

ANALISIS KEGAGALAN *SURGE CONTROL VALVE* PADA APU MODEL GTCP331-350 PESAWAT AIRBUS A330 *SERIES* DI PT. GMF AEROASIA TBK

Raffy Arrasyfazra Prayogo¹, Wahyu Cakra Nugraha^{2*}, Aldela Ayu Titi Nurhawani³

^{1,2,3} Politeknik Penerbangan Indonesia Curug; Jl. Raya PLP Curug, Serdang Wetan, Kec. Legok, Kabupaten Tangerang, Banten 15820; telp (021) 5982204

Keywords:

Airbus A330.
APU.
Diagram Pareto.
Surge Control Valve.

Correspondent Email:

wahyucakra@ppicurug.ac.id

Abstrak. *Surge Control Valve* (SCV) pada APU GTCP331-350 pesawat Airbus A330 berperan krusial dalam mencegah lonjakan tekanan, khususnya pada penerbangan ETOPS. Penelitian ini menganalisis 52 kasus kegagalan SCV di PT GMF AeroAsia Tbk (2023–2024) untuk mengidentifikasi akar masalah dan solusi. Metode penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif berbasis *Root Cause Analysis* (RCA), Diagram Pareto, dan Fishbone. Hasil analisis menunjukkan kerusakan valve body sebagai penyebab utama (44,23%). Akar permasalahan meliputi keterbatasan akses taildock, ketidakpatuhan prosedur manual (AMM), isu kalibrasi alat, ketersediaan suku cadang, dan ketiadaan instruksi inspeksi visual pada *Maintenance Planning Document* (MPD). Penelitian merekomendasikan perbaikan manajemen fasilitas, peningkatan pengawasan teknisi, kontrol alat, serta penerbitan *Engineering Order* (EO) untuk merevisi prosedur perawatan. Implementasi solusi ini penting untuk mencegah kerusakan berulang, menjamin keandalan armada, meminimalisir status AOG, serta meningkatkan efisiensi operasional perusahaan.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. *The Surge Control Valve (SCV) on the Airbus A330 aircraft's GTCP331-350 APU plays a crucial role in preventing pressure surges, especially on ETOPS flights. This study analyzes 52 cases of SCV failure at PT GMF AeroAsia Tbk (2023–2024) to identify root causes and solutions. The research method used a descriptive qualitative approach based on Root Cause Analysis (RCA), Pareto Diagrams, and Fishbone Diagrams. The analysis results show that valve body damage is the main cause (44.23%). The root causes include limited taildock access, non-compliance with manual procedures (AMM), tool calibration issues, spare parts availability, and the absence of visual inspection instructions in the Maintenance Planning Document (MPD). The study recommends improvements in facility management, increased technician supervision, tool control, and the issuance of an Engineering Order (EO) to revise maintenance procedures. The implementation of these solutions is important to prevent recurring damage, ensure fleet reliability, minimize AOG status, and improve the company's operational efficiency.*

1. PENDAHULUAN

Transportasi udara menuntut standar keselamatan dan keamanan yang sangat tinggi, di mana setiap pesawat udara wajib memenuhi persyaratan kelaikudaraan sesuai dengan

Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 dan CASR Part 1 [1]. Kelaikudaraan ini harus dijaga secara berkelanjutan melalui perawatan rutin terhadap pesawat, mesin, dan seluruh komponennya sebagaimana diamanatkan dalam

Pasal 46 ayat 1, guna mempertahankan keandalan serta mencegah kerusakan yang dapat membahayakan operasi penerbangan. Pemenuhan standar ini mutlak diperlukan untuk memastikan pesawat selalu dalam kondisi aman, baik saat beroperasi di darat maupun di udara [2].

Salah satu sistem vital yang mendukung operasional pesawat adalah *Auxiliary Power Unit* (APU), khususnya model GTCP331-350 yang digunakan pada armada Airbus A330. APU berfungsi menyediakan daya listrik dan pneumatik, serta memegang peranan krusial dalam misi *Extended-range Twin-engine Operational Performance Standards* (ETOPS) yang mensyaratkan tingkat keandalan tinggi. Komponen kunci dalam sistem ini adalah *Surge Control Valve* (SCV), yang bertugas menjaga stabilitas tekanan kompresor dengan membuang udara berlebih untuk mencegah lonjakan tekanan. Kegagalan pada SCV dapat memicu *APU Autosutdown* yang berpotensi menyebabkan status *Aircraft on Ground* (AOG) jika tidak segera ditangani sesuai batas waktu dalam *Minimum Equipment List* (MEL) [3].

Kendati memiliki peran vital, data operasional di PT GMF AeroAsia Tbk menunjukkan adanya isu reliabilitas yang signifikan pada komponen SCV. Selama periode 2023–2024, tercatat sebanyak 52 kasus kegagalan SCV yang meliputi *APU Shutdown*, *APU Fault*, dan *APU Bleed Fault* berdasarkan laporan pilot (*Pirep*) dan teknisi (*Marep*) [4]. Tingginya frekuensi kejadian ini mengindikasikan bahwa kerusakan SCV telah menjadi masalah berulang (*repetitive problem*) yang memerlukan investigasi mendalam untuk mencegah kerugian operasional dan menjaga kesiapan armada [5].

