

Analisis Reliability untuk Menentukan Mean Time Between Failure (MTBF) Battery Pesawat Airbus 330 di PT GMF AeroAsia Tbk

Firdaus Abizar Maulana¹, Lilies Esthi Riyanti², Iwan Engkus Kurniawan³

^{1,2,3}Politeknik Penerbangan Indonesia, Indonesia

Email : ¹Firdaus.abizar@gmail.com, ²lilies.esthi@ppicurug.ac.id , ³iwan.engkus@ppicurug.ac.id

Received :
01 Feb 2024

Revised :
01 Feb 2024

Accepted :
01 Feb 2024

ABSTRAK

Penelitian ini membahas masalah kegagalan pada komponen battery pesawat airbus A330 dengan P/N 405CH yang sangat berpengaruh terhadap keselamatan penerbangan. Metode mix metode digunakan untuk menganalisis keandalan dan akar masalah dari komponen battery tersebut. Metode kuantitatif digunakan untuk menghitung mean time between failure (MTBF) dan didapatkan hasil MTBF sebesar 1801,509804 jam untuk komponen battery P/N 405CH pada pesawat airbus A330. Metode kualitatif menggunakan root cause analysis (RCA) dengan bantuan fishbone diagram dan fault tree analysis (FTA) untuk mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan. Beberapa faktor yang diidentifikasi antara lain faktor manusia, mesin, metode, dan lingkungan. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan tindakan preventif seperti memberikan training khusus kepada teknisi terkait komponen battery, memantau kondisi lingkungan penyimpanan, dan memastikan prosedur perawatan sesuai dengan CMM. Pengawasan terhadap teknisi junior juga penting untuk memastikan dilakukan dengan baik dan mengurangi risiko kegagalan pada komponen battery.

Kata kunci: *MTBF, RCA, FTA, battery*

ABSTRACT

This research discusses the problem of failure in the battery components of the Airbus A330 aircraft with P/N 405CH which greatly affects flight safety. The mix method is used to analyze the reliability and root problems of the battery components. Quantitative methods were used to calculate the mean time between failure (MTBF) and obtained MTBF results of 1801.509804 hours for the P/N 405CH battery component on the Airbus A330 aircraft. The qualitative method uses root cause analysis (RCA) with the help of fishbone diagrams and fault tree analysis (FTA) to identify factors that cause failure. Several factors identified include human, machine, method and environmental factors. To overcome this problem, preventive measures are needed, such as providing special training to technicians regarding battery components, monitoring storage environmental conditions, and ensuring maintenance procedures are in accordance with CMM. Supervision of junior technicians is also important to ensure it is done properly and reduces the risk of failure of battery components.

Keywords: *MTBF, RCA, FTA, battery*

PENDAHULUAN

Pesawat terbang merupakan transportasi udara yang sangat populer di kalangan masyarakat, terutama bagi mereka yang melakukan perjalanan jarak jauh atau mengirim barang dengan waktu yang lebih singkat. Karena besarnya minat masyarakat terhadap moda transportasi ini, penting untuk memastikan bahwa pesawat terbang dapat beroperasi dengan baik dan dalam keadaan yang aman. Di dalam industri penerbangan, kondisi ini biasanya disebut dengan kelaikan udara. Undang-undang no.1 tahun 2009 menyatakan bahwa kelaikudaraan adalah terpenuhinya persyaratan desain tipe pesawat udara dan dalam kondisi aman untuk beroperasi [1]. Agar pesawat udara dapat terbang dalam kondisi aman untuk beroperasi, suatu perusahaan penerbangan atau pemilik pesawat udara harus melaksanakan perawatan. Perawatan merupakan bagian yang penting dalam menyiapkan pesawat yang layak terbang sesuai dengan standar keselamatan penerbangan yang meliputi pemeriksaan, penggantian, perbaikan kerusakan dan perwujudan dari perubahan atau perbaikan pesawat [2]. Perawatan pesawat udara menjadi unsur penting dalam dunia penerbangan [3]. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa pesawat terjaga kelaikudaraannya agar dapat dioperasikan dengan aman dan terpercaya. Apabila perawatan tidak dilakukan dengan benar sesuai standar dan prosedur yang berlaku, maka dapat membahayakan keselamatan penerbangan. Setiap pesawat udara memiliki program perawatan (*maintenance program*) yang berisi informasi rinci tentang tindakan perawatan yang harus dilakukan, termasuk kapan waktu yang tepat dan bagaimana melakukan perawatan tersebut.

