



Analisis Kegagalan Cabin Rate Of Climb Indicator P/N WL501rc1 Pada Boeing 737-800 Di Pt. Gmf Aeroasia Tbk.

Farhan Anchiby

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

Djoko Herwanto

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

Nawang Kalbuana

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

Alamat: Kabupaten Tangerang, Banten 15820

Korespondensi penulis: 16022130032@gmail.com

Abstract. *This study analyzes the recurrent failure of the Cabin Rate of Climb Indicator (P/N WL501RC1) on Boeing 737-800 aircraft maintained by PT. GMF AeroAsia Tbk. The research aims to identify the main causes of unscheduled removals and propose improvement strategies to enhance maintenance reliability. The study employs a qualitative method using the Root Cause Analysis (RCA) approach, supported by Pareto and Fishbone diagrams. Data were obtained through interviews, field observations, and technical documentation, including Component Removal Reports and Out-of-Tolerance Notifications. The results show that “Housing Leak” is the dominant failure mode, accounting for 46% of total cases between 2019 and 2024. The root causes were linked to human error in O-ring installation, outdated work procedures, reduced test bench accuracy, substandard repaired materials, and environmental exposure affecting component elasticity. Corrective and preventive actions include technical training, updated maintenance documentation, and stricter quality control on materials and testing equipment. These findings provide a practical basis for improving MRO performance and aircraft operational reliability. Furthermore, this study contributes to the development of a structured RCA-based evaluation framework that can be adapted by other MRO organizations to systematically reduce recurrent component failures.*

Keywords: *Aircraft maintenance, Cabin Rate of Climb Indicator, Fishbone Diagram, Pareto Analysis, Root Cause Analysis.*

Abstrak. Penelitian ini menganalisis kegagalan berulang pada komponen Cabin Rate of Climb Indicator (P/N WL501RC1) pada pesawat Boeing 737-800 yang dirawat di PT. GMF AeroAsia Tbk. Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi penyebab utama terjadinya unscheduled removal dan menyusun strategi perbaikan untuk meningkatkan keandalan pemeliharaan. Metode yang digunakan adalah kualitatif dengan pendekatan Root Cause Analysis (RCA) yang didukung oleh Diagram Pareto dan Fishbone. Data diperoleh melalui wawancara, observasi lapangan, serta dokumentasi teknis seperti Component Removal Report dan Out-of-Tolerance Notification. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa jenis kegagalan dominan adalah *housing leak* dengan frekuensi 46% dari total kasus selama periode 2019–2024. Akar penyebabnya meliputi kesalahan teknis dalam pemasangan O-ring, pembaruan prosedur kerja yang belum sesuai, akurasi alat uji yang menurun, penggunaan material *repaired* dengan mutu rendah, serta pengaruh suhu dan kelembapan lingkungan. Upaya perbaikan dilakukan melalui peningkatan pelatihan teknis, pembaruan dokumen perawatan, dan pengendalian mutu material serta peralatan uji. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas sistem MRO dan keandalan operasional pesawat. Selain itu, penelitian ini berkontribusi dalam penyusunan kerangka evaluasi berbasis RCA yang terstruktur dan dapat diadaptasi oleh organisasi MRO lainnya untuk mengurangi kegagalan komponen berulang secara sistematis.

Kata kunci: Analisis akar masalah, Cabin Rate of Climb Indicator, Diagram Fishbone, Diagram Pareto, Pemeliharaan pesawat.

LATAR BELAKANG

Transportasi udara memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung konektivitas nasional, terutama bagi Indonesia sebagai negara kepulauan. Mobilitas masyarakat dan distribusi logistik antarwilayah sangat bergantung pada keandalan sistem penerbangan yang aman, efisien, serta berkelanjutan (Lakburlawal, 2024). Dalam konteks tersebut, setiap komponen pesawat dituntut berfungsi sesuai standar agar keselamatan dan efisiensi operasional dapat terjamin.

Salah satu sistem utama yang berperan dalam menjaga keselamatan penerbangan adalah *pressurization system*, yaitu sistem yang mengatur tekanan udara di dalam kabin pesawat agar tetap stabil selama penerbangan berlangsung (Irwanto & Tamami, 2020). Di dalam sistem ini terdapat komponen *Cabin Rate of Climb Indicator* (P/N WL501RC1) yang berfungsi memantau laju perubahan tekanan kabin. Komponen ini memberikan informasi kepada pilot mengenai seberapa cepat tekanan kabin berubah saat pesawat melakukan *climb* atau *descent*, sehingga kenyamanan dan keselamatan penumpang tetap terjaga (GE Aviation Ltd, 2017)

Namun, data operasional menunjukkan bahwa keandalan komponen tersebut masih menjadi perhatian. Berdasarkan catatan *Engineering Unit* PT. GMF AeroAsia Tbk., selama periode 2019 hingga 2024 tercatat 63 kasus *unscheduled removal* Cabin Rate of Climb Indicator yang menyebabkan 23 kejadian penundaan penerbangan yang didapat dari data *Engineering* GMF AeroAsia. Tingginya angka kegagalan ini berdampak langsung terhadap efisiensi operasional dan peningkatan biaya perawatan, serta