Merespons permasalahan tersebut, penulis melakukan penelitian berjudul “Analisis Kegagalan Surge Control Valve pada APU Model GTCP331-350 Pesawat Airbus A330 Series di PT GMF AeroAsia Tbk”. Penelitian ini menerapkan pendekatan analisis berjenjang yang dimulai dengan Diagram Pareto untuk mengidentifikasi mode kegagalan paling dominan [6], dilanjutkan dengan *Root Cause Analysis* menggunakan Diagram Fishbone dan *5 Why Analysis* untuk menggali akar penyebab masalah secara mendalam [7]. Selanjutnya, perumusan langkah perbaikan disusun

menggunakan metode 5W+1H agar solusi yang dihasilkan bersifat sistematis dan aplikatif.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor penyebab dominan serta akar permasalahan dari kegagalan SCV, sehingga dapat dirumuskan rekomendasi mitigasi yang efektif [8]. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat praktis bagi PT GMF AeroAsia Tbk sebagai referensi dalam meningkatkan kualitas perawatan, mencegah terjadinya masalah berulang, serta mendukung efisiensi dan keandalan operasional armada Airbus A330 dalam jangka panjang [9].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Auxiliary Power Unit (APU) tipe GTCP331-350 merupakan komponen vital pada pesawat Airbus A330 yang berfungsi menyediakan tenaga listrik dan pneumatik, baik di darat maupun udara, serta mendukung operasional ETOPS. Dalam sistem ini, Surge Control Valve (SCV) memegang peranan kunci untuk menjaga stabilitas tekanan pada *load compressor* dengan membuang udara berlebih melalui mekanisme *butterfly valve* yang diatur oleh *Electronic Control Box* (ECB) [10]. Keandalan SCV sangat krusial karena kegagalannya dapat memicu *auto shutdown*, yang jika tidak ditangani dalam batas waktu 10 hari sesuai kategori C pada dokumen *Minimum Equipment List* (MEL), akan menyebabkan pesawat berstatus *Aircraft on Ground* (AOG) dan mengganggu operasional maskapai.

Untuk menanggulangi permasalahan tersebut, diperlukan manajemen perawatan yang didukung oleh analisis kegagalan sistematis menggunakan beberapa metode pengendalian mutu. Diagram Pareto digunakan sebagai langkah awal untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan mode kegagalan yang paling dominan berdasarkan frekuensi kejadian [11]. Analisis akar masalah kemudian diperdalam menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) melalui pendekatan Diagram Fishbone untuk memetakan faktor penyebab (manusia, metode, material, mesin, lingkungan) dan metode *5 Why* untuk menggali inti permasalahan secara berulang [12]. Terakhir, formulasi solusi perbaikan disusun menggunakan metode 5W+1H (*What, Where, When, Why, Who, How*) guna menghasilkan

rekomendasi tindakan korektif yang terstruktur dan komprehensif.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode kualitatif deskriptif [13], untuk mendalami fenomena kegagalan sistem melalui observasi, wawancara, dan *Forum Group Discussion* (FGD). Proses analisis data dilakukan secara bertahap, diawali dengan Diagram Pareto untuk memprioritaskan mode kegagalan dominan, kemudian diperdalam menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) melalui pendekatan Diagram Fishbone dan *5 Why* untuk menemukan akar penyebab masalah. Berdasarkan hasil analisis tersebut, formulasi solusi perbaikan disusun secara sistematis menggunakan metode 5W+1H guna meminimalisir kegagalan dan meningkatkan efisiensi operasional.

3.2. Objek, Waktu, dan Tempat Penelitian

Penelitian ini berfokus pada analisis kegagalan komponen *Surge Control Valve* (SCV) pada *Auxiliary Power Unit* (APU) pesawat Airbus A330 series, yang tercatat mengalami 52 kasus kegagalan berulang selama periode 2023–2024 berdasarkan data unit *engineering base maintenance* Hanggar 3. Penelitian dilaksanakan selama delapan bulan, mulai November 2024 hingga Juli 2025, bertempat di PT GMF AeroAsia, Bandara Internasional Soekarno Hatta, Tangerang, Banten. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada kesesuaian tempat pelaksanaan *On Job Training* (OJT) penulis serta kapasitas PT GMF AeroAsia sebagai MRO terbesar di Indonesia yang memiliki fasilitas perawatan komprehensif dan sistem manajemen data perawatan yang mumpuni untuk mendukung analisis mendalam terkait akar masalah dan formulasi solusi perbaikan.

3.3. Metode Pengumpulan Data

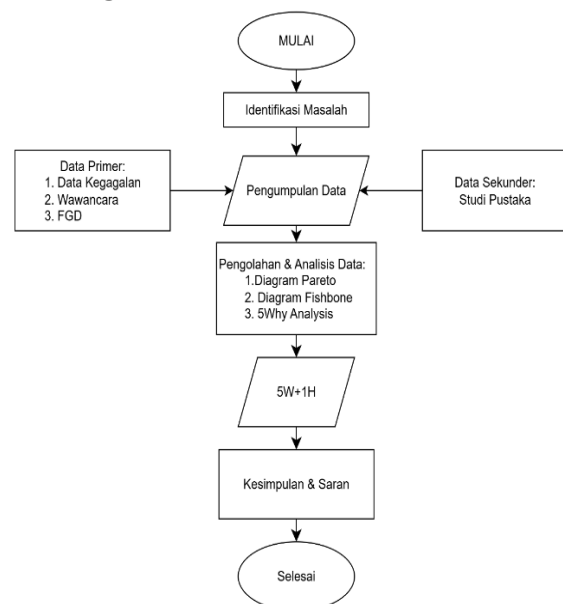
Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan komprehensif yang meliputi studi pustaka, dokumentasi, wawancara, dan *Forum Group Discussion* (FGD). Tahap awal melibatkan studi literatur dan dokumentasi dengan menelaah referensi teknis (AMM, CMM, IPC, MEL) serta data

historis *engineering* terkait kegagalan SCV pada APU GTCP331-350 periode 2023–2024 di PT GMF AeroAsia sebagai basis data utama. Selanjutnya, wawancara mendalam dilaksanakan pada 18 Juli 2025 dengan lima *engineer* berkualifikasi A330 secara *hybrid* (tatap muka dan daring) guna memperoleh perspektif ahli untuk analisis diagram *Fishbone*. Proses ini diakhiri dengan pelaksanaan FGD menggunakan pendekatan *single focus group* pada 25 Juli 2025 di ruang SAMSAT Hangar 3 yang melibatkan tiga narasumber, bertujuan untuk mendalami hasil wawancara, menyusun analisis *5 Why*, serta merumuskan langkah solusi perbaikan menggunakan metode 5W+1H.