Dalam hal ini menentukan nilai *reliability* atau keandalan dari komponen pesawat merupakan salah satu dari bagian dari perawatan agar komponen pada pesawat dapat berfungsi dan bekerja secara maksimal tanpa mengalami kegagalan sebelum waktu yang telah ditentukan untuk dilakukan perawatan atau *maintenance*. Dalam jurnal [4] menyatakan *reliability* atau keandalan adalah kemampuan suatu komponen atau sistem untuk menjalankan fungsinya selama periode waktu (*t*) yang telah ditentukan tanpa mengalami kegagalan dalam operasionalnya. Keandalan adalah salah satu faktor yang dapat memengaruhi kinerja operasional suatu sistem dengan signifikan. *Battery* pesawat memiliki beberapa fungsi antara lain sebagai suplai listrik ketika pesawat di darat, suplai listrik pada kondisi *emergency*, sebagai suplai arus *DC* di pesawat, dan lain-lain [5]. Pada studi kasus ini penulis membahas akar permasalahan suatu kegagalan dan mengukur keandalan atau *reliability* pada komponen *battery* pesawat *airbus A330* khususnya pada komponen *battery* dengan *P/N 405CH*, karena masalah *battery* ini sangat mengganggu operasional penerbangan dan sangat berpengaruh terhadap faktor keselamatan penerbangan.

Pada periode bulan januari 2017 sampai dengan oktober 2022 atau dalam rentan waktu 5 tahun kebelakang menunjukkan komponen dengan *P/N 405CH* telah 51 kali dilakukan *unscheduled removal* dari 205 kejadian *unscheduled component removal* pada *ATA 24* pesawat *airbus A330* Garuda Indonesia di PT.GMF AeroAsia Tbk. Berdasarkan uraian diatas diketahui banyaknya jumlah kegiatan komponen *removal* yang dilaksanakan menandakan bahwa komponen *battery* masih sering terjadi kegagalan contoh dari masalah yang sering terjadi pada *battery* yaitu *low voltage*, *weak*, dan *fault* pada komponen *battery*. Selain data komponen *removal* diatas, terdapat 8 kejadian menyebabkan pesawat *delay*, *return to apron* (*RTA*), dan batal untuk melaksanakan penerbangan. Untuk itu perlu dilakukan analisis *reliability* dan akar masalah dari komponen *battery* untuk mengetahui nilai *reliability* pada komponen *battery* penulis menggunakan *mean time between failure (MTBF)* untuk meghitung nilai *reliability*.

Dalam buku the *new weibull handbook* [6] *mean time between failure (MTBF)* adalah waktu rata-rata antara kegagalan dan dihitung dengan membagi total waktu operasi pada semua sistem dengan jumlah kegagalan yang terjadi pada sistem yang dapat diperbaiki. yang

bertujuan untuk dapat mengetahui nilai *reliability* atau keandalan dari suatu komponen, khususnya pada komponen yang memiliki umur atau dikenal dengan komponen *hardtine*. *MTBF* adalah waktu rata-rata yang diperlukan oleh sistem untuk bekerja tanpa mengalami kegagalan dalam periode waktu tertentu. *MTBF* menggunakan satuan jam, semakin tinggi nilai *MTBF* maka semakin tinggi keandalan suatu sistem [7]. Setelah diketahui nilai *reliability* dari komponen *battery* peneliti juga melakukan penelitian untuk dapat mengetahui akar masalah dari komponen pada *battery* pesawat *airbus A330* dengan *P/N 405CH* yang mengakibatkan terjadinya kegagalan pada sistem *electrical power* khususnya pada komponen *battery* dengan menggunakan metode *root cause analysis (RCA)*.

root cause analysis (RCA) adalah suatu metode yang digunakan untuk mengatasi masalah atau ketidaksesuaian, dalam rangka untuk mendapatkan akar penyebab suatu masalah [8]. *root cause analysis (RCA)* merupakan suatu metode untuk penyelesaian permasalahan, mencoba mengidentifikasi faktor penyebab dari suatu permasalahan atau kejadian yang tidak diharapkan. *root cause analysis (RCA)* merupakan suatu metode untuk membantu menjawab pertanyaan 'apa yang terjadi?', 'bagaimana bisa terjadi?', dan 'mengapa itu terjadi?' [9]. Untuk mencari akar masalah penulis menggunakan bantuan *tools fishbone analysis* dan *fault tree analysis*. Menurut [10] dalam jurnalnya menyatakan metode *fishbone* atau yang juga dikenal dengan diagram sebab-akibat adalah suatu teknik dalam pemecahan masalah yang membantu untuk memikirkan berbagai kemungkinan penyebab dari suatu masalah yang ingin dipecahkan.

Diagram ini dikenal dengan istilah diagram tulang ikan (*fishbone diagram*) yang diperkenalkan pertama kali oleh Profesor Kaoru Ishikawa (*Tokyo University*) pada tahun 1943. Diagram ini berguna untuk menganalisa dan menemukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan dalam menentukan karakteristik kualitas *output* kerja [11]. Diagram ini digambarkan seperti tulang ikan, dimana "kepala ikan" merupakan masalah yang ingin dipecahkan, sedangkan tulang-tulangnya mewakili berbagai penyebab yang mungkin menjadi akar permasalahan. Dengan menggunakan metode ini, kita dapat melakukan analisis terhadap berbagai kemungkinan penyebab masalah dengan lebih sistematis dan efektif. Setelah digambarkan menggunakan diagram sebab akibat atau *fishbone* dilakukan penelitian untuk mencari akar masalah menggunakan *fault tree analysis (FTA)* agar dapat mengetahui akar masalah secara terperinci.

