

ANALISIS KEANDALAN FUEL CONTROL UNIT P/N 441921-5 PADA APU HONEYWEL GTCP131-9 (A) PESAWAT AIRBUS 320 - 200 DI PT INDONESIA AIR ASIA

Hilman Taufik¹, Ego Widoro², Nugroho Budi³, Nurdin⁴,
Muchammad Furqon⁵, Kurniawan⁶, Tiara Kusmania⁷

¹Indonesian Aviation Polytechnic; ²Indonesian Aviation Polytechnic; ³Indonesian Aviation Polytechnic; ⁴Indonesian Aviation Polytechnic; ^{5,6,7}National Air And Space Power Center Of Indonesia; ¹banghilmantaufik@gmail.com; ²ego.widoro@ppicurug.ac.id; ³Nugroho1201@gmail.com; ⁴nurdinbejo250575@gmail.com; ⁵muchammadfurqon10@gmail.com; ^{6,7}ikeo.santai@gmail.com;

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keandalan FCU dengan P/N 441921-5 yang digunakan pada APU Honeywell GTCP131-9(A) milik maskapai PT Indonesia Air Asia. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dengan menggunakan distribusi probabilitas *Weibull* sebagai dasar analisis reliabilitas. Data yang dianalisis diperoleh dari catatan *aircraft maintenance logbook* selama periode tahun 2017 hingga 2024, yang mencatat sebanyak 19 kejadian *unscheduled removal* terhadap komponen FCU. Proses analisis dimulai dari penentuan parameter shape (β) dan scale (η) dari distribusi Weibull melalui regresi linier, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan nilai mean time to failure (MTTF), keandalan (*reliability*), dan laju kegagalan (*failure rate*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai MTTF dari komponen fuel control unit P/N 441921-5 adalah sebesar 5.820 jam terbang. Pada titik ini, tingkat keandalan komponen berada pada 40,97%, yang berarti sekitar 59,03% dari unit FCU diperkirakan mengalami kegagalan sebelum mencapai usia operasional tersebut. Selain itu, laju kegagalan (*failure rate*) pada umur MTTF sebesar 0,000205 per jam terbang. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam mendukung pengambilan keputusan teknis di PT Indonesia Air Asia, terutama dalam hal penyusunan jadwal perawatan dan penggantian komponen secara lebih tepat.

Kata kunci: *Fuel Control Unit*, Keandalan, MTTF, Laju Kegagalan, *Weibull*.

Abstrak — This study aims to analyze the reliability of the FCU with P/N 441921-5 used in the Honeywell GTCP131-9(A) APU owned by PT Indonesia Air Asia. The method used in this study is a quantitative approach using the Weibull probability distribution as the basis for reliability analysis. The analyzed data were obtained from aircraft maintenance logbook records from 2017 to 2024, which recorded 19 unscheduled removal events of the FCU component. The analysis process begins with determining the shape (β) and scale (η) parameters of the Weibull distribution through linear regression, then continues with the calculation of the mean time to failure (MTTF), reliability, and failure rate. The results show that the MTTF value of the fuel control unit component P/N 441921-5 is 5,820 flight hours. At this point, the component reliability level is at 40.97%, which means that approximately 59.03% of the FCU units are estimated to fail before reaching their operational age. Furthermore, the failure rate at MTTF was 0.000205 per flight hour. This research provides a significant contribution to supporting technical decision-making at PT Indonesia Air Asia, particularly in terms of more accurate maintenance scheduling and component replacement.

Keywords: *Fuel Control Unit*, Reliability, MTTF, Failure Rate, *Weibull*.

1. PENDAHULUAN

Perawatan pesawat udara menjadi tanggung jawab setiap maskapai penerbangan yang mengoperasikan angkutan udara niaga domestik, internasional, dan niaga tidak berjadwal serta dilakukan secara mutlak pada seluruh sistem pesawat udara berdasarkan selang waktu tertentu. Menurut program dokumen pemeliharaan, maskapai penerbangan di haruskan melakukan pekerjaan pemeliharaan pada pesawat, karena setiap komponen pesawat mempunyai batas keandalan dan masa pakai tertentu atau batas umur, maka komponen tersebut harus terus diperiksa bahkan apabila terjadi kerusakan perlu diganti (Kusnanto & Sugianto, 2021). *Auxiliary power unit* (APU) merupakan alat cukup vital pada operasional sebuah pesawat, jika APU mengalami kegagalan sistem maka pesawat akan mengalami kondisi yang tidak menguntungkan seperti delay, bisa juga pesawat mengalami gagal terbang jika tidak di dukung dengan *ground power unit* (GPU) atau *ground turbine compressor* (GTC) sebagai alat pengganti kerja APU (Setiawan dkk., 2022). Untuk memastikan bahwa semua sistem pesawat berjalan dengan lancar selama fase persiapan sebelum lepas landas dan saat berada di ground, sangat penting bahwa APU didukung oleh *fuel control unit* FCU yang berfungsi dengan baik (Firdaus, 2024). FCU pada *auxiliary power unit* (APU) memiliki peran penting dalam menjaga efisiensi dan keamanan operasional pesawat *fuel control unit* berfungsi untuk mengatur aliran bahan bakar. Unit ini menerima sinyal dari *electronic control box* (ECB) untuk menyesuaikan aliran bahan bakar sesuai kebutuhan, mulai dari proses APU starting hingga mencapai kondisi idle (Arif dkk, 2019). Dengan bantuan sistem kontrol canggih, FCU dapat memantau berbagai parameter, seperti tekanan dan suhu, untuk mencegah kegagalan sistem yang dapat menyebabkan masalah serius selama penerbangan. PT Indonesia Air Asia hingga saat ini belum memiliki