3.4. Metode Pengolahan dan Analisis Data

Proses pengolahan data diawali dengan penetapan prioritas masalah menggunakan Diagram Pareto, yang kemudian ditindaklanjuti dengan pengumpulan data kualitatif melalui wawancara dan FGD. Data tersebut dianalisis menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA) melalui instrumen *Fishbone Diagram* dan *5 Why Analysis* secara bertahap bersama narasumber, guna mengidentifikasi akar penyebab kegagalan komponen SCV pada APU GTCP331-350 di PT GMF AeroAsia Tbk sebagai dasar perumusan solusi.

3.5. Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir

Proses penelitian pada Gambar.1 diawali dengan pengumpulan data primer dan sekunder, meliputi data kegagalan, wawancara, FGD, serta studi literatur. Tahap analisis dimulai dengan penggunaan Diagram Pareto untuk menentukan masalah dominan, diikuti wawancara guna menyusun Diagram Fishbone. Analisis kemudian diperdalam melalui FGD untuk menyelaraskan informasi dan menerapkan metode *5 Why* serta formulasi solusi *5W+1H*, sebelum diakhiri dengan penarikan kesimpulan dan saran.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Objek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT GMF AeroAsia Tbk, perusahaan MRO yang menangani perawatan armada Garuda Indonesia, dengan fokus utama pada analisis kegagalan komponen *Surge Control Valve* (SCV) APU model GTCP331-350 pada pesawat Airbus A330 Series berdasarkan data periode 2023–2024. Mengacu pada dokumen *Maintenance Program* (MP), proses analisis dilakukan secara bertahap diawali dengan penggunaan Diagram Pareto untuk menentukan prioritas masalah berdasarkan frekuensi kejadian tertinggi, kemudian diperdalam melalui Diagram Fishbone dan *5 Why Analysis* untuk menggali akar penyebab, serta diakhiri dengan perumusan usulan perbaikan menggunakan metode *5W+1H* guna

menghasilkan simpulan dan solusi yang komprehensif.

4.2. Analisis Diagram Pareto

Analisis Diagram Pareto dilakukan berdasarkan data kegagalan *Surge Control Valve* (SCV) pada APU GTCP331-350 pesawat Airbus A330 Series periode 2023–2024 yang diperoleh dari *records engineering* TBW Hanggar 3. Tercatat sebanyak 52 kejadian kegagalan yang bersumber dari laporan pilot (*pilot report/PIREP*) dan teknisi (*maintenance report/MAREP*), yang kemudian dikelompokkan menjadi empat kategori utama untuk menyederhanakan proses analisis. Data tersebut selanjutnya diolah sebagaimana tertera pada Tabel 1 dengan menghitung persentase kejadian dan persentase kumulatif guna mengidentifikasi dominasi kontribusi setiap penyebab terhadap kegagalan sistem secara keseluruhan.

Penerapan *Root Cause Analysis* (RCA) difokuskan untuk menelusuri akar masalah *valve body damaged* yang teridentifikasi sebagai penyebab dominan melalui Diagram Pareto. Proses analisis mendalam ini melibatkan teknisi dan *engineer* bersertifikat Airbus A330 melalui wawancara terhadap lima narasumber serta FGD dengan tiga narasumber, yang pelaksanaannya mengacu pada panduan pertanyaan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Penyebab kegagalan SCV pada APU Model GTCP331-350

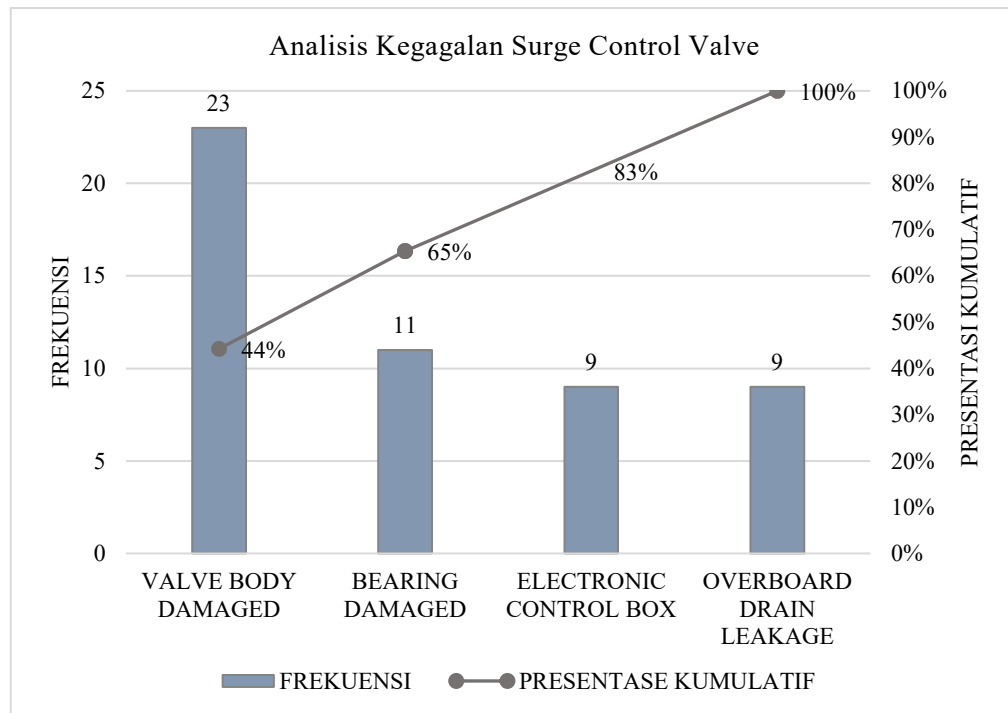
NO	NAMA KEGAGALAN	FREKUENSI	PERSENTASE	PERSENTASE KUMULATIF
1	<i>VALVE BODY DAMAGED</i>	23	44,23%	44,23%
2	<i>BEARING DAMAGED</i>	11	21,15%	65,38%
3	<i>ELECTRONIC CONTROL BOX</i>	9	17.31%	82.69%
4	<i>OVERBOARD DRAIN LEAKAGE</i>	9	17.31%	100%
Total		52	100%	

