

MAINTENANCE ACTIVITY PLANNING FOR FUEL SYSTEM COMPONENTS ON KT-1B AIRCRAFT USING RELIABILITY METHODS

Ferry Setiawan^{1*}, Ekklesia Christian Adiksa², Dhimas Wicaksono³, Muh Anhar⁴,
^{1, 2, 3}, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ketapang⁴
¹ferry.setiawan@sttkd.ac.id, ²chistian.adiksa0504@gmail.com, ³dhimas.wicaksono@sttkd.ac.id

ABSTRACT

This research aims to prevent unscheduled maintenance by determining the optimal maintenance time to plan preventive maintenance on the fuel system of the KT-1B aircraft. Fuel System components include Engine Driven Pump, Fuel Control Unit. The methods used are Fault Tree Analysis (FTA), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), and Weibull Distribution. This method is to determine the factors causing failure, calculate the failure rate, and system reliability. Factors causing fuel system failure are influenced by age, damaged seals, vibration. The level of reliability of the Fuel System decreases with the length of use. Where the system will experience a critical period when it reaches operational time, namely engine driven pump = 1010 hours with a reliability value of 70%, fuel control unit = 1637 hours with a reliability value of 70.1%. After knowing the critical mass limit of the components, Preventive Maintenance planning will be carried out on the parts and components that cause failure, namely by cleaning the engine driven pump components and the fuel control unit by periodically checking the parts on the KT-1B aircraft.

Keywords : Critical Period, FMEA, FTA, Fuel System, Weibull Distribution, life cycle

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mencegah terjadinya unschedule maintenance dengan menentukan waktu perawatan yang optimal untuk melakukan perencanaan preventive maintenance pada fuel system pesawat KT-1B. Komponen-komponen Fuel System yaitu meliputi Engine Driven Pump, Fuel Control Unit. Metode yang digunakan adalah Fault Tree Analysis (FTA), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), dan Distribusi Weibull. Metode ini untuk mengetahui faktor penyebab kegagalan, menghitung laju kegagalan, dan keandalan sistem. Faktor penyebab kegagalan fuel system dipengaruhi oleh usia, seal rusak, getaran. Tingkat keandalan Fuel System mengalami penurunan seiring lamanya pemakaian. Dimana system akan mengalami masa kritis ketika mencapai waktu operasional yaitu engine driven pump = 1010 jam dengan nilai reliability 70%, fuel control unit = 1637 jam dengan nilai reliability 70,1%. Setelah mengetahui batas masa kritis komponen, maka akan dilakukan perencanaan Preventive Maintenance terhadap part dan komponen penyebab kegagalan yaitu dengan melakukan cleaning pada komponen engine driven pump, fuel control unit dengan periksa secara berkala part pada Pesawat KT-1B..

Kata Kunci : Periode Kritis, FMEA, FTA, Sistem Bahan Bakar, Distribusi Weibull, Siklus Hidup

Diterima Redaksi: xx-xx-20xx | Selesai Revisi: xx-xx-20xx | Diterbitkan Online: xx-xx-20x