menurunkan tingkat keandalan sistem pesawat secara keseluruhan. Secara regulasi, komponen ini termasuk dalam Kategori C pada *Minimum Equipment List* (MEL). Pada MEL tersebut diatur bahwa hanya mengizinkan pesawat tetap beroperasi maksimal 10 hari sejak kegagalan terdeteksi (Mora, 2012). Kondisi tersebut menegaskan pentingnya analisis menyeluruh terhadap akar permasalahan agar kejadian serupa tidak berulang.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan Root Cause Analysis (RCA) yang dikombinasikan dengan *Diagram Pareto* dan *Fishbone Diagram* sebagai alat bantu analisis utama. *Diagram Pareto* digunakan untuk menentukan jenis kegagalan yang paling sering terjadi berdasarkan prinsip 80/20 (Tantri et al., 2024), sedangkan *Diagram Fishbone* digunakan untuk menelusuri akar penyebab berdasarkan lima kategori utama, yaitu manusia (*Man*), metode (*Method*), mesin (*Machine*), material (*Material*), dan lingkungan (*Environment*). Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi yang tepat sasaran untuk meningkatkan efektivitas pemeliharaan, mengurangi frekuensi *unscheduled removal*, serta memperkuat aspek keselamatan dan efisiensi operasional di PT. GMF AeroAsia Tbk.

KAJIAN TEORITIS

1. Sistem Pressurisasi Kabin (*Pressurization System*)

Sistem *pressurization* merupakan bagian penting dalam pesawat udara yang berfungsi menjaga tekanan udara di dalam kabin agar tetap berada dalam batas aman selama penerbangan di ketinggian tinggi. Saat pesawat beroperasi pada ketinggian jelajah antara 30.000 hingga 42.000 kaki, tekanan udara luar menjadi sangat rendah sehingga tidak dapat menopang kebutuhan fisiologis manusia. Oleh karena itu, sistem *pressurization* mempertahankan tekanan di dalam kabin setara dengan kondisi udara pada ketinggian 5.000–8.000 kaki (Cho, 2021).

Sistem ini bekerja dengan cara mengatur jumlah udara yang keluar dari kabin melalui *outflow valve*, bukan mengatur udara masuk. Keseimbangan antara udara yang masuk melalui *air conditioning pack* dan yang keluar melalui katup buang menghasilkan tekanan kabin yang stabil. Sistem ini dikontrol oleh *Cabin Pressure Controllers* (CPC)

dan dapat dioperasikan secara otomatis atau manual melalui Cabin Pressure Control Panel (Boeing Company, 2017).

Jika terjadi gangguan pada sistem otomatis, terdapat *relief valve* yang berfungsi sebagai sistem *fail-safe* untuk mencegah tekanan berlebih (*overpressure*) atau tekanan negatif yang dapat membahayakan struktur pesawat (FAA, 2018).

2. Cabin Rate of Climb Indicator (CROCI)

Cabin Rate of Climb Indicator (P/N WL501RC1) adalah instrumen yang menunjukkan laju perubahan tekanan udara di dalam kabin (*cabin pressure rate*), yang dikonversi dalam satuan *feet per minute (ft/min)*. Instrumen ini membantu pilot memastikan perubahan tekanan berlangsung secara bertahap dan nyaman bagi penumpang (GE Aviation Ltd, 2017).

Secara prinsip kerja, indikator ini terdiri dari *pressure sensitive capsule*, *diffuser assembly*, *rocking shaft*, dan *pointer mechanism*. Ketika tekanan kabin berubah, selisih tekanan antara bagian dalam dan luar kapsul menyebabkan pergerakan mekanis pada *pointer*. Bila tekanan statis konstan, jarum tetap pada posisi nol; bila tekanan naik atau turun, jarum bergerak ke arah *climb* atau *descent*. Akurasi indikator ini sangat bergantung pada kondisi mekanis internal, kebersihan sistem udara, dan kesesuaian pemasangan *O-ring* (GE Aviation Ltd, 2017)

Kegagalan pada instrumen ini dapat menyebabkan indikasi tekanan yang salah (*misleading indication*) dan berisiko mengganggu pengambilan keputusan penerbangan. Karena itu, pemeliharaan berkala sesuai *Component Maintenance Manual (CMM)* sangat penting untuk menjaga keandalannya.

3. Konsep Pemeliharaan Pesawat Udara

Pemeliharaan (*maintenance*) adalah rangkaian kegiatan untuk menjaga agar pesawat udara tetap dalam kondisi laik terbang (*airworthy*). Dalam industri penerbangan, kegiatan ini meliputi pemeriksaan, perbaikan, penggantian komponen, serta tindakan pencegahan agar kerusakan tidak terjadi (Perhubungan, 2024).

Secara umum, terdapat dua jenis utama pemeliharaan, yaitu:

- Pemeliharaan Terencana (*Planned Maintenance*) — dilakukan berdasarkan jadwal atau interval tertentu, terdiri dari:
 - *Preventive Maintenance*: dilakukan sebelum terjadi kerusakan, mencakup inspeksi, kalibrasi, pelumasan, dan penggantian komponen *life limit* (Sarashvati et al., 2017).
 - *Corrective Maintenance*: dilakukan setelah kerusakan ditemukan, dengan tujuan mengembalikan fungsi sistem (Kirana et al., 2016).
- Pemeliharaan Tidak Terencana (*Unplanned Maintenance*) — dilakukan jika terjadi kegagalan mendadak (*unscheduled maintenance*), yang dapat menyebabkan penundaan bahkan pembatalan penerbangan (Galar, 2016).

Efektivitas sistem pemeliharaan sangat bergantung pada ketersediaan data kegagalan, keakuratan prosedur kerja, kualitas komponen, serta ketepatan alat ukur yang digunakan dalam kegiatan *maintenance, repair, and overhaul* (MRO).