Tahap selanjutnya adalah pembuatan Diagram Pareto untuk mengidentifikasi dan memvisualisasikan faktor dominan penyebab

kegagalan SCV pada APU GTCP331-350 pesawat Airbus A330 Series. Dengan mengurutkan penyebab berdasarkan frekuensi

kejadian, metode ini memetakan kontribusi setiap kategori sehingga prioritas analisis dapat

difokuskan pada masalah yang paling signifikan untuk diteliti lebih lanjut [14].



Gambar 2. Diagram Pareto

Interpretasi Diagram Pareto Gambar 2 menyajikan representasi grafis Diagram Pareto mengenai distribusi penyebab kegagalan SCV pada APU GTCP331-350, di mana sumbu horizontal menampilkan kategori penyebab sedangkan sumbu vertikal menunjukkan frekuensi kejadian serta persentase kumulatifnya. Data disusun secara menurun dari frekuensi tertinggi ke terendah untuk memvisualisasikan kontribusi setiap penyebab secara jelas. Berdasarkan analisis visual tersebut, teridentifikasi bahwa "VALVE BODY DAMAGED" merupakan mode kegagalan paling dominan yang memberikan kontribusi

terbesar, yakni 44,23% dari total kasus selama periode pengamatan.

4.3. Penerapan Root Cause Analysis

Penerapan Root Cause Analysis (RCA) difokuskan untuk menelusuri akar masalah valve body damaged yang teridentifikasi sebagai penyebab dominan melalui Diagram Pareto. Proses analisis mendalam ini melibatkan teknisi dan engineer bersertifikat Airbus A330 melalui wawancara terhadap lima narasumber serta FGD dengan tiga narasumber, yang pelaksanaannya mengacu pada panduan pertanyaan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Butir Wawancara

NO	INDIKATOR	BUTIR PERTANYAAN WAWANCARA
1	Man	Bagaimana manusia (<i>man</i>) dapat menjadi faktor penyebab <i>valve body damaged</i> pada <i>surge control valve</i> APU pesawat Airbus A330?
		Apa tindakan yang perlu dilakukan untuk meminimalisir kejadian berkenaan dengan teknisi yang mengakibatkan <i>valve body damaged</i> pada <i>surge control valve</i> APU pesawat Airbus A330?
2	Method	Bagaimana faktor <i>method</i> dapat menyebabkan terjadinya <i>valve body damaged</i> pada <i>surge control valve</i> APU pesawat Airbus A330?
		Bagaimana langkah yang dilakukan untuk meminimalisir terjadinya <i>valve body damaged</i> pada <i>surge control valve</i> APU pesawat Airbus A330?

NO	INDIKATOR	BUTIR PERTANYAAN WAWANCARA
3	Machine	Bagaimana <i>machine/tools</i> yang digunakan dapat menjadi salah satu penyebab terjadinya <i>valve body damaged</i> pada <i>surge control valve</i> APU pesawat Airbus 330?
		Dalam kondisi seperti apa <i>tools</i> dapat menyebabkan <i>valve body damaged</i> pada <i>surge control valve</i> APU pesawat Airbus A330?
		Apa tindakan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir kesalahan <i>machine/tools</i> yang menyebabkan <i>valve body damaged</i> pada <i>surge control valve</i> APU pesawat Airbus A330?
4	Material	Bagaimana keterkaitan faktor material menjadi salah satu faktor terjadinya <i>valve body damaged</i> pada <i>surge control valve</i> APU pesawat Airbus A330?
		Saran tindakan apa yang baik dilakukan untuk meminimalisir kegagalan <i>valve body damaged</i> pada <i>surge control valve</i> APU pesawat Airbus A330?
5	Environment	Bagaimana lingkungan dapat menjadi faktor yang menyebabkan terjadinya <i>valve body damaged</i> pada <i>surge control valve</i> APU pesawat Airbus 330?
		Tindakan apa yang dapat dilakukan untuk meminimalisir terjadinya <i>valve body damaged</i> pada <i>surge control valve</i> APU pesawat Airbus A330?