1. PENDAHULUAN

Komponen *fuel system* pada pesawat KT-1B merupakan system yang digunakan untuk menyimpan, mengalirkan, dan menyediakan bahan bakar kepada mesin pesawat untuk pembakaran dan merubah energi kimia bahan bakar menjadi energi kinetik yang menggerakkan pesawat. Sesuai *mainetenan manual book* pesawat KT-1B, perawatan *engine* pesawat dilakukan setiap 1500 jam terbang, dimana *engine* pesawat akan diturunkan dan dilakukan pengecekan secara menyeluruh, termasuk didalamnya komponen *fuel system*. Pada *fuel system* terdapat komponen *oil to fuel heater* dimana berfungsi untuk menghangatkan *fuel*, komponen ini sering kali mengalami gangguan yang menyebabkan *unscheduled maintenance*, hal ini membuat kehandalan dan kelayakan terbang pesawat terganggu. Pada pesawat KT-1B dengan nomor registrasi LL-00117 ditemukan bahwa *oil to fuel heater* sering dijumpai dalam keadaan kotor sehingga tidak dapat berfungsi maksimal pada pembakaran. Pada penelitian sebelumnya yang berjudul analisa kegagalan pada *fuel intake manifold* pesawat terbang boeing 737-500 dalam penelitian tersebut dikatakan bahwasannya *fuel intake manifold* merupakan komponen yang sangat penting di pesawat terbang dimana *fuel intake manifold* berfungsi sebagai penyalur bahan bakar yang akan dibawa ke *engine*. Komponen tersebut mengalami kegagalan yaitu adanya *crack* yang menyebabkan kebocoran *fuel* pada saat *refueling* pesawat terbang Boeing 737-500 hal ini menyebabkan terjadinya *unscheduled maintenance* sehingga mengganggu proses operasional pesawat dan merugikan maskapai[11]. *Fuel system* pada pesawat khususnya pesawat KT-1B merupakan peralatan atau komponen kritis yang harus selalu dalam kondisi handal untuk mendukung operasional pesawat, sehingga dengan banyaknya permasalahan kegagalan operasional komponen *fuel system* maka perlu dilakukan analisis untuk mencari penyebab dari gagalnya *fuel system* pada pesawat kt-1B dan membuat strategi *preventive maintenance* yang tepat berdasarkan histori data waktu kersakan komponen (*time to failure*) agar tidak terjadi lagi kegagalan pada saat pesawat mau operasionalkan yang memunculkan aktivitas *unscheduled maintenance*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan menggunakan analisis kualitatif berupa data jenis kerusakan dan analisis kuantitatif dengan data histori kegagalan komponen (*time to failure*), dengan data ini akan dihitung waktu kritis komponen yang menyatakan komponen tersebut sudah berada di masa aus (*wear out zone*) dan selanjutnya di desain prosedur *preventive*

maintenance yang tepat untuk mencegah kegagalan secara tiba – tiba dan menimbulkan aktivitas perawatan yang tidak terencana (*unscheduled maintenance*).

A. Metode Pengumpulan Data

- 1) Metode yang digunakan penulis untuk mengumpulkan data yaitu melalui beberapa metode. Metode wawancara, Metode wawancara adalah metode dengan cara bertanya langsung kepada dosen pembimbing ataupun para pakar yang telah menguasai bidang yang diteliti.
- 2) Metode studi *literature*, yaitu metode yang menggunakan media baik berupa media cetak atau media *online* untuk mencari sumber yang relevan dengan objek yang akan diteliti. Adapun sumber studi literatur yang digunakan penulis antara lain buku dan internet.
- 3) Pengamatan secara langsung, Pengamatan secara langsung dilapangan bertujuan untuk mempelajari bagaimana proses dalam setiap tahap nya berlangsung serta mengamati bagaimana sistem itu digunakan.
- 4) Analisa dan kesimpulan, Metode ini dilakukan untuk menganalisa perawatan *Fuel System* yang ada di pesawat KT-1B dan mengetahui faktor penyebab kegagalan *Fuel system* dan mengambil kesimpulan dari hal tersebut.

B. Fault Tree Analysis

Metode *fault tree analysis* ini efektif dalam menemukan inti permasalahan karena memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan atau kerugian yang ditimbulkan tidak berasal pada satu titik kegagalan. *Fault tree analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana [1]. Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi, Konstruksi dari *fault tree analysis* (FTA) meliputi gerbang logika yaitu gerbang AND dan gerbang OR[2].

Berdasarkan Buku *fault tree handbook with aerospace application* terdapat beberapa tahap untuk membuat struktur *fault tree analysis*, antara lain:

1. Identifikasi objek yang akan diteliti.
2. Menentukan *top event*
3. Menentukan cakupan masalah.
4. Menentukan resolusi dari FTA.
5. Menentukan *Ground rules* dari FTA.
6. Membuat konstruksi *fault tree*.
7. Mengevaluasi *Fault Tree*.
8. Menafsirkan hasil FTA.