informasi mengenai nilai keandalan pada komponen *fuel control unit*. Kenyataannya, analisis ini merupakan bagian yang sangat penting dalam menjamin keselamatan, keandalan, dan efisiensi operasional sistem bahan bakar pesawat. Ketiadaan data dan kajian terkait menunjukkan adanya celah dalam sistem pemeliharaan prediktif dan pengelolaan risiko yang seharusnya menjadi perhatian utama. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi performa dan potensi kegagalan komponen tersebut guna mendukung peningkatan keselamatan dan efisiensi dalam operasional penerbangan. Evaluasi keandalan akan dilakukan untuk mendapatkan analisis pengaruh dan besar keandalan serta pemilihan metode perawatan pada komponen yang seharusnya dilakukan untuk menurunkan atau menghindari kegagalan pada sistem ini (Wahyuningraha dkk 2013). Pada akhirnya, tujuan yang ingin dicapai adalah peningkatan keandalan operasional pesawat yang digunakan oleh PT Indonesia Air Asia, serta peningkatan keselamatan dan efisiensi penerbangan.

2. METODE PENELITIAN

Penulis menggunakan pendekatan kuantitatif dengan bantuan distribusi Weibull untuk menganalisis komponen *fuel control unit* P/N 441921-5 pada APU. Data yang digunakan meliputi informasi dan analisis selama 8 tahun. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang keandalan FCU.

2.1 Model Penelitian

Model penelitian ini dirancang secara sistematis untuk menilai keandalan komponen berdasarkan data aktual melalui tahapan pengumpulan data, penentuan parameter distribusi Weibull (β dan η), serta pengujian kesesuaian model dengan regresi linier. Selanjutnya dihitung nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) sebagai indikator rata-rata waktu sebelum terjadi kegagalan, dilengkapi dengan analisis reliabilitas untuk

mengetahui probabilitas komponen tetap berfungsi pada periode tertentu dan perhitungan failure rate guna menggambarkan kecenderungan kerusakan selama masa operasional. Keseluruhan proses ini menghasilkan evaluasi kuantitatif terhadap tingkat keandalan dan risiko kegagalan, yang dapat dijadikan dasar dalam perencanaan pemeliharaan serta peningkatan keselamatan operasional.



Model Penelitian FCU
Sumber: Hasil Olahan Penulis

2.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT Indonesia Air Asia yang berlokasi di Red House, Jalan Marsekal Suryadarma No. 1, Kel. Selpajang Jaya, Kec. Neglasari, Kota Tangerang, Banten 15127, Indonesia. Penelitian dilakukan selama 5 bulan, mulai dari November 2024 hingga Maret 2025.

2.3 Pengumpulan Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan studi dokumen sebagai metode utama untuk memperoleh informasi mengenai fuel control unit (FCU) P/N 441921-5 pada pesawat Airbus A320 series di PT Indonesia Air Asia. Melalui metode ini, peneliti menghimpun serta menelaah berbagai data teknis dan dokumen pendukung guna memperoleh pemahaman yang komprehensif terkait fungsi serta kinerja FCU. Seluruh dokumen yang dikumpulkan menjadi sumber data utama dalam penelitian ini dan mencakup beragam referensi yang relevan untuk mendukung proses analisis:

- Informasi komponen fuel control unit P/N 441921-5 yang diambil dari beberapa referensi. Penulis melakukan penelusuran serta kajian terhadap literatur yang berkaitan dengan konsep keandalan (*reliability*), penggunaan distribusi *Weibull*, serta metode perhitungan tingkat keandalan pada komponen pesawat.
- Dokumen operasional serta aircraft maintenance logbook milik operator

menjadi sumber data utama dalam penelitian ini. Data tersebut dianalisis untuk mengevaluasi tingkat keandalannya melalui metode distribusi Weibull buku (Abernethy, 2002) karena kemampuan untuk memberikan analisis keandalan yang cukup akurat dan prakiraan kegagalan dengan sampel yang sangat kecil. Beberapa dokumen yang digunakan meliputi laporan operasional fuel control unit P/N 441921-5 dari tahun 2017 hingga 2024, serta shop report fuel control unit dengan P/N 441921-5.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis beberapa hal sebagai berikut:

- Seberapa besar nilai keandalan (*reliability*) komponen fuel control unit P/N 441921-5 Airbus 320 - 200 di PT. Indonesia AirAsia.
- Seberapa besar nilai MTTF komponen fuel control unit P/N 441921-5 Airbus 320- 200 di PT. Indonesia AirAsia.
- Seberapa besar nilai failure rate komponen fuel control unit P/N 441921-5 Airbus 320- 200 di PT. Indonesia AirAsia.