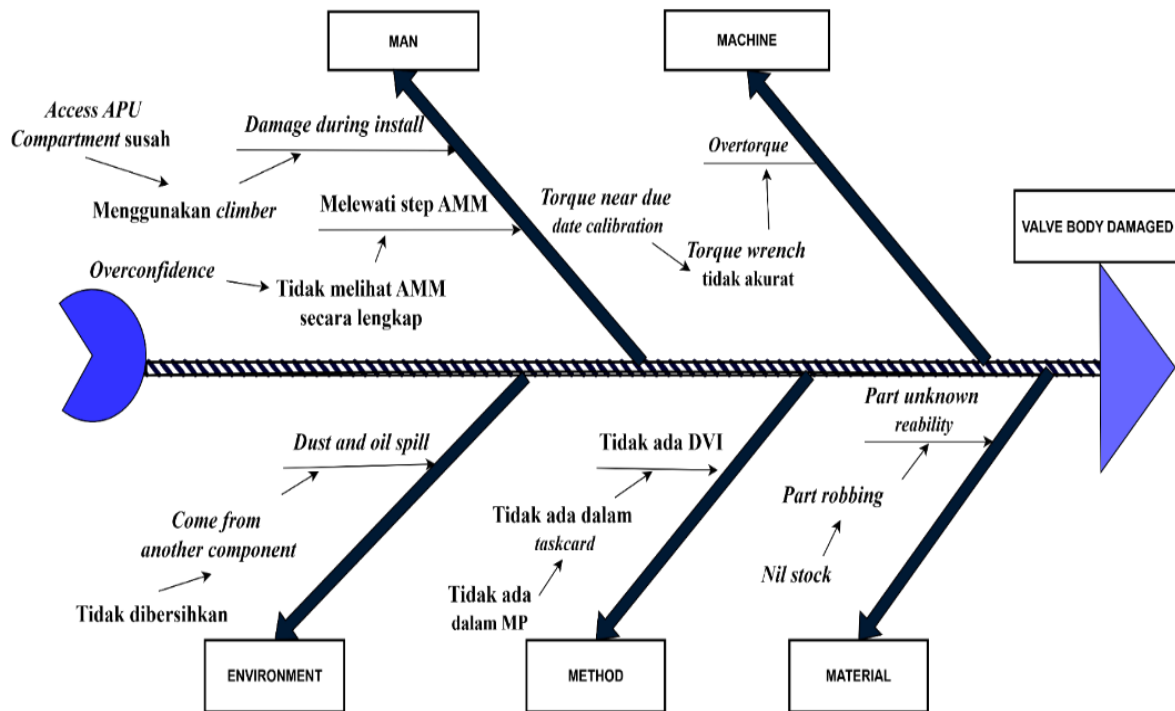
Analisis Akar Masalah Data hasil wawancara dan FGD diolah secara bertahap menggunakan metode Root Cause Analysis (RCA), dimulai dengan Diagram Fishbone untuk memetakan faktor kontributor kerusakan *valve body*. Analisis kemudian diperdalam melalui metode 5 Why guna mengeksplorasi setiap faktor tersebut secara spesifik hingga ditemukan akar penyebab masalah yang sesungguhnya.

4.3.1. Fishbone Analysis

Penyusunan Diagram Fishbone Diagram Fishbone pada Tabel 2 disusun berdasarkan hasil wawancara dengan lima teknisi PT GMF AeroAsia Tbk, yang rekapitulasinya disajikan dalam Tabel 3 untuk memudahkan pemahaman. Melalui proses reduksi data manual, informasi dari narasumber dianalisis guna mengidentifikasi secara spesifik faktor-faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya *valve body damage*.

Tabel 3. Rekapitulasi Wawancara Narasumber

Faktor	N 1	N 2	N 3	N 4	N 5
Man	<i>Overconfidence</i> , tidak membaca AMM secara lengkap sehingga langkah terlewat.	Teknisi tergesa-gesa, akses APU sempit dan tinggi, komponen bisa terbentur/jatuh.	Teknisi gegabah saat pemasangan di area tinggi; sering bekerja malam hari dengan pencahayaan terbatas.	Teknisi terburu-buru saat <i>installation</i> di area tinggi, sering dilakukan malam hari dengan pencahayaan kurang.	Personel sering melewati step AMM saat <i>perform</i> , menimbulkan COPQ.
Machine	<i>Torque wrench</i> tidak akurat/ <i>expired</i> , menyebabkan <i>overtorque</i> .	<i>Tools</i> tidak terkalibrasi; kurang kontrol terhadap kondisi <i>tools</i> .	<i>Torque wrench</i> tidak akurat; <i>tools</i> tidak dikalibrasi.	<i>Torque wrench</i> tidak akurat; <i>overtorque</i> karena melewati masa kalibrasi.	<i>Torque wrench</i> tidak presisi; minim pemantauan masa kalibrasi.
Material	Stok kosong (<i>Nil Stock</i>), terpaksa <i>robbing</i> dari pesawat lain.	<i>Nil stock</i> memaksa <i>robbing</i> ; keandalan <i>part</i> tidak jelas.	<i>Part robbing</i> karena stok kosong; reliabilitas <i>part</i> tidak jelas.	<i>Part</i> dengan reliabilitas tidak diketahui digunakan.	Tidak ada stok, teknisi melakukan <i>robbing part</i> dari unit lain.
Method	Tidak ada instruksi <i>visual check</i> , padahal penting untuk preventif.	DVI tidak tercantum di <i>taskcard</i> ; perlu EO agar bisa dilakukan.	Tidak ada pengecekan awal untuk mendeteksi kegagalan.	Tidak ada instruksi DVI, kerusakan tidak terdeteksi dini.	Inspeksi visual penting tapi tidak ada di <i>taskcard</i> ; harus diajukan lewat EO.
Environment	Material asing tidak dibersihkan, mengganggu identifikasi kegagalan.	Oli bercampur debu di area SCV, kerusakan kecil tidak terdeteksi.	Debu dan oli tidak dibersihkan saat pemeriksaan, menutupi kegagalan.	Komponen kotor, tidak dibersihkan sehingga kegagalan sulit diidentifikasi.	Lingkungan kerja terkontaminasi, kerusakan menjadi tidak terlihat jelas.
Keterangan : N = Narasumber					



Gambar 3. Diagram Fishbone

Analisis Faktor Penyebab (Fishbone Diagram) Analisis penyebab *valve body damaged* dipetakan ke dalam lima kategori utama *man*, *machine*, *material*, *method*, dan *environment*. Pada faktor *man*, kerusakan dipicu oleh kesalahan saat instalasi akibat aksesibilitas area yang sulit serta kelalaian prosedur karena tidak mengacu pada *Aircraft Maintenance Manual* (AMM) secara menyeluruh [15]. Faktor *machine* teridentifikasi pada kasus *overtorque* yang disebabkan oleh penurunan akurasi *torque wrench* menjelang batas kalibrasi, sedangkan faktor *material* terkendala oleh penggunaan komponen hasil *part robbing* dengan reliabilitas yang belum teruji (*unknown reliability*) akibat kekosongan stok. Lebih lanjut, faktor *method* menyoroti ketiadaan prosedur *Detailed Visual Inspection* (DVI) pada *task card* karena absennya instruksi dalam *Maintenance Program* (MP). Terakhir, faktor *environment* memperburuk kondisi melalui akumulasi debu dan residu oli (*oil spill*) yang

tidak dibersihkan, sehingga menghambat deteksi visual terhadap kerusakan fisik pada komponen SCV.