C. Failure Mode and Effect Analysis

Failure mode and effect analysis (FMEA) adalah analisa teknik yang apabila dilakukan dengan tepat dan waktu yang tepat akan memberikan nilai yang besar dalam membantu proses pembuatan keputusan dari *engineer* selama perancangan dan pengembangan. Analisa ini tidak memerlukan persamaan matematik dan statistik dan dapat diterapkan hanya kepada pengalaman dan pengetahuan yang konvensional[3]. Untuk melakukan FMEA, sangat disarankan untuk membuat tabel yang akan membantu analisa anda. Format tabel dapat bervariasi

- 1) Buat daftar potensi kesalahan (*failure mode*) untuk setiap langkah proses. Analisa dan temukan titik kesalahan yang mungkin terjadi di setiap tahapan proses.
- 2) Buat daftar mengenai efek dari *failure mode* yang ada dalam daftar sebelumnya.
- 3) Buatlah rating, efek mana yang paling besar hingga yang paling kecil. Beri angka 1 untuk yang efeknya paling kecil, dan 10 untuk yang efeknya paling besar. Masukkan angka pada kolom 'SEV' (*severity*).
- 4) Identifikasi penyebab dari *failure mode* (kesalahan) sehingga menimbulkan efek tersebut. Buatlah rating seperti yang anda lakukan pada daftar efek diatas yang mengidentifikasi penyebab mana yang paling mungkin dan mana yang paling tidak mungkin. Beri angka 1 untuk yang paling rendah kemungkinannya dan 10 untuk yang paling tinggi kemungkinannya. Masukkan dalam kolom 'OCC' (*occurence*).
- 5) Identifikasi kontrol yang ada untuk mendeteksi isu-isu kesalahan yang ada dalam daftar anda, dan buat rating berdasarkan efektifitasnya dalam mendeteksi dan mencegah kesalahan. Nilai 1 artinya anda memiliki kontrol yang dapat dibilang sempurna, dan angka 10 berarti anda tidak memiliki kontrol apapun terhadap failure, atau memiliki kontrol namun sangat lemah. Masukkan dalam kolom 'DET' (*detection*).
- 6) Kalikan angka-angka pada kolom *severity* (SEV), *occurence* (OCC), dan *detection* (DET) dan masukkan hasilnya pada kolom '*risk priority number*' (RPN). Kolom ini akan menghasilkan angka-angka yang akan membantu tim anda untuk menetapkan prioritas fokus. Jika, misalnya, anda memiliki poin *severity* 10 (paling besar efeknya), *occurence* 10 (terjadi setiap waktu), dan *detection* 10 (tidak terdeteksi), nilai RPN menjadi 1000. Ini berarti kondisi telah sangat serius.
- 7) Sortir nilai pada RPN dan identifikasi isu yang paling kritikal dan mendesak untuk segera ditangani. Tim harus membuat prioritas fokus.

D. Distribusi Weibull

Reliability atau keandalan didefinisikan sebagai kemampuan pada beberapa komponen atau sistem agar dapat melaksanakan fungsinya selama periode waktu (t) yang telah ditentukan dan tidak mengalami suatu kerusakan dalam operasionalnya[4]-[5]

Parameter yang digunakan dalam distribusi *Weibull* adalah *shape parameter* (β) dan *scale parameter* (μ). Untuk menentukan peluang kegagalan, digunakan rumus PDF (*Probability Density Function*). Persamaannya adalah sebagai berikut:

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

Dimana:

$f(t)$ = Fungsi Komulatif

t = Waktu Kegagalan

η = Skala parameter atau usia karakteristik

β = Slope atau shape parameter

e = Bilangan natural (EXP) 2,718281828

Nilai keandalan dapat ditentukan melalui persamaan berikut ini:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (2)$$

Dengan $R(t)$ merupakan keandalan pada waktu tertentu.

Untuk menentukan *MTTF* (*Mean Time To Failure*) atau rata-rata waktu terjadinya kegagalan adalah dengan menggunakan persamaan berikut:

$$MTTF = \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (3)$$

Dimana Γ merupakan fungsi gamma yang didapatkan dari tabel fungsi gamma.