2.1 Tahapan Rancangan

Data yang dibutuhkan dikumpulkan, langkah selanjutnya adalah pengolahan dan analisis data. Pada tahap ini, penulis menentukan laju kegagalan (*failure rate*), MTTF, nilai keandalan (*reliability*) dengan menggunakan distribusi Weibull dan menentukan jadwal perawatan yang efektif untuk melakukan perawatan atau penggantian komponen. Untuk mencapai tujuan tersebut, data yang dikumpulkan akan diolah dan dianalisis sesuai dengan prosedur yang ditetapkan:

- Penentuan data TTF (*time to failure*) Nilai TTF ditemukan dari data *unscheduled removal* dari komponen sebanyak 19 kali dari tahun 2017 – 2024.
- Membuat tabel data *time to failure* berdasarkan *unscheduled removal* yang terjadi pada komponen fuel control unit P/N 441921 – 5.

- Menentukan dan menghitung parameter Distribusi Weibull, yaitu shape parameter (β) dan scale parameter (η).
- Untuk menentukan parameter β dan η , dilakukan proses perhitungan menggunakan regresi linear.
- Setelah diketahui nilai kedua parameter tersebut maka lakukan analisis atau perhitungan nilai mean time to failure (MTTF) pada komponen fuel control unit P/N 441921 – 5.
- Melakukan analisis keandalan (reliability) pada komponen fuel control unit P/N 441921 – 5.
- Menentukan laju kegagalan (failure rate) pada komponen fuel control unit P/N 441921 – 5.
- Menentukan jadwal perawatan komponen fuel control unit P/N 441921 – 5.

3.2. Menghitung dan Menentukan Parameter Distribusi Weibull

No.	Tahun	Jumlah Kerusakan
1	2017	5
2	2018	3
3	2019	5
4	2020	0
5	2021	0
6	2022	0
7	2023	3
8	2024	3
Total Kejadian		19

Frekuensi Kerusakan FCU
Sumber : Aircraft Maintenance Logbook

Tabel diatas menunjukkan kejadian kerusakan fuel control unit P/N 441921-5 yang terjadi di PT Indonesia Air Asia menyebabkan unschedule removal, tercatat dalam kurun waktu 8 tahun terdapat 19 kejadian *unschedule removal* pada pesawat Airbus 320-200. Data ini diambil pada unit *engineering technical service*. Data yang diperoleh diolah untuk menentukan parameter distribusi Weibull yang menjadi dasar dalam perhitungan reliability, Mean Time To Failure (MTTF), dan failure rate pada komponen FCU pesawat Airbus A320-200 di PT Indonesia Air Asia. Tahap awal analisis adalah menetapkan shape parameter (β) yang menggambarkan pola

kegagalan paling sesuai dengan data, kemudian dilanjutkan dengan penentuan scale parameter (η) yang berhubungan dengan rata-rata umur pakai serta sebaran distribusi. Proses estimasi kedua parameter tersebut dilakukan melalui analisis regresi linier, sehingga nilai β dan η dapat digunakan dalam perhitungan keandalan komponen FCU.

- Nilai adjusted rank dihitung menggunakan Rumus (4), dan hasilnya diperoleh sebagai berikut:

Reverse rank 19

$$i = \frac{(Reverse Rank)x(Previous Adjusted Rank) + (N + 1)}{(Reverse Rank) + 1}$$

$$i = \frac{(19)x(0) + (19 + 1)}{(19) + 1}$$

$$i = 1$$

Reverse rank 17

$$i = \frac{(Reverse Rank)x(Previous Adjusted Rank) + (N + 1)}{(Reverse Rank) + 1}$$

$$i = \frac{(17)x(0) + (19 + 1)}{(17) + 1} \quad i = 1$$

Reverse rank 1

$$i = \frac{(Reverse Rank)x(Previous Adjusted Rank) + (N + 1)}{(Reverse Rank) + 1}$$

$$i = \frac{(1)x(0)+(19+1)}{(1)+1} \quad i = 19$$

- Nilai *Median Rank* dihitung menggunakan Rumus (5), dengan hasil sebagai berikut:

Urutan kegagalan 1

$$MR = \frac{i - 0,3}{N + 0,4}$$

$$MR = \frac{1 - 0,3}{19 + 0,4}$$

$$MR = 0,03608247423$$

Urutan kegagalan 10

$$MR = \frac{i - 0,3}{N + 0,4}$$

$$MR = \frac{10 - 0,3}{19 + 0,4}$$

$$MR = 0,5$$

Urutan kegagalan 19

$$MR = \frac{i - 0,3}{N + 0,4}$$

$$MR = \frac{19 - 0,3}{19 + 0,4}$$

$$MR = 0,9639175258$$

- Selanjutnya, menghitung nilai Xi. Nilai Xi merupakan variabel independen yang digunakan dalam model regresi linear, di mana nilai tersebut diperoleh melalui

penerapan logaritma natural terhadap data time to failure (TTF) untuk memodelkan hubungan antara umur komponen dan kemungkinan kegagalannya secara linear. Sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