4.3.2. 5 Why Analysis

5 Why Analysis Analisis akar permasalahan diawali dengan penyusunan Diagram Fishbone yang kemudian diperdalam menggunakan metode 5 Why melalui pelaksanaan *Focus Group Discussion* (FGD) guna memperoleh pendalaman yang komprehensif. Informasi yang diperoleh dari FGD. selanjutnya direduksi secara manual dan disusun dalam bentuk rekapitulasi untuk mempermudah pemahaman alur penelitian. Berdasarkan rangkaian analisis tersebut, teridentifikasi sumber permasalahan *valve body damaged* pada SCV APU Model GTCP331-350 yang diklasifikasikan ke dalam lima faktor utama, yaitu *man*, *machine*, *method*, *material*, dan *environment*, di mana rekapitulasi lengkap hasil analisis disajikan pada bagian berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil FGD

Faktor (5M)	Permasalahan	Usulan Tindakan
Man	➤ Instalasi menggunakan <i>climber</i> karena akses APU sempit dan tidak ada <i>taildock</i> karena tidak ada slot, menyebabkan komponen terbentur/jatuh. ➤ Teknisi melewati step AMM akibat <i>overconfidence</i> dan minim pengawasan supervisor karena menganggap tidak termasuk "critical task".	➤ Perencanaan penggunaan <i>taildock</i> melalui penjadwalan hanggar yang tepat. ➤ Melaksanakan <i>safety briefing</i> rutin agar teknisi disiplin mengikuti AMM.
Machine	➤ <i>Overtorque</i> akibat <i>torque wrench</i> tidak akurat. ➤ Alat sudah mendekati batas kalibrasi, <i>tool control list</i> tidak diperbarui karena keterbatasan personel.	➤ Menerapkan <i>tool control calibrating system</i>. ➤ <i>Head of Tool Store</i> memastikan peralatan dalam kondisi <i>serviceable</i> sebelum digunakan
Material	➤ <i>Part robbing</i> karena <i>Nil Stock</i>. Reliabilitas <i>part</i> tidak jelas akibat tingginya permintaan karena kerusakan SCV.	➤ Melakukan <i>forecasting</i> kebutuhan <i>part</i> oleh <i>project leader</i> sebelum perawatan. ➤ Menjamin stok <i>part</i> memadai untuk mencegah penggunaan komponen tidak terverifikasi.
Method	➤ Tidak ada DVI karena tidak tercantum dalam task card, MP, maupun MPD.	➤ <i>Engineering</i> mengajukan <i>Engineering Order (EO)</i> agar DVI dapat dilaksanakan sebagai tindakan preventif.

Tabel 5. Analisis 5 Why

Faktor	No	Why	Why	Why	Why	Why
Man	1.1	<i>Damage during install</i>	Menggunakan <i>climber</i>	<i>Access APU compartment</i> susah	Tidak ada <i>Tail dock</i>	Tidak dapat slot
	1.2	Melewati Step AMM	Tidak membuka/melihat AMM secara lengkap	Merasa sudah hafal (<i>Overconfidence</i>)	Pengawasan supervisor terbatas	Dianggap tidak termasuk "critical task"
Machine	2.1	Merusak <i>flange/surface (Overtorque)</i>	<i>Torque Wrench</i> tidak akurat	<i>Tools near due date calibration</i>	<i>Tool control list</i> tidak diupdate	Personil <i>tools store</i> terbatas
Material	3.1	<i>Part unknown reability</i>	<i>Part Robbing</i>	<i>NIL Stock</i>	Permintaan <i>part</i> tinggi	Kerusakan SCV tinggi
Method	4.1	Tidak Ada DVI	Tidak ada dalam <i>taskcard</i>	Tidak ada dalam MP	Tidak ada dalam <i>Maintenance Planning Data</i>	Manufaktur tidak membuat MPD
Environment	5.1	<i>Dust and oil spill</i>	<i>Come from another component</i>	Tidak dibersihkan	Tidak ada <i>task card</i>	Tidak ada dalam <i>Maintenance Program</i>

Analisis Faktor Penyebab (5 Why Analysis) Analisis mendalam melalui metode 5 *Why* mengungkapkan bahwa kegagalan *valve body damaged* merupakan akumulasi dari lima faktor yang saling berkaitan, dengan faktor *Man* memegang peranan paling signifikan. Keterbatasan akses kerja yang hanya menggunakan *climber* tanpa *tail dock* membatasi ruang gerak teknisi dan memicu risiko benturan saat instalasi, kondisi ini diperburuk oleh sikap *overconfidence* yang menyebabkan pengabaian prosedur AMM serta kurangnya pengawasan supervisor karena pekerjaan tidak dikategorikan sebagai *critical task*. Pada faktor *Machine*, risiko kerusakan fisik meningkat akibat penggunaan *torque wrench* dengan akurasi rendah (*near due date calibration*) karena lemahnya kontrol di *tools store*, sementara faktor *Material* terkendala oleh penggunaan komponen *part robbing* berstatus *unknown reliability* akibat ketiadaan stok. Kelemahan sistemik terlihat pada faktor *Method* dan *Environment*, di mana absennya instruksi manufaktur dalam *Maintenance*

Planning Document (MPD) menyebabkan tidak tercantumnya prosedur *Detailed Visual Inspection* (DVI) dan pembersihan residu oli/debu pada *task card*, sehingga kerusakan fisik tertutup kotoran dan luput dari deteksi. Secara keseluruhan, analisis ini menegaskan bahwa meskipun terdapat kelemahan sistem dan alat, aspek manusia khususnya terkait ketelitian, penanganan fisik, dan kepatuhan prosedur menjadi determinan utama yang paling dominan dalam memicu kegagalan komponen.