Fungsi keandalan terhadap waktu dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (4)$$

Persamaan $F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}}$ dapat disederhanakan menjadi:

$$Y = BX + A \quad (5)$$

Nilai variable Y dan X dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$Y = \ln(\text{Time Failure}) \quad (6)$$

$$X = \ln\left[\ln\left(\frac{1}{1 - \text{median rank}}\right)\right] \quad (7)$$

Sedangkan nilai A dan B dapat dicari menggunakan persamaan *Least Squares* sebagai berikut:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}} \quad (8)$$

(8)

$$A = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (9)$$

(9)

Dimana; $\bar{Y} = \text{mean } \sum y$ dan $\bar{X} = \text{mean } \sum x$

Dalam estimasi yang digunakan oleh *reliability engineering* juga menggunakan persamaan Bernad's untuk menentukan *median rank*. Persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Median Rank} = \left(\frac{i-0,3}{N+0,4} \right) \quad (10)$$

Dimana:

i : Rank pada data

N : Jumlah data

Dengan nilai *shape parameter* adalah:

$$\beta = \frac{1}{b}$$

(11)

Sedangkan nilai dari *eta* (η) adalah:

$$\eta = e^A$$

(12)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi objek yang akan diteliti, selanjutnya, dilakukan pengumpulan data dari berbagai sumber untuk mendukung penelitian tersebut. Data yang terkumpul kemudian diolah dan dianalisis menggunakan metode seperti *fault tree analysis*, *failure mode and effect analysis*, dan perhitungan kehandalan dan waktu kritis komponen dengan menggunakan *distribusi weibull*.

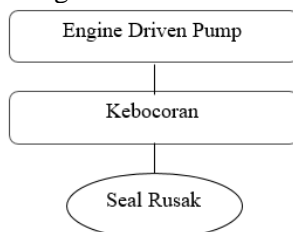
A. Analisis Kualitatif Fault Tree Analysis

Berdasarkan data kegagalan Pesawat KT-1B pada periode September 2012 hingga September 2022 yang diperoleh di Skadron Teknik 043 Lanud Adisutjipto, didapatkan beberapa pergantian komponen yang diakibatkan kerusakan komponen mengenai *Fuel System*. Untuk data asli dari pencatatan pergantian komponen *Fuel System* Pesawat KT-1B terdapat pada lampiran. Pergantian komponen tersebut meliputi:

1.Engine Driven Pump : 7

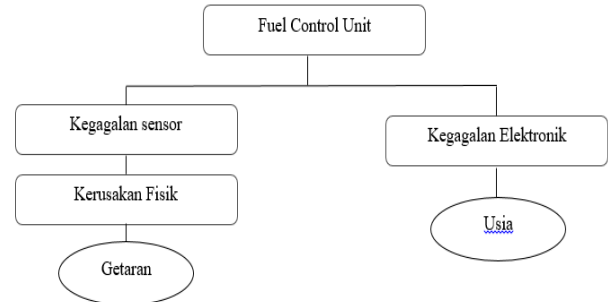
2.Fuel Control Unit : 11

Salah satu penyebab dari terjadinya EDP *Fail* pada Pesawat KT-1B yaitu kebocoran, seal rusak, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1 Diagram *engine driven pump*

Salah satu penyebab dari terjadinya FCU Fail pada Pesawat KT-1B yaitu kegagalan sensor, kegagalan fisik, kegagalan elektronik.



Gambar 2 Diagram *fault tree* untuk *fuel control unit*

B. Analisis Failure Mode And Effect Analysis

Berdasarkan data kegagalan Pesawat KT-1B pada yang diperoleh di Skadron Teknik 043 Lanud Adisutjipto, didapatkan beberapa pergantian komponen yang diakibatkan kerusakan komponen mengenai *fuel system*. Kerusakan komponen tersebut meliputi *engine driven pump*, *fuel control unit*.