Fault tree analysis (FTA) adalah suatu model diagram yang terdiri dari beberapa kombinasi kesalahan (*fault*) secara paralel dan secara berurutan yang mungkin menyebabkan awal dari *failure event* yang sudah ditetapkan. [11]. *Fault tree analysis (FTA)* adalah suatu metode grafis yang memodelkan bagaimana kegagalan menyebar melalui sistem, yaitu, bagaimana kegagalan satu atau lebih komponen menyebabkan kegagalan seluruh system. *Fault tree analysis (FTA)* mengidentifikasi, memodelkan, dan mengevaluasi keterkaitan dari peristiwa yang mengarah ke kegagalan dan kejadian yang tidak diinginkan. [12].

METODE

Untuk menganalisis komponen *battery* pada pesawat *Airbus A330* menggunakan metodologi *mix metode*, yaitu metode kuantitatif dan kualitatif. Metode kuantitatif digunakan dalam perhitungan nilai *Mean Time Between Failure (MTBF)*. *MTBF* merupakan metrik yang digunakan untuk mengukur rata-rata waktu antara kegagalan komponen *battery* pada pesawat *Airbus A330*. Dengan menghitung *MTBF*, penulis dapat memperoleh informasi tentang laju kegagalan komponen *battery* dan memahami seberapa sering kegagalan terjadi. Metode kualitatif digunakan melalui pendekatan *root cause analysis (RCA)*. Dengan menggunakan metode *RCA*, penulis dapat mengidentifikasi akar masalah dari komponen *battery*. *RCA* membantu penulis dalam menelusuri dan menganalisis penyebab kegagalan

komponen *battery*, sehingga dapat mengungkapkan faktor-faktor yang mempengaruhi keandalan dan kinerja *battery*.

Selain itu, penulis juga menggunakan bantuan *tools fishbone analysis method* untuk mendukung analisis *RCA*. *Fishbone analysis*, atau juga dikenal sebagai diagram sebab-akibat, membantu penulis dalam mengidentifikasi faktor-faktor potensial yang dapat menjadi penyebab kegagalan komponen *battery*. Dengan menggunakan *fishbone analysis*, penulis dapat mengorganisir dan memvisualisasikan hubungan antara faktor-faktor yang berbeda, sehingga dapat mengidentifikasi sumber masalah dengan lebih jelas. Dengan menggunakan metodologi *mix metode* ini, penulis bertujuan agar mendapatkan pemahaman yang komprehensif tentang akar masalah dari komponen *battery* pada pesawat *Airbus A330* dan mengetahui laju kegagalan komponen *battery* tersebut. Pendekatan kualitatif dan kuantitatif dalam penelitian ini memungkinkan penulis untuk melihat secara mendalam faktor-faktor penyebab kegagalan dan memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan terkait perbaikan dan perbaikan yang diperlukan pada komponen *battery*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA DAN KRITERIA

Komponen *battery* dengan *P/N* 405CH pada pesawat *airbus A330* memiliki spesifikasi sebagai berikut:

<i>Part number</i>	: 405CH
<i>Vendor</i>	: <i>Saft</i>
<i>Maintence manual</i>	: <i>CMM 24-38-53 (F6177)</i>
<i>Klasifikasi spare part</i>	: <i>Rotable Part</i>
<i>Interval sign to shop</i>	: <i>3000 flight hour / 12 Month for overhaul</i>
<i>Operating temperature</i>	: <i>-40 to + 71 °C (- 40 to + 160 °F)</i>
<i>Spesifikasi battery P/N 405CH</i>	:

Tabel. 1 Spesifikasi *battery P/N 405CH*

<i>Nominal voltage</i>	24 V
<i>Rated capacity C₁Ah</i>	40 Ah
<i>Battery terminals</i>	<i>Connector according to MS 3509</i>
<i>electrolyte</i>	<i>Solution of KOH</i>
<i>Consumable volume of electrolyte</i>	<i>60 cm³ (3.66 in³) per cell</i>
 <i>Maximum dimensions of the battery</i>	
<i>-Length</i>	268.4 mm (10.57 in)
<i>-Width</i>	300 mm (11.8 in)
<i>-Height</i>	262 mm (10.31 in)
 <i>Battery maximum weight</i>	34.8 kg (76.7 lbs)

Arus yang digunakan untuk *charging* pada komponen *battery* dapat dilihat pada Tabel. 2 pada tabel tersebut menerangkan bahwa setiap *item* untuk melaksanakan *charging* harus dapat disesuaikan dengan nilai yang sudah ditentukan agar komponen *battery* tidak mengalami kerusakan karena tidak sesuai prosedur yang sudah ditentukan oleh manufaktur melalui *component maintenance manual*.