Data time to failure untuk 588,00 FH

$$X_i = \ln(TTF)$$

$$X_i = \ln(588,00)$$

$$X_i = 6,376726948$$

Data time to failure untuk 5.003,83 FH

$$X_i = \ln(TTF)$$

$$X_i = \ln(5.003,83)$$

$$X_i = 8,517959564$$

Data time to failure untuk 12.738,00 FH

$$X_i = \ln(TTF)$$

$$X_i = \ln(12.738,00)$$

$$X_i = 9,452344931$$

- Nilai Y_i diperoleh melalui transformasi logaritma natural ganda dari nilai *median rank* atau probabilitas kumulatif kegagalan pada masing-masing data. Transformasi dilakukan agar data yang bersifat non-linear diubah menjadi bentuk linear, sesuai karakteristik analisis regresi linier dengan menambahkan $\ln$ pada $(1 - MR)$ pada distribusi Weibull. sehingga didapatkan nilai sebagai berikut:

Data *median rank* 0,03608247423

$$Y_i = \ln(\ln(1/(1-\text{Median rank of } Y)))$$

$$Y_i = \ln(\ln(1/(1-0,03608247423)))$$

$$Y_i = -3,30362951$$

Data *median rank* 0,03608247423

$$Y_i = \ln(\ln(1/(1-\text{Median rank of } Y)))$$

$$Y_i = \ln(\ln(1/(1-0,2422680412)))$$

$$Y_i = -1,28220259$$

Data *median rank* 0,9639175258

$$Y_i = \ln(\ln(1/(1-\text{Median rank of } Y)))$$

$$Y_i = \ln(\ln(1/(1-0,9639175258)))$$

$$Y_i = 1,200551361$$

$\ln(\ln(1/(1-\text{Median Rank}))) Y_i$	$\ln(\text{sorted time to failure}) X_i$
-3,30362951	6,376726948
-2,389141012	6,526031111
-1,89802475	7,503840747
-1,552999198	7,693572794
-1,28220259	7,753580627
-1,05590564	8,061076688

$\ln(\ln(1/(1-\text{Median Rank}))) Y_i$	$\ln(\text{sorted time to failure}) X_i$
-0,858797897	8,333534741
-0,6818428672	8,381831553
-0,5191445896	8,492900499
-0,3665129206	8,517959564
-0,2207089668	8,5513466
-0,07898613407	8,631592732
0,061250816	8,899184943
0,2027831918	8,927712174
0,3490432869	9,014293046
0,5049726765	9,073449055
0,6790590538	9,170871628
0,8898008794	9,255608468
1,200551361	9,452344931

Komponen penyusun Regresi Linear

Sumber: Hasil Olahan Penulis

- Untuk memudahkan proses perhitungan, peneliti menggunakan bantuan tabel Google Spreadsheet. Nilai a dan b dihitung menggunakan rumus, dengan cara memasukkan total nilai dari $\sum \ln(-(\ln(1-MR)))$, $\sum X_i Y_i$, $\sum \ln(TTF)$, serta $\sum X_i^2$ sebagaimana tercantum dalam Tabel di bawah ini, yang merupakan ringkasan hasil perhitungan dari spreadsheet.

$\ln(-(\ln(1-MR)))$	$\sum X_i Y_i$	$\sum \ln(TTF)$	$\sum X_i^2$
-10,3204	-68,3790	158,6174	1337,4696

Sumber: Hasil Olahan Penulis

- Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai β dan η menggunakan metode regresi linear melalui, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n}}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n X_i)^2}{n}}$$

$$b = \frac{-68,37903982 - \frac{(158,6174589) \times (-10,32043481)}{19}}{1337,469698 - \frac{(158,6174589)^2}{19}}$$

$$b = 1,338211541$$

$$a = \frac{\sum Y_i - b(\sum X_i)}{n}$$

$$a = \frac{-10,32043481}{19} - 1,338211541 \frac{158,6174589}{19}$$

$$a = -11,7149552$$

Setelah nilai a dan b diperoleh, bentuk persamaan garis linier dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = a + bX$$

$$Y = -11,7149552 + 1,338211541x$$

$$\beta = b, \text{ persamaan (9) Maka nilai } \beta =$$

1,338211541, $Y=a+bX$ merupakan bentuk dasar dari model regresi linear sederhana yang digunakan untuk menunjukkan hubungan antara variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y). Dalam persamaan ini, a adalah nilai intersep atau titik potong pada sumbu Y , dalam regresi linear Weibull intersep merepresentasikan nilai $-\beta \cdot \ln(\eta)$, sedangkan b menunjukkan kemiringan garis yang mencerminkan seberapa besar perubahan Y akibat perubahan pada X . Pada analisis distribusi Weibull, model ini digunakan untuk mengubah data ke dalam bentuk linear, sehingga *shape parameter* (β) dapat ditentukan dari nilai koefisien regresi b .