Setelah diketahui jenis-jenis penyebab dari kegagalan *fuel system*, langkah selanjutnya adalah buat daftar mengenai efek dari *failure mode* yang ada dalam daftar sebelumnya. Langkah ini bertujuan untuk mendapatkan informasi yang mendasar sehingga memudahkan untuk evaluasi menggunakan rating efek mana yang paling besar hingga paling kecil. Yaitu dengan menentukan *Severity* (Tingkat Keparahan), *occurrence* (Tingkat Kejadian), *Detection* (Metode Deteksi). Kalikan angka-angka pada kolom *severity* (SEV), *occurrence* (OCC), dan *detection* (DET) dan masukkan hasilnya pada kolom '*risk priority number*' (RPN). Kolom ini akan menghasilkan angka-angka yang akan membantu untuk menetapkan prioritas fokus. Berikut tabel analisis FMEA dari kasus sistem hidrolik pada Pesawat KT-1B[2][6][7].

Tabel 1.Nilai Saverity (Tingkat Keparahan)

KOMPONEN	KERUSAKAN	DAMPAK	KEPARAHAN	PERINGKAT
ENGINE DRIVEN PUMP	KEBOCORAN	MAYOR	KINERJA SISTEM TIDAK SEMPURNA	7
FUEL CONTROL UNIT	KEGAGALAN SENSOR	SIGNIFIKAN	KINERJA SISTEM MENURUN KARENA BEBERAPA FUNGSI TERTENTU MUNGKIN TIDAK BEROPERASI	6
	KEGAGALAN ELEKTRONIK	SERIOUS, KEGAGALAN TERJADI DENGAN PERINGATAN	MENGHENTIKAN PENGOPERASIAN SISTEM	9

Tabel 2 Nilai Occurance (Tingkat Kejadian)

KOMPONEN	KERUSAKAN	PELUANG KEGAGALAN	TINGKAT KEMUNGKINAN GAGAL	PERINGKAT
ENGINE DRIVEN PUMP	KEBOCORAN	TINGGI, KEGAGALAN TERUS BERULANG	1 dari 8	8
FUEL CONTROL UNIT	KEGAGALAN SENSOR	RELATIF TINGGI	1 dari 20	7
	KEGAGALAN ELEKTRONIK	SANGAT TINGGI, KEGAGALAN BERHUBUNGAN PROSES GAGAL SEBELUMNYA	1 dari 3	9

Tabel 3 Nilai Detection (Metode Deteksi)

KOMPONEN	KERUSAKAN	KEMUNGKINAN KEGAGALAN TERDETEKSI	RANCANGAN PENGENDALIAN	PERINGKAT
ENGINE DRIVEN PUMP	KEBOCORAN	SEDANG	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sedang untuk mendeteksi kegagalan	5
FUEL CONTROL UNIT	KEGAGALAN SENSOR	RENDAH	Terdapat kendali tetapi rendah kemampuan mendeteksi kegagalan	6
	KEGAGALAN ELEKTRONIK	RENDAH	Terdapat kendali tetapi rendah kemampuan mendeteksi kegagalan	6

Tabel 4 Analisis Failure Mode and Effect Analysis

NAMA KOMPONEN	FAILURE MODE	EFFECT OF FAILURE	CAUSE FAILURE	CURRENT CONTROL	EXITING CONDITIONS			
					S	O	D	RPN
ENGINE DRIVEN PUMP	KEBOCORAN	tekanan dan aliran yang dibutuhkan oleh pompa dapat terganggu.	SEAL RUSAK	PENGECEKAN KOMPONEN SECARA RUTIN	7	8	5	280
FUEL CONTROL UNIT	KEGAGALAN SENSOR	FCU tidak dapat mengontrol pasokan bahan bakar dengan benar.	kerusakan fisik karena getaran	pengecekan sambungan komponen	6	7	6	294
	KEGAGALAN ELEKTRONIK	mengakibatkan kerusakan pada sirkuit elektronik yang mengontrol operasi FCU.	faktor usia	pengecekan komponen secara rutin	9	9	6	486