Tabel. 2 arus yang digunakan untuk charging

<i>Item</i>	<i>Value</i>	<i>Use for</i>
1 C ₁ A	40 A	<i>Charge/Discharge</i>
0.5 C ₁ A	20 A	<i>Charge</i>
0.1 C ₁ A	4 A	<i>Charge</i>

Data tersebut didapat dari *component maintenance manual battery*.

Total data *flight hour (FH)* per tahun *unschedule removal* dari tahun 2017-2022 didapat dari *TSI*:

2017 : 33099 *flight hour (FH)*,
2018 : 21826 *flight hour (FH)*,
2019 : 8179 *flight hour (FH)*,
2020 : 9104 *flight hour (FH)*,
2021 : 14631 *flight hour (FH)*,
2022 : 5038 *flight hour (FH)*.

B. PENELITIAN KUANTITATIF

1. *Mean Time Between Failure (MTBF)*

Dari total keseluruhan *unschedule removal* pada tahun 2017-2022 yaitu sebesar 91877 *FH* selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mengetahui laju kegagalan dan hasil dari perhitungan *mean time between failure (MTBF)* komponen *battery* pesawat airbus A330 P/N 405CH.

Dari data *AFML* pada kolom *TSI* untuk menentukan nilai *MTBF* pada komponen *battery* dilakukan perhitungan nilai laju kegagalan (λ) terlebih dahulu setelah diketahui nilai laju kegagalan (λ) dilanjutkan untuk perhitungan nilai *MTBF* dari komponen *battery* yang ditunjukkan pada perhitungan berikut:

Laju kegagalan (λ):

$$\lambda = \frac{\sum \text{jumlah kerusakan}}{\sum \text{waktu operasi}} = \frac{51}{91877} = 0,00055509 \text{ FH}$$

Mean Time Between Failure (MTBF):

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,00055509} = 1801,509804 \text{ FH}$$

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa nilai *MTBF* pada komponen *battery* P/N 405CH sebesar 1801,509804 *FH* yang masih jauh dibawah umur yang ditentukan oleh manufatur yaitu 3000 *FH* untuk melaksanakan *regular check*. maka perlu adanya tindak lanjut terkait perawatan pada komponen *battery* P/N 405CH untuk menambahkan *regular check* yang mendekati hasil dari perhitungan *MTBF* yaitu 1800 *FH*. Dari *maintenance program* ditemukan bahwa ada kegiatan perawatan di 1600 *FH* sehingga dapat dilaksanakan penambahan kegiatan *regular check* pada komponen *battery* dan tambahkan *treatment* untuk *full cleaning* dan *insulation check* pada *battery* untuk mengurangi kegagalan *battery* P/N 405CH.

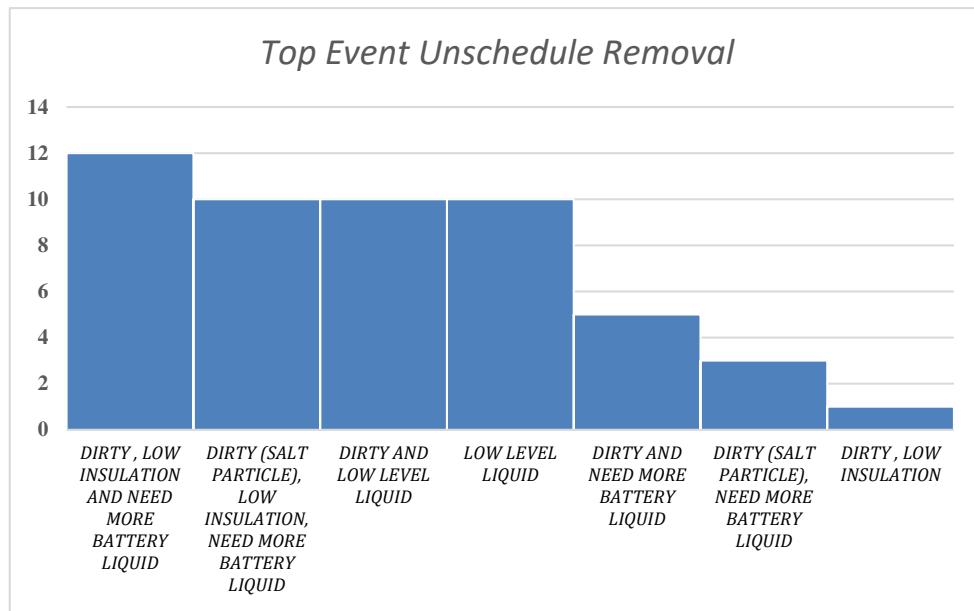
C. PENELITIAN KUALITATIF DENGAN METODE *ROOT CAUSE ANALYSIS*

1. Penentuan *Top Event* Kegagalan Dari Komponen *Battery* P/N 405CH

Setalah dilakukan perhitungan nilai *MTBF* dadapatkan hasil 1801,509804 hours nilai tersebut tidak sesuai dengan *maintenance program* yang yang ditentukan oleh manufaktur yaitu 3000 *FH* untuk dilakukan *regular check*. Hal ini perlu dilakukan penelitian lebih mendalam untuk dapat mengetahui apa yang membuat komponen baterai tersebut tidak dapat mencapai *flight hour* yang sudah ditentukan oleh *maintenance program* yaitu 3000 *FH* dilakukan *regular check*.