- Selanjutnya, nilai η (eta) dapat diperoleh dengan mensubstitusikan nilai a dan b ke dalam persamaan yang telah ditentukan,

$$\eta = e^{-\frac{a}{b}}$$

$$\eta = e^{-\frac{-11,7149552}{1,338211541}}$$

$$\eta = 6337,17$$

Catatan: e adalah tetapan dengan nilai 2.71828182. Parameter distribusi Weibull yang telah dihitung disajikan dalam tabel

Parameter	Nilai
Shape (β)	1,338211541
Scale (η)	6337,17

Sumber: Hasil Olahan Penulis

- Setelah diperoleh nilai η dan β sebagaimana tercantum pada tabel, tahap selanjutnya adalah menghitung nilai MTTF, tingkat kegagalan (failure rate), reliability, dan unreliability komponen dengan menginput masing-masing parameter ke dalam persamaan.

3.3. Menentukan Nilai MTTF

Nilai mean time to failure (MTTF) dari komponen fuel control unit dapat ditentukan melalui penerapan rumus MTTF, sehingga diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut.

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

$$MTTF = 6.337,17 \times \Gamma\left(1 + \frac{1}{1,338211541}\right)$$

$$MTTF = 5.820,33 \text{ FH}$$

3.4. Perhitungan Reliability

Penentuan nilai reliability dilakukan melalui penerapan rumus (14), sehingga diperoleh hasil sebagai berikut

Reliability umur $t = 0$ FH

Maka reliability pada $t = 0$ FH adalah

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

$$R(t) = 2.718281828 \left(-\frac{0}{6337,17}\right)^{1,338211541}$$

$$R(t) = 1 \times 100\%$$

$$R(t) = 100\%$$

Reliability umur $t = 500$ FH

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

$$R(t) = 2.718281828 \left(-\frac{500}{6337,17}\right)^{1,338211541}$$

$$R(t) = 0,9671288578 \times 100\%$$

$$R(t) = 96,71\%$$

Reliability umur $t = 5820$ FH

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

$$F(t) = 2.718281828 \left(-\frac{5820}{6337,17}\right)^{1,338211541}$$

$$R(t) = 0,4097021477 \times 100\%$$

$$R(t) = 40,97\%$$

3.5. Perhitungan Unreliability

Penentuan nilai Unreliability dilakukan melalui penerapan rumus, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut,

Unreliability untuk umur $t = 0$ FH

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

$$F(t) = 1 - 2.718281828 \left(-\frac{0}{6337,17}\right)^{1,338211541}$$

$$F(t) = 1 - 1$$

$$F(t) = 0$$

Unreliability untuk umur $t = 500$ FH

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

$$F(t) = 1 - 2.718281828 \left(-\frac{500}{6337,17}\right)^{1,338211541}$$

$$F(t) = 0,03287114218 \times 100\%$$

$$F(t) = 3,29\%$$

Unreliability untuk umur $t = 5820$ FH

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

$$F(t) = 1 - 2.718281828 \left(-\frac{5820}{6337,17}\right)^{1,338211541}$$

$$F(t) = 0,5902978523 \times 100\%$$

$$F(t) = 59,03\%$$

3.6. Perhitungan Failure Rate

Penentuan nilai *failure rate* dilakukan

melalui penerapan rumus (12), sehingga di peroleh hasil sebagai berikut,

Failure rate untuk umur $t = 0$ FH

Maka nilai *failure rate* dari $t = 0$ FH

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

$$\lambda(t) = \frac{1,338211541}{6337,17} \left(\frac{500}{6337,17} \right)^{1,338211541-1}$$

$$\lambda(t) = 0$$

Failure rate untuk umur $t = 500$ FH

Maka nilai *failure rate* dari $t = 500$ FH

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

$$\lambda(t) = \frac{1,338211541}{6337,17} \left(\frac{500}{6337,17} \right)^{1,338211541-1}$$

$$\lambda(t) = 0,00008945558829$$

Failure rate untuk umur $t = 5820$ FH

Maka nilai *failure rate* dari $t = 5820$ FH

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

$$\lambda(t) = \frac{1,338211541}{6337,17} \left(\frac{5820}{6337,17} \right)^{1,338211541-1}$$