Dari tabel diatas maka, didapatkan hasil *Failure Mode* dari komponen *Fuel System* yang dianalisa menggunakan metode *failure mode and analysis* (FMEA) menunjukkan sistem atau group component yang memiliki prioritas resiko kegagalan terbesar adalah trouble pada *fuel control unit* dengan nilai RPN sebesar 486. Adanya kegagalan elektronik pada *Fuel Control Unit* akan menyebabkan kerusakan pada sirkuit elektronik yang mengontrol operasi FCU yang

disebabkan oleh factor usia, untuk itu pentingnya dilakukan perawatan pada fuel system untuk menghindari adanya kegagalan elektronik dengan pelaksanaan servicing *fuel system*. Sedangkan prioritas resiko kegagalan terkecil terdapat pada komponen *Engine Driven Pump* yang mana terjadi kebocoran pada komponen tersebut, dengan nilai RPN 280.

C. Analisis Kuantitatif Distribusi Weibull

Analisis kuantitatif dilakukan dengan menggunakan analisis distribusi weibull 2 Parameter dengan bantuan pengolahan menggunakan *software Ms. excel* dimana memerlukan data historikal kerusakan komponen *fuel system* dan jadwal pergantian komponen *fuel System* sehingga nilai kehandalan, waktu kritis komponen, dan *mean time to failure* (MTTF) dapat diketahui. Perhitungan kehandalan dikelompokkan berdasarkan sistem kerja pada komponen *fuel System*.

Tabel 5 Pergantian Komponen Engine Driven Pump

Bulan	Reg	FC
16/9/2014	PK-CLL	633
23/2/2017	PK-NAN	799
28/6/2018	PK-CLL	934
20/2/2019	PK-CLE	1262
16/4/2020	PK-CLL	1449
20/6/2022	PK-CLE	2834
07/11/2022	PK-NAP	3118

Analisis *weibull* kategori kelompok *Engine Driven Pump* menggunakan analisis *weibull* 2 parameter yaitu parameter beintuk (β) dan parameter skala (α) dengan *interval variasi cycle* setiap penambahan 300 jam terbang. Dari analisis tersebut di dapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 6 Hasil Analisis Engine Driven Pump

	Rank Regresion on Y	Rank Regresion on X
β	1,666249273	1,864425954
c (Intersept)	-12,50191953	-13,9284174
Eta	1813,530448	1755,694481
MTTF	1620,448006	1558,962115

Berdasarkan hasil tersebut nilai parameter bentuk (β) 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 di dapatkan nilai RRY sebesar 2531,352849 FC dan nilai RRX sebesar 2502,635864 FC.

Tabel 7 Pergantian Komponen Fuel Control Unit

Bulan	Reg	FC
07/05/2013	PK-NHS	557
27/11/2015	PK-NAP	891
28/1/2016	PK-CLC	1355
23/2/2017	PK-AZN	1790
17/12/2018	PK-CLL	2111
22/10/2019	PK-NAN	2565
15/11/2019	PK-CLL	3298
03/09/2020	PK-CLE	3790
24/4/2020	PK-CLL	3811
04/09/2020	PK-CLE	4676
22/9/2021	PK-NAP	4982

Analisis weibull kategori kelompok *Fuel Control Unit* menggunakan analisis weibull 2 parameter yaitu parameter bentuk (β) dan parameter skala (α) dengan *interval variasi cycle* setiap penambahan 300 jam terbang. Dari analisis tersebut di dapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 8. Hasil Analisis Fuel Control Unit

	Rank Regression on Y	Rank Regression on X
β	1,577070773	1,601977231
c (Intersept)	-12,69468677	-12,88685524
Eta	3132,338849	3116,118927
MTTF	2812,233202	2793,515363

Berdasarkan hasil tersebut nilai parameter bentuk (β) 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 di dapatkan nilai RRY sebesar 3335,415402FC dan nilai RRX sebesar 3327,803952FC.