Dari uraian tersebut perlu dilaksanakan penentuan *top event* kegagalan dari komponen *battery* P/N 405CH sehingga diketahui kegagalan apa saja yang sering terjadi pada komponen *battery* dengan bantuan *tools diagram pareto* sehingga diketahui penyebab kegagalan apa yang sering terjadi untuk mencari akar masalah kegagalan pada komponen *battery* pesawat *airbus* A330 pada pesawat Garuda Indonesia.

Dari data *AFML* didapatkan hasil *top event* dari kegagalan pada komponen *battery* dengan *P/N* 405CH pesawat airbus A330 Garuda Indonesia dengan menggunakan *diagram pareto* yang ditampilkan pada Gambar. 1.



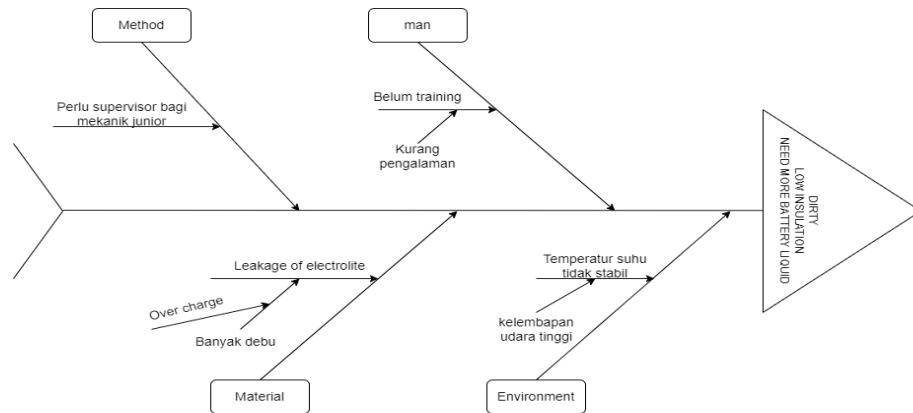
Gambar. 1 diagram *top event* kegagalan *battery*

Diketahui penyebab terjadinya kegagalan tertinggi yaitu *dirty, low insulation and need more battery liquid* merupakan faktor tertinggi terjadinya kegagalan komponen *battery* dengan *P/N 405CH* yang masih jauh dibawah umur yang ditentukan oleh manufatur yaitu 3000 FH untuk dilaksanakan *regular check*.

Setelah diketahui *top event* kegagalan *battery* selanjutnya melaksanakan wawancara terstruktur terhadap 3 narasumber *expert* di lapangan, untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya kegagalan pada komponen *battery* *P/N 405CH* pada pesawat *airbus A330 series* dilanjutkan dengan pembuatan diagram faktor penyebab kegagalan pada komponen *battery*.

2. Pembuatan Diagram Faktor Penyebab Kegagalan

Berikut faktor-faktor kegagalan dari Gambar. 1 disajikan dengan menggunakan diagram *fishbone* atau diagram sebab akibat dari kesimpulan wawancara terstruktur dari 3 narasumber *expert* pada pesawat *Airbus A330 series* di PT. GMF AeroAsia:



Gambar. 2 *Fishbone diagram*

Pada diagram *fishbone* di atas, terdapat beberapa indikator yang menjadi faktor terbesar dari kegagalan battery yaitu "man," "environment," "material," dan "method".