$$\lambda(t) = 0,0002051751048$$

TIME	F(t) %	R(t) %	R(t)	F(t)	Failure rate (λ)
0	0	100,00%	1	0	0
500	3,29%	96,71%	0,9671288578	0,032871142	0,0000894555588
1200	10,22%	89,78%	0,8977543736	0,1022456264	0,0001202815896
1900	18,09%	81,91%	0,8191467648	0,1808532352	0,0001405066099
2933	30,00%	70,00%	0,7000091883	0,2999908117	0,0001627306393
3300	34,14%	65,86%	0,6586160811	0,3413839189	0,0001693504584
4000	41,74%	58,26%	0,5826148489	0,4173851511	0,0001807351329
4700	48,85%	51,15%	0,5115281537	0,4884718463	0,0001908667025
5400	55,39%	44,61%	0,4460964167	0,5539035833	0,0002000427965
5800	59,03%	40,97%	0,4097021477	0,5902978523	0,0002051751048
6100	61,34%	38,66%	0,3866496012	0,6133503988	0,0002084618023
6800	66,68%	33,32%	0,3332297835	0,6667702165	0,0002162633761
7500	71,43%	28,57%	0,2856793436	0,7143206564	0,0002235499918
8200	75,63%	24,37%	0,2437063685	0,7562936315	0,0002303993322
8900	79,31%	20,69%	0,2069337397	0,7930662603	0,0002368718589
9600	82,51%	17,49%	0,1749359633	0,8250640367	0,0002430156629
10300	85,27%	14,73%	0,147266537	0,852733463	0,0002488697005
11000	87,65%	12,35%	0,1234779168	0,8765220832	0,0002544660218
11072	87,88%	12,12%	0,1212337519	0,8787662481	0,0002550281292
12400	91,42%	8,58%	0,08582813431	0,9141718657	0,0002649882325
13100	92,88%	7,12%	0,07117244844	0,9288275516	0,0002699558808

Hasil Hitungan Distribusi Weibull
Sumber: Hasil Olahan Peneliti

3.7. Reliability Berdasarkan Standar Keandalan di Indonesia

Berdasarkan hasil perhitungan distribusi Weibull, *reliability* FCU P/N 441921-5 pada

pesawat Airbus 320-200 di PT. Indonesia AirAsia menunjukkan nilai reliabilitas sebesar 40,97% pada usia pakai 5.820 jam terbang. Nilai ini berada di bawah batas minimum tingkat keandalan yang disyaratkan oleh standar industri di Indonesia, yaitu sebesar 70% (Nurchahyo dkk., 2017). Oleh karena itu, diperlukan penghitungan untuk menentukan usia operasional maksimum komponen agar tetap berada dalam ambang batas keandalan yang diterima. Pada tabel hasil hitungan distribusi Weibull untuk tingkat *reliability* sebesar 70% pada *time* 2933 dengan penghitungan berikut: Reliability umur $t = 2933$ FH

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

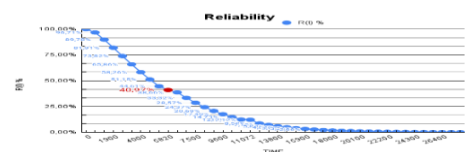
$$R(t) = 2.718281828 \left(-\frac{2933}{6337,17} \right)^{1,338211541}$$

$$R(t) = 0,7000091883 \times 100\%$$

$$R(t) = 70\%$$

3.8. Grafik Keandalan

Grafik keandalan yang ditampilkan menggambarkan penurunan tingkat keandalan komponen fuel control unit dengan P/N 441921-5 pada pesawat Airbus A320-200 seiring bertambahnya jam operasi. Tahap awal penggunaan, komponen menunjukkan keandalan sebesar 100%, namun mengalami penurunan hingga mencapai 40,97% pada usia 5.820 jam terbang (*flight hours*), yang juga merepresentasikan nilai *mean time to failure* (MTTF). Sekitar 59,03% dari komponen diperkirakan mengalami kegagalan sebelum mencapai batas usia tersebut.



Grafik Keandalan FCU
Sumber: Hasil Olahan Peneliti

Pola penurunan ini sesuai dengan karakteristik distribusi Weibull untuk kondisi wear-out, di mana probabilitas kegagalan meningkat seiring berjalannya waktu. Grafik juga mengindikasikan bahwa tingkat keandalan mendekati nol setelah melewati 15.000 jam terbang, sehingga diperlukan penerapan strategi pemeliharaan preventif

dan penggantian berkala untuk mencegah terjadinya kegagalan fungsi yang dapat mengganggu keselamatan dan keberlangsungan operasional pesawat.

3.9. Interpretasi

Pada bagian ini akan dibahas penerapan distribusi Weibull dalam menentukan interval jadwal perawatan fuel control unit (FCU) dengan P/N 441921-5 yang di gunakan pada pesawat Airbus A320-200.