4. Root Cause Analysis (RCA)

Root Cause Analysis (RCA) merupakan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi penyebab utama dari suatu masalah atau kegagalan agar tindakan perbaikan dapat dilakukan secara tepat sasaran. RCA berfokus pada pencarian “akar masalah” (*root cause*) yang menyebabkan terjadinya penyimpangan, bukan hanya gejalanya (Mwita, 2022).

Dalam konteks pemeliharaan pesawat, RCA sering digunakan untuk menganalisis faktor manusia, metode kerja, peralatan, material, serta lingkungan yang berkontribusi terhadap kegagalan komponen (Tantri et al., 2024). Pendekatan ini memudahkan tim teknik dalam menentukan tindakan korektif (*corrective action*) dan pencegahan (*preventive action*) secara sistematis.

5. Diagram Pareto dan Diagram Fishbone

Diagram Pareto digunakan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan masalah berdasarkan frekuensinya. Prinsip Pareto 80/20 menyatakan bahwa sekitar 80% permasalahan biasanya disebabkan oleh 20% faktor utama (*the vital few*) (Hossen et al., 2017). Dalam penelitian ini, Diagram Pareto digunakan untuk menentukan jenis kegagalan *Cabin Rate of Climb Indicator* dengan frekuensi tertinggi.

Diagram Fishbone (Ishikawa Diagram) digunakan untuk memetakan penyebab-penyebab potensial dari suatu masalah ke dalam beberapa kategori, umumnya dikenal dengan 5M: *Man, Method, Machine, Material*, dan *Environment* (Mohammad Alkiayat, 2021). Dalam konteks penelitian ini, diagram tersebut membantu menelusuri akar penyebab dari kegagalan “*Housing Leak*” yang paling sering terjadi pada komponen CROCI.

Kombinasi kedua metode ini efektif untuk mengonversi data kuantitatif menjadi analisis kualitatif yang mudah diinterpretasikan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam perbaikan sistem pemeliharaan di industri MRO penerbangan.

METODE PENELITIAN

1. Desain dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode kualitatif. Penelitian kualitatif merupakan pendekatan yang digunakan untuk mengeksplorasi fenomena sosial secara mendalam, dengan tujuan mengungkap perasaan, pandangan, serta pengalaman subjektif individu yang berkaitan dengan permasalahan penelitian. Pendekatan ini menekankan pemahaman terhadap cara individu memaknai realitas sosial yang mereka alami dalam konteks kehidupan sehari-hari (Mwita, 2022). Meskipun bentuk awal dari penelitian kualitatif telah digunakan sejak berabad-abad lalu, pendekatan ini mulai mengalami pembentukan yang lebih sistematis dan metodologis pada periode antara tahun 1925 hingga 1945. Sejak saat itu, penelitian kualitatif berkembang pesat dan menjadi metode yang sangat populer, khususnya dalam studi-studi ilmu sosial, karena dianggap mampu menjelaskan dinamika dan kompleksitas realitas sosial secara menyeluruh (Bailey & F, 2014).

Dalam penerapannya, peneliti terlebih dahulu menggunakan Diagram Pareto sebagai alat untuk menganalisis data kegagalan komponen yang kemudian digunakan untuk mengarahkan perbaikan komponen pesawat secara lebih terfokus dan efisien dengan menitikberatkan perhatian pada segelintir faktor yang paling menentukan. Menurut Bamford dan Greatbanks (2005), serta diperkuat oleh Fotopoulos (2011) diagram ini terbukti efektif dalam menyederhanakan data kompleks dan memfasilitasi

pengambilan keputusan berbasis prioritas mendukung proses pengambilan keputusan secara lebih terarah dan berbasis data (Talib & Chin, 2015). Selanjutnya peneliti melakukan analisa kembali menggunakan pendekatan *Fishbone Diagram* guna menelusuri akar penyebab dari kegagalan yang paling berpengaruh sebagaimana teridentifikasi pada tahap sebelumnya.

2. Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT. GMF AeroAsia Tbk., Cengkareng, Tangerang perusahaan *Maintenance, Repair, and Overhaul (MRO)* terbesar di Indonesia yang menangani perawatan pesawat Boeing 737-800 milik berbagai maskapai nasional dan internasional.

Objek penelitian difokuskan pada komponen *Cabin Rate of Climb Indicator* (P/N WL501RC1) yang menjadi bagian dari sistem *pressurization*. Pemilihan objek ini didasarkan pada data *Component Removal Report* periode 2019–2024, yang menunjukkan frekuensi *unscheduled removal* tertinggi di antara komponen sistem kabin.

3. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis:

- Data Primer

Diperoleh melalui wawancara terstruktur dan observasi langsung terhadap teknisi dan *engineer* di area kerja *Shop Instrument & Avionics*. Wawancara difokuskan pada aspek teknis, prosedural, dan operasional terkait proses perawatan CROCI.

- Data Sekunder

Berasal dari *Component Removal Report*, *Work Order Record*, *Out-of-Tolerance Notification* (OOTN), serta *Component Maintenance Manual* (CMM) yang digunakan sebagai acuan teknis perawatan komponen. Data sekunder ini berperan penting dalam mengidentifikasi pola kegagalan serta validasi hasil observasi.

4. Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui empat tahapan berikut:

- Observasi Lapangan

Dilakukan di *Instrument Workshop* GMF untuk mengamati proses inspeksi dan perawatan CROCI.

- Wawancara Terstruktur

Dilakukan dengan teknisi senior, *quality inspector*, dan *component engineer* guna menggali informasi terkait penyebab berulangnya kegagalan.

- Studi Dokumentasi

Mengumpulkan data historis dari *Component Removal Report* periode 2019–2024, serta hasil pengujian alat dari dokumen OOTN.