Tabel. 3 Data Penyebab Kegagalan Komponen Battery

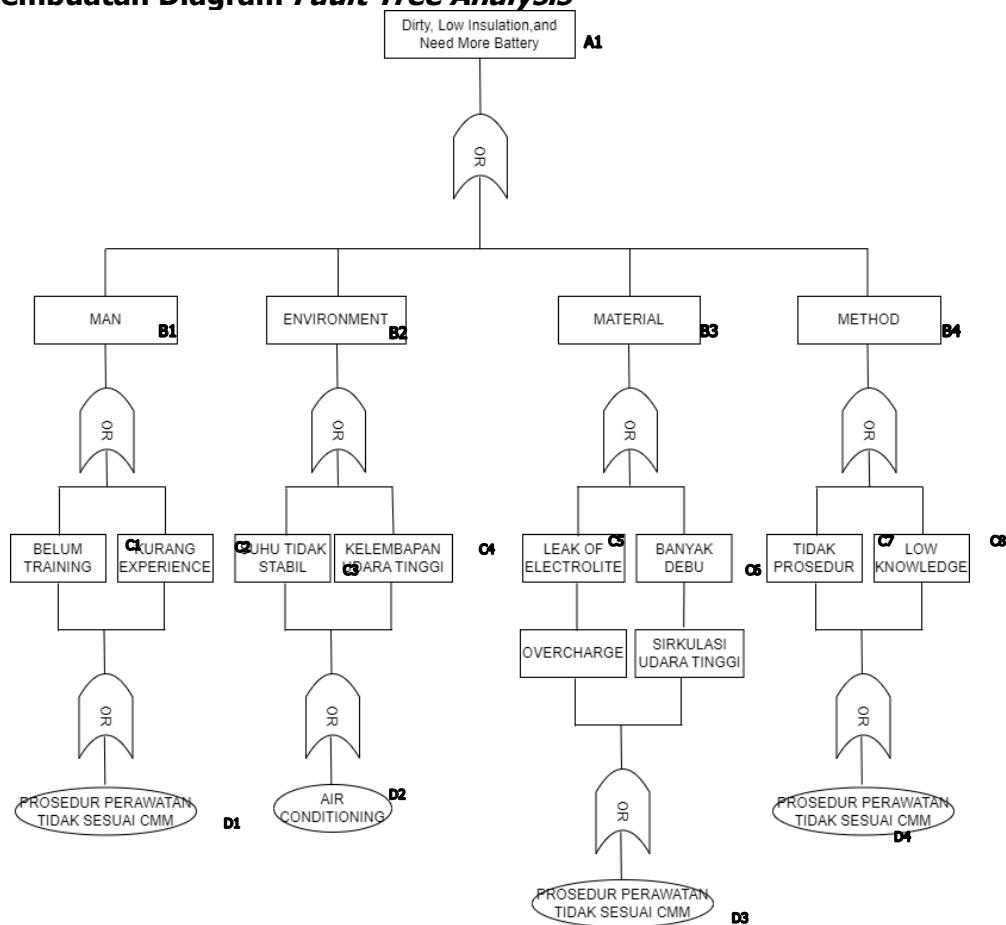
Faktor Penyebab	Penyebab kegagalan	Keterangan
<i>Man</i>	Belum adanya <i>training</i> spesifik terkait penanganan komponen <i>battery</i> pada teknisi di lapangan.	Terdapat beberapa penyebab permasalahan, yaitu kurang pengalaman dan belum adanya pelatihan (<i>training</i>). Faktor yang memiliki resiko sangat tinggi adalah ketiadaan pelatihan, karena seorang teknisi pesawat harus memahami bagaimana cara menangani dan melakukan perawatan khususnya pada komponen <i>battery</i> di pesawat, dan ilmu tersebut diperoleh melalui pelatihan.
	Kurangnya <i>experience</i> pada teknisi	
<i>Environment</i>	<i>Temperature</i> suhu tidak stabil.	terdapat permasalahan yang merupakan faktor paling utama dalam kegagalan pada komponen <i>battery</i> , yaitu suhu yang tidak stabil dan kelembapan udara yang sangat tinggi.
	Kelembapan udara tinggi	Kedua faktor ini memiliki peran besar karena <i>battery</i> merupakan komponen elektronik yang sangat sensitif terhadap fluktuasi suhu dan tingginya kelembapan udara.
<i>Material</i>	<i>Leak of electrolyte</i> <i>Overcharge</i> Banyak debu	masih terdapat beberapa faktor, yaitu " <i>leak of electrolyte</i> ," " <i>overcharge</i> ," dan "banyak debu." Tempat penyimpanan atau penempatan <i>battery</i> yang memiliki sirkulasi udara yang tinggi dapat menyebabkan <i>battery</i> mudah kotor. " <i>leak of electrolyte</i> " disebabkan karena prosedur penyesuaian level dari elektrolit tidak dilakukan dengan benar dan mengakibatkan kebocoran pada elektrolit.
<i>Method</i>	Perlu supervisi pada teknisi junior	Diperlukan pengawasan atau supervisi terhadap mekanik junior. Hal ini untuk memastikan bahwa mekanik junior yang masih kurang berpengalaman dalam melakukan <i>maintenance</i> tidak melakukan kesalahan, yang dapat menyebabkan kegagalan pada komponen <i>battery</i> .

Berdasarkan uraian pada Tabel. 3 adupun kesimpulan untuk menentukan jenis perawatan yang tepat pada komponen *battery* pada pesawat *airbus A330* dilakukan dapat dilihat pada tabel.4.

