA 80 Engine Starting. Chicago Amerika. Boeing 737-600/700/800/900.

[11] F. Setiawan, E. Sofyan, and M. Hadi, 2021.

"JOURNAL OF APPLIED MECHANICAL ENGINEERING AND RENEWABLE ENERGY (JAMERE), "Perencanaan Preventive Maintenance Ram Air Actuator pada Pesawat Boeing 737 Next Generation Menggunakan Metode Reliability Di PT . GMF Aeroasia", vol. 1, no. 2, pp. 53–62, 2021.