- Validasi Data

Data hasil wawancara dan observasi divalidasi dengan catatan teknis dan regulasi perusahaan untuk memastikan keabsahan hasil analisis.

5. Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan tahap krusial dalam proses penelitian yang bertujuan untuk mengubah data mentah menjadi informasi yang terstruktur dan bermakna, guna mendukung pengambilan keputusan dalam menyelesaikan permasalahan penelitian. Dalam studi ini, data yang digunakan bersifat kualitatif dan diperoleh melalui dokumentasi serta wawancara mendalam.

1. *Pareto Diagram*

Sebagai langkah awal analisis, data *component removal report* untuk *cabin rate of climb indicator* dengan *part number* WL501RC1 diolah menggunakan pendekatan Diagram Pareto. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis kerusakan dengan frekuensi tertinggi (*the vital few*), yang telah diklasifikasikan berdasarkan jumlah kejadian kerusakan pada masing-masing kategori.

2. *Fishbone Diagram*

Setelah diperoleh jenis kerusakan dominan, analisis dilanjutkan dengan pendekatan *fishbone diagram* untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan. Metode ini memungkinkan peneliti untuk memetakan faktor-faktor penyebab secara sistematis, melalui wawancara terstruktur dengan narasumber teknis yang memiliki lisensi *certified of maintenance approval* dan bertugas di PT GMF AeroAsia Tbk. Untuk

memastikan bahwa akar penyebab yang diidentifikasi bersifat objektif dan valid, penelitian ini menerapkan teknik triangulasi metodologi.

Triangulasi metodologi dilakukan dengan cara memverifikasi temuan dari satu sumber data dengan sumber data lainnya. Dalam penelitian ini, temuan utama yang berasal dari wawancara dengan para ahli, dikonfirmasi dan diperkuat dengan data dari observasi langsung di lapangan serta dokumen teknis yang relevan. Dengan menunjukkan bahwa ketiga sumber data ini mengarah pada kesimpulan yang sama, maka akar penyebab yang teridentifikasi dalam diagram fishbone dapat dinyatakan valid dan bukan merupakan opini subjektif semata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Data *Unscheduled Removal*

Langkah pertama dalam analisis adalah mengolah data historis kegagalan untuk mengetahui skala permasalahan. Berdasarkan data AFML yang direkap dalam *unscheduled component removal report*, selama periode 2019–2024 tercatat 63 kasus kegagalan Cabin Rate of Climb Indicator. Jumlah ini menunjukkan adanya masalah berulang yang memerlukan perhatian khusus. Setiap kejadian menyebabkan komponen dilepas dan dikirim ke workshop, sehingga berdampak langsung pada operasional penerbangan. Laporan kerusakan yang bersifat deskriptif kemudian diklasifikasikan menjadi empat kategori, yaitu Housing Leak, Light Not Illuminate, Indication Re-Calibrated, dan Defective Diffuser Valve. Hasil distribusi menunjukkan bahwa Housing Leak merupakan kegagalan tertinggi dengan 29 kasus (46%), diikuti Light Not Illuminate 15 kasus (24%), Indication Re-Calibrated 14 kasus (22%), dan Defective Diffuser Valve 5 kasus (8%).

Berdasarkan analisis Pareto, dua jenis kegagalan pertama telah mencakup 70% dari total kasus, sehingga termasuk kategori *vital few*. Dengan demikian, Housing Leak ditetapkan sebagai prioritas utama untuk dianalisis lebih lanjut. Setelah mengidentifikasi jenis-jenis kegagalan dari data yang ada, analisis dilanjutkan dengan menggunakan Diagram Pareto untuk menentukan prioritas masalah. Pendekatan ini didasarkan pada prinsip 80/20, yang efektif untuk mengidentifikasi beberapa penyebab utama (*the vital few*) yang paling signifikan dari total permasalahan. Hasil analisis terhadap 63 kasus

kegagalan komponen dalam tabel distribusi pada Tabel 1 dan divisualisasikan dalam diagram pada Gambar 1 berikut.

Tabel 1. Tabel Distribusi Kegagalan *Cabin Rate Of Climb Indicator* WL501RCI

No	Jenis Kegagalan	Frekuensi	Persentase (%)	Kumulatif (%)
1	<i>Housing Leak</i>	29	46%	46%
2	<i>Light Not Illuminate</i>	15	24%	70%
3	<i>Indication Re-Calibrated</i>	14	22%	92%
4	<i>Defective Diffuser Valve</i>	5	8%	100%
Total		63	100%	

Sumber: Data Penulis

Tabel diatas diperoleh berdasarkan hasil perhitungan seperti dibawah ini.

Persentase kegagalan = $\left(\frac{\text{Frekuensi individu}}{\text{Total frekuensi}} \right) \times 100\%$. Dengan rumus ini, dihitung bahwa dari 63 kasus, perhitungan persentase kegagalan:

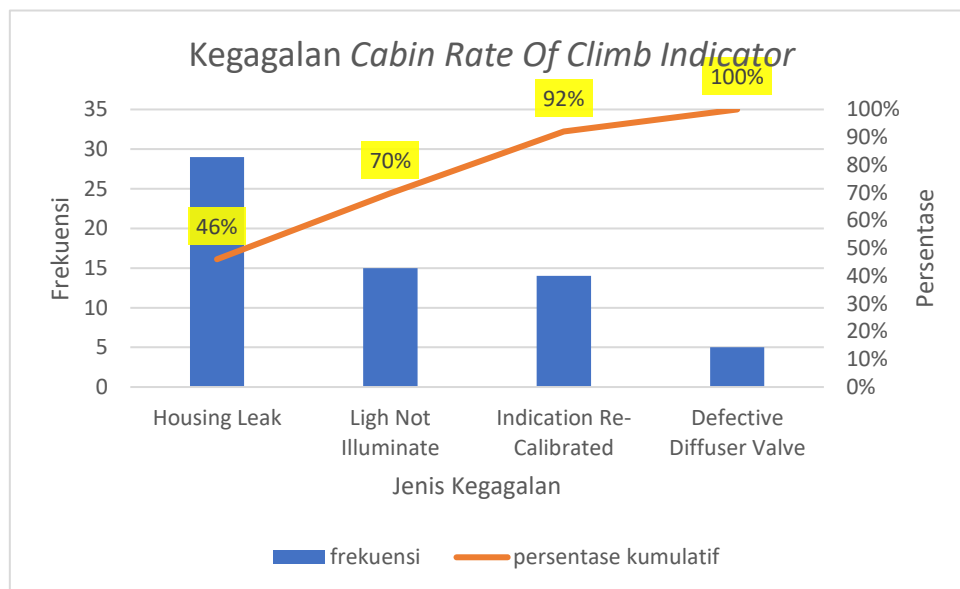
- $\text{Housing Leak} = \left(\frac{29}{63} \right) \times 100\%$
 $\text{Housing Leak} = 46\%$
- $\text{Light Not Illuminate} = \left(\frac{15}{63} \right) \times 100\%$
 $\text{Light Not Illuminate} = 24 \%$
- $\text{Indication Re-Calibrated} = \left(\frac{14}{63} \right) \times 100\%$
 $\text{Indication Re-Calibrated} = 22\%$
- *Defective Diffuser Valve*
 $P_{\text{Defective Diffuser Valve}} = \left(\frac{5}{63} \right) \times 100\%$
 $P_{\text{Defective Diffuser Valve}} = 8\%$

Selanjutnya, untuk melihat dampak gabungannya dan menerapkan Prinsip Pareto, persentase tersebut dijumlahkan secara bertahap (kumulatif). *Housing leak* dimulai dengan 46%, kemudian *light not illuminate* yaitu penjumlahan persentase pertama 46% + 24% persentase kegagalan *light not illuminate*. Persentase kumulatif ketiga yaitu

**ANALISIS KEGAGALAN *CABIN RATE OF CLIMB INDICATOR* P/N WL501RC1 PADA
BOEING 737-800 DI PT. GMF AEROASIA TBK.**

Indication re-calibrated dengan 70% (persentase kumulatif sebelumnya) + 22% (persentase kegagalan *Indication re-calibrated*), dan persentase kumulatif terakhir yaitu *defective diffuser valve* dengan hasil 100% dengan cara menjumlahkan persentase kumulatif sebelumnya (82%) dengan persentase kegagalan *defective diffuser valve* (8%). Perhitungan ini membuktikan bahwa Prinsip Pareto atau aturan 80/20 sangat berlaku di sini, di mana hanya dua dari empat jenis masalah sudah menjadi penyebab dari hampir tiga perempat total kerusakan.

Agar semua hasil perhitungan mudah dibaca dan dipahami, data tersebut kemudian dirangkum dalam sebuah tabel ringkas, yaitu Tabel Distribusi Kegagalan Cabin Rate of Climb Indicator *WL501RC1*. Informasi dari tabel ini kemudian diubah menjadi bentuk gambar, yaitu Gambar 1. Diagram ini menggunakan diagram batang untuk menunjukkan jumlah kasus dan grafik garis untuk menunjukkan total kumulatif. Dengan cara ini, kita bisa langsung melihat jenis kerusakan mana yang paling tinggi batangnya dan paling berpengaruh. Dari proses ini, kesimpulan yang didapat sangat jelas dan didukung oleh data: *Housing Leak* adalah masalah utama yang paling sering terjadi dan harus menjadi prioritas utama untuk diperbaiki. Oleh karena itu, analisis selanjutnya akan berfokus untuk mencari tahu apa saja akar penyebab dari masalah *Housing Leak* ini.



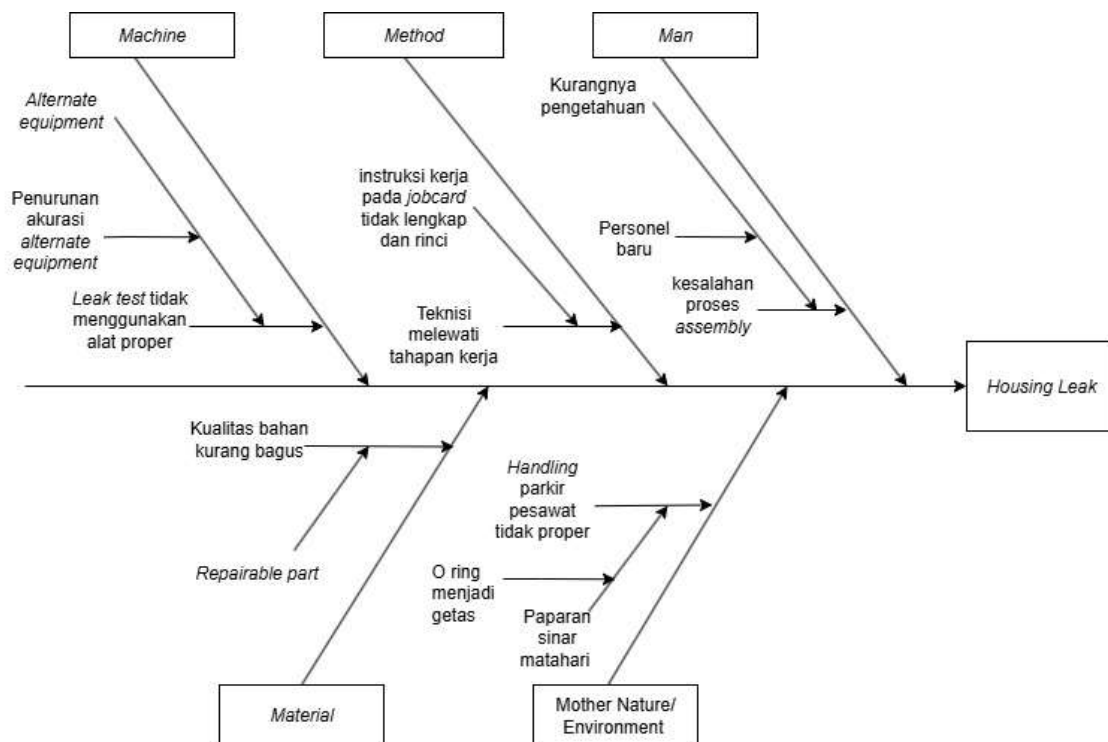
Gambar 1. Diagram Perto Cabin Rate of Climb Indicator WL501RC1