Tabel. 4 Kesimpulan dari diagram fishbone

Faktor Penyebab	Penyebab Kegagalan	Mitigasi
<i>Man</i>	Belum adanya <i>training</i> spesifik terkait penanganan komponen <i>battery</i> pada teknisi di lapangan.	tindakan preventif seperti memberikan <i>training</i> pada teknisi yang spesifik khususnya pada komponen baterai agar tidak terjadi kegagalan.
	Kurangnya <i>experience</i> pada teknisi	Setelah melaksanakan <i>training</i> teknisi harus dapat memahami bagaimana cara menangani dan melakukan perawatan dengan baik dan benar sesuai pada <i>component maintenance manual</i> .
<i>Environment</i>	Temperature suhu tidak stabil. Kelembaban udara tinggi	Untuk menjaga suhu ruangan penyimpanan <i>battery</i> teknisi harus memastikan untuk mengatur <i>air conditioning</i> pada suhu $+20^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ ($68^{\circ}\text{F} \pm 27^{\circ}\text{C}$)
<i>Material</i>	Leak of electrolyte overcharge Banyak debu	memastikan prosedur perawatan dilakukan dengan benar sesuai dengan <i>CMM</i>
<i>Method</i>	Perlu adanya supervisi pada teknisi junior	Pengawasan terhadap mekanik junior juga penting untuk memastikan pekerjaan dilakukan dengan baik sehingga tidak menimbulkan kegagalan pada komponen <i>battery</i>

3. Pembuatan Diagram Fault Tree Analysis



Gambar. 3 Diagram FTA kegagalan Battery

Untuk mengetahui kegagalan yang lebih mendalam pada komponen *battery* dengan kegagalan tertinggi yaitu *dirty, low insulation and need more battery liquid* pada hasil dari diagram pareto yang ditampilkan pada Gambar. 1 selanjutnya untuk dibuatkan diagram *FTA* pada Gambar. 3 untuk mengetahui akar permasalahan yang terjadi sehingga dapat menentukan jenis perawatan yang tepat pada komponen *battery P/N 405CH* pada pesawat *airbus A330* di PT. GMF AeroAsia.

Setelah diketahui dan digambarkan pohon akar permasalahan dari komponen *battery* dapat dilihat pada tabel. 5 *Fault Tree Analysis (FTA)* untuk mengetahui deskripsi lebih dan penjelasan terkait Gambar. 3 *Diagram FTA* kegagalan *Battery* secara spesifik dan terperinci.

Tabel. 6 Fault Tree Analysis (FTA)

NO	EVENT	KETERANGAN
1	A1	Kegagalan <i>battery</i> karena <i>dirty, low insulation and need more battery liquid</i>
2	B1	Kegagalan disebabkan oleh faktor manusia
3	B2	Kegagalan disebabkan oleh faktor lingkungang
4	B3	Kegagalan disebabkan oleh faktor material
5	B4	Kegagalan disebabkan oleh faktor <i>method</i>
6	C1	Belum adanya <i>training</i> pada teknisi mengenai bagaimana cara <i>handle battery</i> dengan benar sehingga mengakibatkan <i>battery</i> mengalami kegagalan
7	C2	Kurangnya pengalaman dari teknisi untuk meng <i>handle battery</i>
8	C3	Kegagalan <i>battery</i> disebabkan suhu yang tidak stabil
9	C4	Kegagalan <i>battery</i> disebabkan karena kelembapan udara tinggi
10	C5	Kegagalan <i>battery</i> disebabkan <i>leak of electrolyte</i> akibat dari <i>overcharge</i>
11	C6	Kegagalan <i>battery</i> disebabkan karena terdapat banyaknya debu dari tingginya sirkulasi udara pada ruang penyimpanan <i>battery</i>
12	C7	Kegagalan <i>battery</i> disebabkan karena teknisi belum bekerja sesuai prosedur pada <i>CMM</i>
13	C8	Kegagalan <i>battery</i> disebabkan karena teknisi belum sepenuhnya memahami cara <i>maintenance battery</i> sesuai prosedur
14	D1	Tidak mengikuti prosedur perawatan sesuai dengan <i>CMM</i> . Kegagalan baterai dapat terjadi karena faktor manusia, lupa mematikan tombol baterai setelah penggunaan pesawat, yang menyebabkan baterai terus terpakai dan menyedot energi. Kegagalan baterai dapat terjadi karena faktor manusia, seperti salah <i>handling</i> , jatuh, atau distorsi barang.
		Akar penyebab kegagalan <i>air conditioning</i> tidak bisa langsung menyesuaikan suhu ketika ada perubahan suhu yang drastis dan <i>air conditioning</i> tidak bekerja secara optimal yang menyebabkan suhu ruangan pada tempat penyimpanan <i>battery</i> tidak stabil.
		Tidak mengikuti prosedur perawatan sesuai dengan <i>CMM</i> Ketika teknisi melaksanakan <i>charging</i> pada komponen <i>battery</i> teknisi tidak memperhatikan arus yang digunakan sehingga mengakibatkan komponen <i>battery</i> mengalami <i>overcharge</i> karena arus yang digunakan terlalu besar. Kurangnya pengawasan dan <i>cleaning</i> yang tidak dilakukan secara berkala pada tempat penyimpanan baterai menjadi kotor.
17	D4	Tidak mengikuti prosedur perawatan sesuai dengan <i>CMM</i> Teknisi merasa sudah sering menangani perawatan terkait komponen <i>battery</i> dan belum ada sosialisasi terkait pentingnya <i>handling battery</i> secara baik dan benar yang mengakibatkan teknisi tidak membaca prosedur perawatan yang ada pada <i>CMM</i> dan menyebabkan kegagalan pada komponen <i>battery</i> .