- Hasil analisis menggunakan distribusi Weibull terhadap komponen fuel control unit P/N 441921-5 menunjukkan bahwa nilai parameter bentuk (β) berada di atas angka 1, tepatnya sebesar 1,3382. Hal ini mengindikasikan bahwa komponen tersebut berada pada fase wear-out, yang menurut teori reliabilitas ditandai oleh peningkatan laju kegagalan seiring dengan bertambahnya waktu pemakaian komponen.
- Berdasarkan hasil analisis distribusi Weibull terhadap komponen fuel control unit P/N 441921-5, diperoleh nilai parameter skala (η) sebesar 6.337,17. Untuk memastikan akurasi pola distribusi tersebut, perlu dilakukan perhitungan MTTF. Hal ini disebabkan oleh fakta apabila nilai parameter bentuk (β) melebihi 1, maka nilai parameter skala (η) umumnya akan berada di atas nilai MTTF
- Hasil dari distribusi Weibull menghasilkan nilai MTTF dari komponen fuel control unit P/N 441921-5 adalah 5820 FH. Hal ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata kegagalan dari komponen ini di nilai 5820 FH sehingga harus dilakukan perawatan sebelum nilai MTT. dan hal ini juga menunjukkan bahwa nilai MTTF lebih rendah dari nilai scale parameter.
- Nilai keandalan pada komponen fuel control unit P/N 441921-5 pada 5820 FH sebesar 40,97% dimana hal ini sesuai dengan indeks reliabilitas dengan indeks tingkat reliability rendah.
- Nilai unreliability pada komponen fuel control unit P/N 441921-5 tingkat unreliability pada 5820 FH menunjukkan bahwa komponen tersebut telah men

capai titik dimana risiko kegagalan menjadi signifikan mencapai 59,03%.

- Nilai failure rate komponen fuel control unit P/N 441921-5 Airbus 320- 200 di PT Indonesia Air Asia Sebesar 0,00020 5175104 menunjukkan kemungkinan terjadinya kegagalan per jam terbang. Nilai failure rate sebesar 0,000205175 1048 FH masih berada dalam batas keandalan yang dapat diterima, karena secara umum standar industri penerbangan mensyaratkan nilai failure rate $< 1 \times 10^{-3}$ FH untuk sistem non-kritis dan lebih kecil lagi untuk sistem yang mendukung fungsi vital.
- Hasil perhitungan nilai reliabilitas dan mengacu pada standar tingkat keandalan industri di Indonesia sebesar 70%, maka pelaksanaan functional check dapat dijadwalkan ketika nilai keandalan komponen fuel control unit P/N 441921-5 mencapai 70%, yaitu pada usia operasional sekitar 2.933 jam terbang.

3.10. Implikasi

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan bagi manajemen perusahaan dalam merumuskan kebijakan teknis yang lebih efektif, khususnya dalam perbaikan atau penyesuaian terhadap jadwal pelaksanaan functional check pada komponen fuel control unit P/N 441921-5. Dengan adanya usulan berbasis analisis keandalan, perusahaan dapat mengoptimalkan frekuensi pemeriksaan dan perawatan komponen tersebut berdasarkan data historis kegagalan serta prediksi umur pakai. Jadwal functional check tepat waktu diharapkan mampu mendeteksi potensi kegagalan secara dini sebelum komponen mengalami kerusakan berdampak positif terhadap efisiensi operasional dan pengendalian biaya perawatan.

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

4.1 Kesimpulan

- Berdasarkan analisis keandalan menggunakan distribusi Weibull dua parameter, komponen fuel control unit P/N 441921-5 pada pesawat Airbus A320-200 di PT

Indonesia Air Asia selama periode 2017–2024 menunjuk kan bahwa pada usia operasional 5.820 jam terbang, nilai keandalan hanya sebesar 40,97%, sementara probabilitas kegagalan men capai 59,03%. Nilai characteristic life (η) sebesar 6.337,17 FH dan shape parameter (β) sebesar 1,3382 mengindi kasikan bahwa kompo nen berada pada fase wear-out, di mana laju kegagalan meningkat seiring bertambahnya waktu pemakaian. Nilai keandalan sebesar 40,97% tersebut berada di bawah standar industri di Indonesia yang menetapkan batas keandalan minimum sebesar 70%, yang secara estimatif dicapai pada usia pakai sekitar 2.933 jam terbang. Nilai keandalan pada usia 2.933 FH direko mendasikan sebagai ambang batas usia andal dan dijadikan acuan dalam penetapan interval *preventive maintenance*, guna memastikan keanda lan sistem tetap berada dalam tingkat yang memenuhi standar kesela matan dan efisiensi operasional.

- Besar nilai MTTF komponen Fuel control unit P/N 441921-5 Airbus 320- 200 di PT Indonesia Air Asia sebesar 5820 jam terbang menunjukkan rata-rata waktu operasional komponen sebelum meng alami kegagalan.
- Besar nilai failure rate komponen fuel control unit P/N 441921-5 Airbus 320-200 di PT Indonesia Air Asia Sebesar 0,000205175104 menunjukkan kemung kinan terjadinya kegagalan per jam terbang. Nilai failure rate sebesar 0,0002051751048 FH masih berada dalam batas keandalan yang dapat di terima, karena secara umum standar industri penerbangan mensyaratkan nilai failure rate $< 1 \times 10^{-3}$ FH untuk sistem non-kritis dan lebih kecil lagi untuk sistem yang mendukung fungsi vital.