Sumber : Data Penulis

Hasil analisis menunjukkan bahwa jenis kegagalan “*Housing Leak*” merupakan penyebab dominan dengan kontribusi sebesar 46% dari seluruh kasus *unscheduled removal*. Berdasarkan prinsip Pareto, masalah utama ini termasuk dalam kategori *vital few* yang memberikan dampak terbesar terhadap keandalan komponen. Temuan ini menjadi dasar untuk tahap berikutnya, yaitu analisis kualitatif menggunakan *Fishbone Diagram*, guna menelusuri akar penyebab dari kegagalan *Housing Leak*.

2. Analisis Akar Penyebab Menggunakan Fishbone Diagram

Analisis akar penyebab dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya *Housing Leak*. Pendekatan ini menggunakan *Diagram Fishbone (Ishikawa)* yang mengelompokkan penyebab ke dalam lima kategori utama: *Man*, *Method*, *Machine*, *Material*, dan *Environment* yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram *Fishbone Housing Leak* pada *Cabin Rate of Climb Indicator WL501RC1*

Sumber: Data Penulis

Berdasarkan analisis pada Gambar 2, diperoleh beberapa akar penyebab utama:

- Faktor *Man* (Manusia)
 - Sebagian besar teknisi baru belum memiliki pengalaman spesifik dalam perakitan CROCI.

**ANALISIS KEGAGALAN *CABIN RATE OF CLIMB INDICATOR* P/N WL501RC1 PADA
BOEING 737-800 DI PT. GMF AEROASIA TBK.**

- Terjadi kesalahan dalam pemasangan *O-ring* yang mengakibatkan kebocoran mikro (*micro leak*) pada *housing assembly*.
- Kurangnya supervisi teknisi senior dalam proses *final inspection* memperbesar kemungkinan kesalahan tidak terdeteksi.
- Faktor *Method* (Metode)
 - Dokumen *Work Order* belum mencantumkan langkah detail yang sesuai dengan revisi terbaru *Component Maintenance Manual*.
 - Tidak adanya tahapan *double verification* setelah perakitan menyebabkan potensi kesalahan tidak teridentifikasi sebelum *functional test*.
- Faktor *Machine* (Peralatan Uji)
 - Sebagian alat uji alternatif (*backup test bench*) memiliki tingkat akurasi yang menurun akibat usia pemakaian, meskipun masih dalam masa kalibrasi.
 - Ketidaktepatan tekanan keluaran pada alat uji menyebabkan hasil pengujian tidak konsisten.
- Faktor *Material* (Bahan)
 - Penggunaan komponen *repaired part* dengan tingkat keandalan lebih rendah dibanding *original equipment manufacturer (OEM)*.
 - Beberapa *O-ring* yang digunakan mengalami *surface hardening* akibat penyimpanan yang terlalu lama tanpa pengendalian suhu.
- Faktor *Environment* (Lingkungan)
 - Suhu tinggi dan kelembapan ekstrem di area apron GMF mempercepat degradasi elastomer *O-ring*.
 - Paparan langsung sinar matahari terhadap unit yang belum terpasang menyebabkan perubahan dimensi mikro pada komponen *housing*.

3. Pembahasan Hasil Analisis Root Cause

Hasil analisis menunjukkan bahwa Housing Leak merupakan kegagalan dominan dengan kontribusi 46% dari total kasus. Tingginya persentase ini mengindikasikan kegagalan berulang yang dipengaruhi oleh kombinasi faktor manusia, metode, peralatan, material, dan lingkungan. Keterkaitan antar faktor tersebut menjelaskan munculnya kebocoran secara berulang. Oleh karena itu, upaya perbaikan harus dilakukan secara

menyeluruh pada aspek prosedur kerja, kompetensi teknisi, keandalan peralatan uji, kualitas material, serta pengendalian kondisi lingkungan.

Dari hasil RCA, ditemukan bahwa kegagalan *housing leak* disebabkan oleh kombinasi dari beberapa faktor yang saling berkaitan, yaitu *Man*, *Method*, *Machine*, *Material*, dan *Environment*.