4.4. Usulan Perbaikan

Pada tahap ini dihasilkan rekomendasi perbaikan yang dirumuskan sebagai solusi untuk menekan potensi kegagalan SCV pada APU GTCP331-350. Rekomendasi tersebut diperoleh dari hasil FGD yang terdokumentasi pada **Error! Reference source not found.** Selanjutnya, rekomendasi disusun secara sistematis dengan pendekatan metode 5W+1H dan ditampilkan pada Tabel.6.

Tabel 6. 5W+1H

Faktor	No	What	Why	How	Who	When	Where
<i>Man</i>	1.1	<i>Damaged during install</i>	Tidak ada <i>Tail Dock</i>	<i>Slot Availability</i>	<i>Planner</i>	Sebelum pesawat masuk	Hanggar 3
	1.2	Melewati step di AMM	<i>Overconfidence</i>	Melakukan <i>safety Briefing</i>	Manager	Sebelum bekerja	Hanggar 3
<i>Machine</i>	2.1	<i>Overtorque</i>	<i>Tools near due date calibration</i>	Membuat <i>tool control calibrating system</i>	<i>Head of toolstore</i>	Sebelum project dimulai <i>all tools must be serviceable</i>	<i>Tools store Hanggar 3</i>
<i>Material</i>	3.1	<i>Part unknown reability</i>	NIL Stock	Melakukan <i>Forecasting</i>	<i>Project Owner/leader</i>	Sebelum Perawatan Dimulai.	Hanggar 3
<i>Method</i>	4.1	Tidak ada DVI	Tidak ada dalam MP	Membuat <i>Engineering Order (EO)</i>	<i>Engineering.</i>	Sebelum Perawatan Dimulai.	Hanggar 3
<i>Environment</i>	5.1	<i>Dust and oil spill</i>	Tidak dibersihkan	Membuat <i>Engineering Order (EO)</i>	<i>Engineering</i>	Sebelum Perawatan Dimulai.	Hanggar 3

Tabel 6, terdapat beberapa usulan perbaikan yang dapat diterapkan untuk meminimalisir terjadinya *valve body damaged* pada SCV. Hal ini dijawabkan seperti dibawah ini:

Pada faktor *man*, upaya mitigasi difokuskan pada perbaikan aksesibilitas dan kedisiplinan prosedur. *Planner* di Hanggar 3 perlu menjamin ketersediaan slot penggunaan fasilitas *tail dock* sebelum pesawat masuk untuk memudahkan akses kerja. Selain itu, manajer wajib

melaksanakan *safety briefing* sebelum pekerjaan dimulai guna meminimalisir kelalaian akibat sikap *overconfidence*, sehingga teknisi tetap patuh menjalankan seluruh langkah prosedural sesuai standar operasional yang berlaku.

Terkait faktor *machine*, pencegahan risiko *overtorque* akibat alat ukur yang mendekati batas kalibrasi (*near due date*) dilakukan melalui penerapan *tools control calibrating system*. Sistem ini dikelola secara terpusat oleh *Head of Tool Store* Hanggar 3 yang bertanggung jawab memverifikasi status *serviceable* seluruh peralatan sebelum digunakan, guna menjamin akurasi alat serta mendukung kualitas dan keselamatan hasil kerja.

Dalam aspek *material*, solusi ditujukan untuk mengeliminasi praktik *part robbing* akibat kekosongan stok (*NIL stock*) yang berisiko terhadap reliabilitas komponen. Disarankan agar *Project Owner* atau *Project Leader* Hanggar 3 melakukan *forecasting* kebutuhan komponen secara komprehensif sebelum perawatan dimulai, guna memastikan ketersediaan suku cadang yang terverifikasi layak pakai tanpa harus mengambil dari unit pesawat lain.

Pada faktor *method*, ketiadaan instruksi *Detail Visual Inspection* (DVI) dalam *Maintenance Program* (MP) perlu ditindaklanjuti dengan inisiasi administratif. Pihak *Engineering* Hanggar 3 disarankan menyusun dan menerbitkan *Engineering Order* (EO) sebagai rekomendasi kepada manufaktur agar prosedur DVI ditambahkan ke dalam referensi perawatan mendatang, sehingga potensi kegagalan komponen dapat terdeteksi lebih dini.

Terakhir, pada faktor *environment*, masalah akumulasi debu dan residu oli yang mengaburkan inspeksi visual diatasi dengan formalisasi prosedur pembersihan. Pihak *Engineering* Hanggar 3 perlu mengusulkan *Engineering Order* (EO) kepada manufaktur agar instruksi pembersihan *APU compartment* dimasukkan secara resmi ke dalam *Maintenance Program* (MP) dan *task card*, memastikan area tersebut bersih agar kerusakan fisik komponen mudah diidentifikasi.