Tabel 9 Pengolahan Data Komponen Fuel System

Komponen	Reason of Removal	MTTF		Reliability	
		RRY	RRX	Jam Terbang	R(t)
Fuel System	Engine Driven Pump	1620,448006	1558,9621	1010	0,7
	Fuel Control Unit	2812,23322	2793,5154	16371	0,7

Berdasarkan tabel diatas dapat kita ketahui bahwa setiap sistem mempunyai nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) & nilai kehandalan (*reliability*) yang berbeda-beda pada setiap sistemnya, detail dari setiap sistem tersebut antara lain:

1. Engine Driven Pump

Dalam kelompok kategori sistem *engine driven pump* diketahui bahwa alasan kerusakan atau

reason of removal disebabkan karena kerusakan pada *Engine driven pump*, akan berakibat kebocoran akibat seal yang rusak. Dari analisis distribusi weibull dapat diketahui bahwa *waktu Engine driven pump* akan mengalami kegagalan (MTTF) sebesar 1558,9621 FC, dengan waktu titik kritis (*life time critical*) hanya sebesar 1010 jam terbang dan nilai kehandalan (*reliability*) sebesar 70 %. Atas dasar itulah diperlukan *preventive maintenance* untuk mengembalikan nilai kehandalan *engine driven pump* sehingga dapat mencapai nilai MTTF.

2. Fuel Control Unit

Dalam kelompok kategori sistem *fuel control unit* diketahui bahwa alasan kerusakan atau *reason of removal* disebabkan getaran yang menyebabkan kegagalan sensor dan kegagalan fisik. Dari analisis distribusi weibull dapat diketahui bahwa *waktu fuel control unit* akan mengalami kegagalan (MTTF) sebesar 2793,5154 FC, dengan waktu titik kritis (*life time critical*) hanya sebesar 1637 jam terbang dan nilai keandalan (*reliability*) sebesar 70,1%. Atas dasar itulah diperlukan *preventive maintenance* untuk mengembalikan nilai kehandalan *fuel control unit* sehingga dapat mencapai nilai MTTF [5], [7], [8].

D. Perencanaan Aktivitas Preventive Maintenance

Komponen *fuel control unit*, akan mengalami penurunan kehandalan seiring dengan waktu pemakaian. Berdasarkan data waktu *time to failure* akan dihitung waktu kritis komponen (*life time critical*) yang secara statistik sesuai histori kegagalan komponen didefinisikan sebagai masa aur (*wear out zone*). Waktu kritis komponen merupakan batas kehandalan sebuah sistem sehingga perlu dilakukan *preventive maintenance* yang terencana agar tidak terjadi kegagalan sistem secara tiba – tiba dan memunculkan aktivitas *unschedule maintenance*. Perencanaan aktifitas maintainen dilakukan seuai waktu kritis hasil perhitungan kehandalan dengan rencana aktivitasnya dapat dilihat pada tabe dibawah ini:

Tabel 10 Aktivitas Preventive Maintenance pada Fuel System

Breakdown Part-F4-MF4-MB7	Critical Life Time	Potential Failure Mode	Maintenance			
			Inspection	Testing	Cleaning	Repair
Engine Driven Pump	1010 Jam	Kebocoran	Periksa seal yang rusak	Check pressure mai engine driven pump pada fuel system diperasikan.	Membersihkan part filter udara dan bahan bakar	Pergantian part filter udara dan seal.
Fuel Control Unit	16371 Jam	Kegagalan sensor	Periksa kondisi dan kabel sensor serta memastikan tidak ada yang bergeser. Periksa secara visual apakah ada kerusakan fisik pada sensor.	Check sensor pada fuel control unit.	Membersihkan pada bagian sensor	Pergantian part FCU
		Kegagalan elektronik	Periksa Sambungan dan Kabel. Pastikan semua sambungan dan kabel pada FCU terpasang dengan baik dan tidak ada yang longgar atau rusak.	Check sensor dan sambungan kabel	Periksa secara berkala kondisi kabel dan konektor yang menghubungkan FCU dengan sistem bahan bakar dan komponen lainnya. Pastikan tidak ada kabel yang sobek, rusak, atau kompi pada	Pergantian part FCU

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dengan asumsi *Fuel System Fail* sebagai Top Event diperoleh 7 *Intermediate Event* dengan menggunakan gerbang logika “OR” serta 3 *Basic Event* yang menyebabkan terjadinya kegagalan pada *Fuel System* pada Pesawat KT-1B, seal rusak, getaran dan masa pakai.