- Faktor *Man* (Manusia)

Faktor manusia merupakan penyumbang utama dalam kegagalan ini. Berdasarkan hasil wawancara dengan teknisi dan *engineer* di *Instrument Workshop*, diketahui bahwa sebagian teknisi yang menangani komponen CROCI merupakan teknisi baru dengan pengalaman kerja yang masih terbatas. Kurangnya pemahaman terhadap detail proses perakitan, khususnya dalam pemasangan *O-ring*, menyebabkan terjadinya kesalahan minor (*human error*) yang berpotensi menimbulkan kebocoran pada *housing assembly*. Selain itu, proses supervisi dari teknisi senior belum optimal sehingga kesalahan kecil tidak terdeteksi pada tahap inspeksi awal. Kondisi ini diperparah dengan beban kerja tinggi di area perawatan yang mengurangi waktu pengecekan detail hasil kerja sebelum pengujian (*functional test*).

- Faktor Method (Metode)

Dari sisi metode kerja, ditemukan bahwa beberapa dokumen *Work Order* (WO) belum sepenuhnya mengacu pada revisi terbaru *Component Maintenance Manual*. Beberapa instruksi dalam WO tidak mencantumkan tahapan detail, seperti pemeriksaan ulang (*re-verification*) setelah proses perakitan atau uji kebocoran tekanan (*pressure leakage test*). Kondisi ini menyebabkan teknisi melaksanakan pekerjaan hanya berdasarkan kebiasaan, bukan prosedur baku terbaru. Selain itu, belum adanya prosedur verifikasi ganda (*double check system*) sebelum pengujian akhir mengakibatkan potensi kesalahan tidak teridentifikasi pada tahap awal.

- Faktor Machine (Peralatan Uji)

Faktor mesin berkaitan dengan kondisi test bench atau alat uji yang digunakan. Meskipun peralatan telah melalui proses kalibrasi berkala, beberapa unit uji alternatif (*alternate test equipment*) mengalami penurunan akurasi akibat usia pemakaian dan

ANALISIS KEGAGALAN *CABIN RATE OF CLIMB INDICATOR* P/N WL501RC1 PADA BOEING 737-800 DI PT. GMF AEROASIA TBK.

penurunan sensitivitas sensor. Berdasarkan catatan Out of Tolerance Notification (OOTN), ditemukan deviasi kecil pada rentang tekanan rendah. Namun, dalam penelitian ini tidak dilakukan pengujian komparatif terhadap unit yang sama pada test bench yang berbeda. Oleh karena itu, kontribusi faktor peralatan terhadap munculnya housing leak berulang didasarkan pada temuan OOTN dan evaluasi kondisi peralatan, sehingga masih bersifat indikatif dan memerlukan verifikasi lebih lanjut melalui uji pembandingan antar test bench.

- Faktor Material (Bahan)

Kualitas material menjadi faktor penting yang memengaruhi terjadinya kebocoran housing. Berdasarkan data penggantian komponen, sebagian unit menggunakan repaired part karena keterbatasan stok OEM (*Original Equipment Manufacturer*). *Part repaired* memiliki tingkat ketahanan elastomer yang lebih rendah dibanding OEM. Namun, penelitian ini belum memiliki data kuantitatif seperti MTBF (*Mean Time Between Failures*) atau tingkat kegagalan langsung yang membandingkan OEM dan *repaired part*. Oleh karena itu, pengaruh material terhadap *housing leak* didasarkan pada evaluasi kondisi material dan catatan penggantian, sehingga masih bersifat indikatif dan perlu verifikasi lebih lanjut melalui analisis kuantitatif.

- Faktor *Environment* (Lingkungan)

Faktor lingkungan berhubungan dengan kondisi penyimpanan dan area kerja. Berdasarkan pengamatan di lapangan, area apron GMF memiliki tingkat paparan sinar matahari dan suhu tinggi yang signifikan, terutama pada pesawat yang tidak segera dipasang komponen setelah perawatan. Suhu ekstrem dan kelembapan tinggi mempercepat proses penuaan elastomer *O-ring* serta menyebabkan perubahan dimensi mikro pada permukaan *housing*. Kondisi ini berpotensi memperbesar *clearance* antarpermukaan saat perakitan dan mengakibatkan kebocoran udara pada saat pengujian tekanan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap data *unscheduled removal* Cabin Rate of Climb Indicator (P/N WL501RC1) pada pesawat Boeing 737-800 di PT. GMF AeroAsia Tbk

selama periode 2019–2024, dapat disimpulkan bahwa kategori kegagalan paling dominan adalah *housing leak*, dengan jumlah 29 kasus atau 46% dari total 63 insiden kerusakan. Temuan ini menunjukkan bahwa *housing leak* merupakan titik kritis utama dalam performa komponen tersebut. Analisis akar penyebab menggunakan Fishbone Diagram mengidentifikasi bahwa kegagalan bersifat multifaktorial dan dipengaruhi oleh lima faktor utama, yaitu Man, Method, Machine, Material, dan Environment. Dari sisi manusia, kegagalan dipicu oleh keterbatasan pengalaman teknisi baru serta kurangnya pemahaman prosedur pemasangan O-ring sesuai CMM. Dari sisi metode, Work Order belum secara rinci mengadopsi data teknis krusial seperti toleransi *fit and clearance*.

Dari sisi mesin, ditemukan indikasi penurunan akurasi alat ukur meskipun masih dalam masa kalibrasi. Dari sisi material, penggunaan komponen berstatus *repaired* meningkatkan risiko kegagalan akibat potensi penurunan kualitas internal. Sementara itu, faktor lingkungan berupa paparan suhu tinggi akibat penyimpanan pesawat di apron terbuka dalam waktu lama berkontribusi terhadap penurunan elastisitas O-ring yang memicu kebocoran pada housing. Berdasarkan hasil Root Cause Analysis (RCA), tindakan korektif prioritas yang direkomendasikan adalah pelaksanaan pelatihan teknis spesifik terkait prosedur pemasangan O-ring sesuai CMM serta revisi dan standarisasi Work Order agar secara eksplisit mencantumkan parameter teknis kritis seperti toleransi *fit and clearance*. Selain itu, diperlukan penguatan kontrol terhadap alat uji, kebijakan pengadaan material, serta prosedur penyimpanan pesawat guna meningkatkan keandalan komponen secara berkelanjutan dan meminimalkan kegagalan serupa di masa mendatang.