5. KESIMPULAN

- Berdasarkan analisis data kegagalan dalam dua tahun terakhir menggunakan metode diagram Pareto, ditemukan bahwa faktor dengan kontribusi dominan terhadap kegagalan SCV adalah kerusakan pada valve body, yang menyumbang sebesar 44,23% dari total kejadian.
- Akar permasalahan dari kegagalan tersebut meliputi beberapa faktor utama, antara lain keterbatasan slot di fasilitas taildock, sikap *overconfidence* dari teknisi dalam menjalankan prosedur, penggunaan alat yang mendekati batas waktu kalibrasi akibat keterbatasan personel di unit toolstore, serta tingginya permintaan suku cadang yang menyebabkan kondisi *nil stock*. Selain itu, tidak tercantumnya instruksi DVI maupun prosedur pembersihan pada dokumen MPD turut berkontribusi terhadap tidak terdeteksinya potensi kerusakan komponen.
- Untuk meminimalisir kegagalan pada SCV di pesawat Airbus A330 series, perusahaan dapat melakukan langkah solusi. Pertama, *planner* Hanggar 3 perlu memastikan ketersediaan slot taildock sebelum pesawat masuk dan pelaksanaan *safety briefing* oleh manajer. Kedua, sistem kontrol kalibrasi alat (*tools control calibrating system*) harus diterapkan dan dikoordinasikan oleh *Head of Tool Store*. Ketiga, *project owner* disarankan melakukan *forecasting* komponen secara menyeluruh. Terakhir, *Engineering* Hanggar 3 perlu mengajukan EO kepada pihak manufaktur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini. Apresiasi tertinggi disampaikan kepada manajemen PT. GMF AeroAsia Tbk, khususnya unit *Engineering Base Maintenance* Hanggar 3, yang telah memberikan izin penelitian serta akses terhadap data perawatan pesawat dan dokumen teknis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Izaaz, F. Ramadhan, K. A. Sudiarawan, U. Udayana, D. P. Klod, and K. Denpasar, "Keterlambatan Penerbangan Dalam Perspektif Keterlambatan Penerbangan Dalam Perspektif U Ndag- U Ndag No . 1 Tahun

- 2009,” vol. 3, no. 7, 2025.
- [2] A. J. Thoriq and M. Ilham, “Implementasi Perlindungan Hukum Bagi Penumpang yang Mengalami Pembatalan Penerbangan Secara Sepihak oleh Maskapai,” *J. Notarius*, vol. 2, no. 2, pp. 233–241, 2023.
- [3] A. Ginti Firdaus, “Analisis Penyebab APU Auto Shutdown pada Pesawat Airbus A 320,” *V-MAC (Virtual Mech. Eng. Artic.*, vol. 9, no. 2, pp. 46–55, 2024, doi: 10.36526/v-mac.v9i2.4256.
- [4] A. Admin, E. Sofyan, and F. Setiawan, “Perancangan Aktivitas Maintenance Dengan Metode Reliability Pada Sistem Auxiliary Power Unit (Apu) Pesawat Boeing 737-500 Studi Kasus Di Pt. Mmf Surabaya,” *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 7, no. 2, pp. 174–183, 2021, doi: 10.56521/teknika.v7i2.318.
- [5] 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.
- [6] W. Aprilliaste and A. Ruhimat, “Penerapan Theory Of Constraints (TOC) Untuk Meningkatkan Kinerja Produksi Di Industri Manufaktur Lampu Led Application Of Theory Of Constraints (TOC) To Improve Production Performance In The Led Light Manufacturing Industry,” vol. 10, no. 2, pp. 123–132, 2025.
- [7] M. A. Sitompul, “Implementasi Metode Root Cause Analysis (RCA) untuk Mengendalikan Reject Produk NP Project di PT. XYZ,” *J. Manuf. Ind. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 83–92, 2024, doi: 10.30651/mine-tech.v3i2.24157.
- [8] A. Haryanto, G. R. Deksino, N. Ahmad, and N. Ilmi, “STRATEGI PENINGKATAN EFISIENSI BIAYA PERAWATAN AIRCRAFT TUG DI PT XYZ,” no. September, pp. 248–252, 2025.
- [9] R. Modaffa Wicumantra, H. Munandar, and R. Ari Widagdo, “Dampak Efisiensi Operasional, Pengalaman Pelanggan Dan Harga Bahan Bakar Pada Kinerja Maskapai Penerbangan Di Indonesia,” *Triwikrama J. Ilmu Sos.*, vol. 7, no. 7, pp. 1–11, 2025.
- [10] T. H. Suryatman and M. A. Putra, “Perbaikan Proses Delivery Dokumen Maintenance C-Check Pesawat dengan Metode CCFE, FMEA, dan PICA (Studi Kasus di PT. GMF Aeroasia Tbk.),” *J. Ind. Manuf.*, vol. 6, no. 2, p. 131, 2021, doi: 10.31000/jim.v6i2.5024.
- [11] F. Yang, M. Wang, Y. Liu, Z. Guo, and L. Yue, “Modelling and Transmission Characteristics Analysis of APU Pneumatic Servo System,” *Aerospace*, vol. 11, no. 11, 2024, doi: 10.3390/aerospace11110868.
- [12] N. Nurhafilah *et al.*, “Analisis Kegagalan Trim Air Valve P / N 1320a0000-02 Pesawat Airbus A330 Series Dengan Metode Fault Tree Analysis Dan Failure Mode And Effect Analysis,” vol. 4, no. 4, 2025.
- [13] A. K. Valerian, G. F. Nama, and R. A. Pradipta, “Penilaian Tata Kelola Teknologi Informasi Menggunakan Cobit 5 Subdomain Dss02 Manage Service Requests and Incidents (Studi Kasus : Pt Bank Mandiri Lampung),” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4302.
- [14] I. Lukito, A. Pambekti, C. S. Budiono, R. Kurniawan, A. Prakoso, and F. Mizan, “Analisis Kegagalan Fungsi Traffic Alert and Collision Avoidance System Boeing 737-800 Next Garuda Indonesia dan Identifikasi Penyebab Kegagalan Dengan Metode Fault Tree,” *Conf. Senat. STT Adisutjipto Yogyakarta*, vol. 7, pp. 27–32, 2022, doi: 10.28989/senatik.v7i0.459.
- [15] B. Lehman, “Caught at the Gate : Human Factors Issues in Aircraft Maintenance Operations Have Changed in the Last 30 Years,” pp. 162–167, 2025.