4.2 Rekomendasi

- Berdasarkan tingkat keandalan sebesar 40,97% pada usia operasional 5820 jam

terbang, maka penyediaan komponen fuel control unit perlu direncanakan sebagai bagian strategi pemeliharaan preventif untuk mengatasi potensi kegagalan dan memastikan kontinuitas operasional pesawat.

- Melakukan functional check dijadwalkan ketika nilai keandalan komponen fuel control unit P/N 441921-5 mencapai 70%, yaitu pada usia operasional sekitar 2.930 jam terbang
- Bagi peneliti selanjutnya perlu di kembangkan sistem monitoring real-time berbasis parameter performa dan data jam terbang aktual guna mendeteksi degradasi performa komponen sebelum terjadi kegagalan.

5. REFERENCES

- [1]Abernethy. (2002). *The New Weibull Handbook* (5 ed.). Robert B. Abernethy.
- [2]Arif, A., Suci, B., Saputra, D., & Gunawan, R. (2019). Analisis Kega galan *Fuel Control Unit* pada APU *Honeywell* GTCP 131-9A. Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, 913–919. <http://semnas.mesin.pnj.ac.id>
- [3]^Airbus signs framework agreement with Chinese consortium on A320 Final Assemblty Line in China
- [4]A. Fadhil, Analisis Terjadinya APU Auto Shutdown Di Pesawat Airbus A320-200, Anal. Terjadinya APU Auto Shut down Di Pesawat Airbus A320-200, Vol. 5, No. 1, Pp. 36–41, 2015.
- [5]Ebeling, C. E. (2010). *Introduction to Reliability and Maintainability Enginee ring*. Waveland Press.
- [6]Firdaus. (2024). Analisis Penyebab APU Auto Shutdown pada Pesawat Airbus A 320. *Jurnal V-Mac*, 9(2), 46–55.

- [7]G. Agustin, H. Abu, B. Sidik, dan P. Karawang,Perancangan Sistem Informasi Persediaan Barang Berbasis Web Pada Kidsnbear Design Of Web-Based Inventory Information System At Kidsnbear, *Journal of Information Technology and Computer Science (IntecomS)*, vol. 8, no. 2, hlm. 560–569, 2025.
- [8]H. Abu, B. Sidik, dan P. Karawang, Perancangan Sistem Informasi Persediaan Barang Berbasis Web Pada Kidsnbear Design Of Web-Based Inventory Information System At Kidsnbear, *Journal of Information Technology and Computer Science (IntecomS)*, vol. 8, no. 2, hlm. 560–569, 2025.
- [9]International Organization For Standardization 25010, *Systems and software engineering—Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)—System and software quality models*, 1 ed. Switzerland, 2011. [Daring]. Tersedia pada:www.iso.org
- [10]Ilham, *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
- [11]Jardine, A. K. S., & Tsang, A. H. C. (2013). *Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications*. CRC Press.
- [12]Kusnanto, & Sugianto, W. (2021). Analisis Keandalan *Pneumatic System* Pada Pesawat Penumpang di PT. ABC. *Jurnal Comasie*, 4(1), 38–47.
- [13]Moir, I., & Seabridge, A. (2011). *Aircraft Systems: Mechanical, Electrical, and Avionics Subsystems Integration*. Wiley-Blackwell.
- [14]Nurcahyo, R., Sarmita, W., Dachyar, M., Kunci, K., Sekunder, S., & Riset, R. (2017). Analisis Keandalan Komponen Sistem Proses Pendingin Sekunder Reaktor Riset G.A. Siwabessy.
- [15]Peserta Didik Baru (PPDB) Berbasis Web Menggunakan Metode Rapid Application Development (RAD), *Rabit : Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, vol. 8, no. 1, hlm. 47–58, Jan 2023,doi: 10.36341/rabit.v8i1.2977.
- [16]Rolls-Royce plc. (2012). *The Jet Engine*. Rolls-Royce plc.
- [17]Reager, I. E. (2005). *Aircraft Gas Turbine Engine Technology*. McGraw-Hill Education.
- [18]Setiawan, F., Taaqbier, M., & Anhar, M. (2022). Perencanaan Preventive Maintenance Menggunakan Metode Reliability pada Electrical Sistem Auxiliary Power Unit Boeing 737-500. *Injection: Indonesian Journal of Vocational Mechanical Engineering*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.58466/injection.V2i1.279>
- [19]Smith, D. J. (2017). *Reliability, Maintainability and Risk: Practical Methods for Engineers*. Butterworth-Heinemann.
- [20]Weta Hary Wahyunugraha, Abdullah Alkaff, & Nurlita Gamayanti. (2013). *Analisis Keandalan Pada Boiler PLTU dengan Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis*. 1, 1–6.
- [21]Yardla, Analisa Kerusakan Ignition Exciter APU Tipe Tcn-1031 Pada Pesawat Boeing 737-, *Anal. Kerusakan Ignition Excit. Apu Tipe Tcn-1031 Pada Pesawat Boeing 737-300 Pk-Mbp*, Vol. 6, No. 1, Pp. 40–47, 2016.