Mengacu pada hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan agar penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut oleh peneliti selanjutnya melalui analisis yang lebih mendalam, khususnya dalam aspek keandalan dan perbandingan industri. Analisis keandalan (*reliability analysis*) secara kuantitatif perlu dilakukan untuk menghitung nilai keandalan komponen secara lebih akurat sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih pasti mengenai siklus hidup komponen dan menjadi dasar dalam mengoptimalkan jadwal pemeliharaan preventif. Selain itu, studi komparatif dengan membandingkan pola kegagalan komponen ini terhadap data dari operator atau MRO lain di luar negeri juga direkomendasikan untuk mengetahui apakah akar permasalahan yang ditemukan bersifat spesifik di Indonesia atau merupakan isu global dalam industri penerbangan. Dengan penerapan langkah-langkah tersebut, diharapkan tingkat kegagalan

Cabin Rate of Climb Indicator (P/N WL501RC1) dapat ditekan secara signifikan, keandalan sistem *pressurization* meningkat, serta keselamatan dan efisiensi operasional pesawat Boeing 737-800 di PT. GMF AeroAsia Tbk dapat terjaga secara berkelanjutan.

DAFTAR REFERENSI

- Bailey, L., & F. (2014). The Origin and Success of Qualitative Research. *International Journal of Market Research*, 56(2), 167–184.
- Boeing Company. (2017). *SDS Chapter 21* (Boeing Proprietary (ed.)).
- Cho, J.-N. K. & J.-E. (2021). Emergency Drug Usage During Flight and Airline Safety Management for Passengers. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 84(13), 529–535. <https://doi.org/10.1080/15287394.2021.1895013>
- FAA. (2018). *aviation maintenance technician hand book- airframe volume 2*.
- Galar, M. G. D. S. D. (2016). Effects of Condition-Based Maintenance on Costs Caused by Unscheduled Maintenance of Aircraft. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 22(4), 394–417. <https://doi.org/10.1108/JQME-12-2015-0062>
- GE Aviation Ltd, U. . (2017). *CMM Cabin Rate of CLimb Indicator Chapter 21* (p. T-1). GE Aviation.
- Hossen, J., Ahmad, N., & Ali, S. M. (2017). An Application of Pareto Analysis and Cause-and-Effect Diagram (CED) to Examine Stoppage Losses: A Textile Case From Bangladesh. *The Journal of Textile Institute*, 108(11), 2013–2020. <https://doi.org/10.1080/00405000.2017.1308786>
- Irwanto, M. S., & Tamami, N. (2020). Sistem kerja dan troubleshoot cabin pressurization control system pada pesawat boeing 737-800. *Journal Science Dan Technology*, 2(1), 52–76.
- Kirana, U. T., Alhilman, J., & Sutrisno. (2016). Perencanaan Kebijakan Perawatan Mesin Corazza Ff100 Pada Line 3 PT. XYZ Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II. *Jurnal Rekayasa Sistem Dan Industri*, 3(1), 47–53.
- Lakburlawal, J. E. (2024). *Aspek Pidana Pelaksanaan Tugas Pemandu Lalu Linta*.
- Mohammad Alkiayat. (2021). A Practical Guide to Creating a Pareto Chart as a Quality Improvement Tool. *Global Journal on Quality and Safety in Healthcare*, 4(2), 83–84. <https://doi.org/10.36401/JQSH-21-X1>.
- Mora, M. (2012). Literature Review on Aircraft Maintenance Program. *Jurnal Penelitian*

Perhubungan Udara, 38(4), 356–372.

- Mwita, K. (2022). Strengths and Weaknesses of Qualitative Research in Social Science Studies. *International Journal of Research in Business and Social Science*, 11(6), 618–625. <https://doi.org/10.20525/ijrbs.v11i6.1920>
- Perhubungan, D. (2024). Aircraft Maintenance, Cara Pesawat Agar Bisa Berfungsi Dengan Baik Padahal Jam Terbangnya Padat. *PPID Perhubungan*.
- Sarashvati, M. S., Alhilman, J., & Nopendri. (2017). Optimalisasi Kebijakan Perawatan Menggunakan Metode RCM (Reliability Centred Maintenance) dan Perencanaan Pengelolaan Suku Cadang Menggunakan Rcs (Reliability Centred Spares) pada Continuous Casting Machine 3 Slab Steel Plant di Pt Krakatau Steel (Persero. *E-Proceeding of Engineering*, 4(2), 2916–2923.
- Talib, M. syazwan ab, & Chin, T. A. (2015). Critical Success Factors of Supply Chain Management: A Literature Survey and Pareto Analysis. *Euromed Journal of Business*, 1–38. <https://doi.org/10.1108/EMJB-09-2014-0028>
- Tantri, S. F., Eltivia, N., & Djajanto, L. (2024). Application of Fishbone Diagram Inusing Root Cause Analysis (RCA) Fordevelopingof Revenue and Expenditure System in Manufacturing Company. *International Journal of Economy, Education, and Entrepreneurship*, 4(1), 21–28. <https://doi.org/10.53067/ije3.v4i1>