Engine driven pump akan mengalami kegagalan (MTTF) sebesar 1558,96212 FC, dengan waktu titik kritis (*life time critical*) sebesar 1010 jam terbang dan nilai kehandalan (*reliability*) sebesar 70,00 %. *Fuel control unit* akan mengalami kegagalan (MTTF) sebesar 2793,515363 FC, dengan waktu titik kritis (*life time critical*) sebesar 16371 jam terbang dan nilai kehandalan (*reliability*) sebesar 70,01 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan kepada Skadron Teknik 043 Lanud Adisutjipto yang telah memberikan kesempatan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Terimakasih juga kami sampaikan kepada segenap Dosen yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] T. Ferdiana and I. Priadythama, “Analisis Defect Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Berdasarkan Data Ground Finding Sheet (GFS) PT. GMF AEROASIA,” *Pros. Semin. Nas. Ind. Eng. Conf. 2016*, pp. 1–8, 2015.
- [2] D’Ettore, ““A Revised FMEA application to the quality control management’ D’ Ettore Claudia Paciarotti Giovanni Mazzuto Davide SUSANTY,” *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 31, no. 7, pp. 788–810, 2014.
- [3] C. D. PUTRA, A. SYARIEF, AND H. ISWORO, “ANALISA Kegagalan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analisis (Fmea) Pada Unit Off-Highway Truck 777D,” *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 3, no. 1, pp. 33–42, 2018, doi: 10.20527/sjme kinematika.v3i1.4.
- [4] F. Setiawan, E. Sofyan, and D. Muridha C. Putra, “Analisis Reliability Sistem Starter Valve Untuk Merencanakan Aktivitas Maintenance Pada Pesawat Boeing 737 Next Generation Di Pt Gmf Aeroasia,” *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 6, no. 2, pp. 92–103, 2020, doi: 10.56521/teknika.v6i2.272.
- [5] M. Taaqbier, E. Sofyan, and F. Setiawan, “Perancangan Aktivitas Maintenance Dengan Metode Reliability Pada Sistem Auxiliary Power Unit (Apu) Pesawat Boeing 737-500 Studi Kasus Di Pt. Mmf Surabaya,” *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 7, no. 2, pp. 174–183, 2021, doi: 10.56521/teknika.v7i2.318.
- [6] V. No, F. Setiawan, E. Sofyan, and M. Hadi, “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.
- [7] B. Rahmanto, F. Setiawan, and E. Sofyan, “Perancangan Aktivitas Pemeliharaan dengan Metode Reliability pada Sistem Main Rotor Blade Helikopter BELL 412EP Studi Kasus Penerbad Semarang,” *J. Appl. Mech. Eng. Renew. Energy*, vol. 2, no. 1, pp. 9–15, 2022, doi: 10.52158/jamere.v2i1.243.
- [8] F. Setiawan, M. Taaqbier, and M. Anhar, “Perencanaan Preventive Maintenance Menggunakan Metode Reliability Pada Electrical Sistem Auxiliary Power Unit Boeing 737-500,” *Inj. Indones. J. Vocat. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: 10.58466/injection.v2i1.279.
- [9] F. Setiawan, Y. T. Purwantiningsih, and D. Wicaksono, “Schedule Planning and Maintenance Activities Auxiliary Power Unit (APU) Boeing 737-500 Aircraft With Reliability Method,” *Pros. Semin. Nas. Sains Teknol. dan Inov. Indones.*, vol. 3, no. November, pp. 91–102, 2021, doi: 10.54706/senastindo.v3.2021.130.
- [10] D. R. F. Saputra, Y. Sukmono, L. D. Fathimahhayati, “Analisis Reliability Pada Mesin Fan Mill Unit 1 Di PT Cahaya Fajar Kaltim,” Vol. 10, No. 1, November 2018.
- [11] J. Malau and R. Rochiem, “Analisa Kegagalan pada Fuel Intake Manifold Pesawat Terbang Boeing 737-500,” Vol. 2, No. 1, 2013