diketahui akar permasalahan dari kegagalan komponen *battery* terjadi karena faktor teknisi tidak mengikuti prosedur perawatan sesuai dengan *CMM* ketika teknisi melaksanakan perawatan.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil evaluasi keandalan komponen *battery P/N 405CH* pada pesawat *Airbus A330* sebagai berikut:

- 1 Untuk menentukan nilai *reliability* atau keandalan pada komponen *battery P/N 405CH* pada pesawat *airbus A330* menggunakan perhitungan *MTBF* dan didapatkan hasil perhitungan nilai *MTBF* dari total keseluruhan *flight hour* dari periode tahun 2017 sampai dengan 2022 adalah sebesar 1802 *flight hours* pada komponen *battery* dengan *P/N 405CH* pada pesawat *airbus A330 series*.
- 2 Dari analisi akar permasalahan yang terjadi dapat disimpulkan bahwa penyebab utama dari rendahnya nilai *reliability* komponen *battery* adalah teknisi tidak mengikuti prosedur perawatan sesuai dengan *CMM* sehingga perlu dilakukan training terkait komponen *battery*.
- 3 Perlu adanya tindak lanjut terkait perawatan pada komponen *battery P/N 405CH* untuk menambahkan *regular check* yang mendekati hasil dari perhitungan *MTBF* yaitu 1800 FH. Dari *maintenance program* ditemukan bahwa ada kegiatan perawatan di 1600 FH sehingga dapat dilaksanakan penambahan kegiatan *regular check* pada komponen *battery* dan tambahkan *treatment* untuk *full cleaning* dan *insulation check* pada *battery* untuk mengurangi kegagalan *battery P/N 405CH*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Undang-Undang Republik Indonesia No.1 Tahun 2009," "UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 1 TAHUN 2009 TENTANG PENERBANGAN," in *UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 1 TAHUN 2009 TENTANG PENERBANGAN*, vol. 2, no. 5, 2009, p. 255.
- [2] A. Ade, E. Widoro, and D. Prasodjo, "Rancangan Sistem Hidrolik Alat Bantu Pengangkat Dan Penurun Integrated Drive Generator Pada Pesawat Airbus 320 Di Pt. Garuda Maintanance Facility Aero Asia," *Cybrarians J.*, vol. 19, no. 37, pp. 1–31, 2019.
- [3] M. Mora, "Telaahan Literatur Tentang Program Perawatan Pesawat Udara," *War. Ardhia*, vol. 38, no. 4, pp. 356–372, 2012, doi: 10.25104/wa.v38i4.205.356-372.
- [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] Federal Aviation Administration, *Aviation Maintenance Technician Handbook-General*. 2018.
- [6] R. B. Abernethy, *The New Weibull Handbook*. 1996.
- [7] Ramadhika Dwi Poetra, "BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1–64," 2019.
- [8] Kuswardana, "Analisis Penyebab Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode RCA (Fishbone Diagram Method And 5 – Why Analysis) di PT . PAL Indonesia," *Conf. Saf. Eng. Its Appl.*, pp. 141–146, 2017.
- [9] K. Wibowo, S. Sugiyarto, and S. Setiono, "Analisa dan Evaluasi : Akar Penyebab dan Biaya Sisa Material Konstruksi Proyek Pembangunan Kantor Kelurahan di Kota Solo, Sekolah, dan Pasar Menggunakan Root Cause Analysis (RCA) dan Fault Tree Analysis (FTA)," *Matriks Tek. Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 1–52, Jun. 2018, doi: 10.20961/mateksi.v6i2.36572.
- [10] Y. Adekayanti, I. Adiasa, and I. Mashabai, "Analisis Gangguan Pada Kwh Meter Pelanggan Di Pt. Pln (Persero) Up3 Sumbawa Menggunakan Fishbone Dan Pdca (Plan, Do, Check,

- Action)," *J. Ind. Teknol. Samawa*, vol. 2, no. 1, pp. 22–31, 2021, doi: 10.36761/jitsa.v2i1.1020.
- [11] J. Can, M. Fault, T. Analysis, S. Kasus, D. Pt, and D. P. T. Aci, "Analisis Penyebab Timbulnya Cacat Dan Solusi Perbaikan Pada Produk TALENTA Conference Series Analisis Penyebab Timbulnya Cacat Dan Solusi Perbaikan Pada Produk Jerry Can Menggunakan Fault Tree Analysis (Studi Kasus," vol. 2, no. 3, 2019, doi: 10.32734/ee.v2i3.777.
- [12] M. Z. Ramadhan, G. D. Haryadi, and I. Haryanto, "ANALISIS RELIABILITY KOMPONEN KRITIS DENGAN METODE DISTRIBUSI KERUSAKAN DAN FAULT TREE ANALYSIS PADA POMPA HYDRAULIC AXIAL 500 LPS," vol. 9, no. 1, pp. 133–142, 2021.