

ANALISIS KEGAGALAN TRIM AIR VALVE P/N 1320A0000-02 PESAWAT AIRBUS A330 SERIES DENGAN METODE FAULT TREE ANALYSIS DAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS DI PT GMF AEROASIA

Nida Nurhafilah¹, Djoko Herwanto², Benny Kurnianto³, Muchammad Furqon⁴,
Ego Widoro⁵, Kusnarto Usodo⁶, Nursania⁷

¹Indonesian Aviation Polytechnic; ²Indonesian Aviation Polytechnic; ³Indonesian Aviation Polytechnic; ⁴National Air And Space Power Center Of Indonesia
¹nidanurhafilah@gmail.com; ²djoko.herwanto58@gmail.com;
³benny.kurnianto@ppicurug.ac.id; ⁴muchammadfurqon10@gmail.com;
^{5,6,7}ikeo.santai@gmail.com;

ABSTRAK — Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kegagalan komponen *Trim Air Valve* (TAV) pada pesawat Airbus A330 dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Data penelitian diperoleh dari sumber sekunder berupa *Aircraft Maintenance Manual* (AMM), *Component Maintenance Manual* (CMM), *Shop Report*, serta data *engineering* dari PT GMF AeroAsia dengan total 57 kasus kegagalan pada 14 registrasi pesawat. Analisis FTA mengidentifikasi akar masalah yang meliputi tidak adanya pemeliharaan pada *Maintenance Planning Document* (MPD), ketiadaan task card, kondisi iklim tropis Indonesia, kesalahan prosedur perawatan, kurangnya kepatuhan teknisi, serta area kerja yang tidak bersih. Penelitian ini merekomendasikan tindakan perbaikan berupa penambahan prosedur pada MPD atau task card, peningkatan disiplin kerja teknisi, serta penyesuaian prosedur pemeliharaan sesuai kondisi operasional tropis. Hasil penelitian untuk secara proaktif mencegah kegagalan dengan menganalisis "mode kegagalan" (cara sesuatu gagal), "dampaknya" (konsekuensi kegagalan), dan "penyebabnya", serta memprioritaskan tindakan perbaikan berdasarkan tingkat risiko dan diharapkan dapat memberikan kontribusi pada peningkatan keandalan sistem, keselamatan penerbangan, serta efisiensi program pemeliharaan terhadap komponen *Trim Air Valve* (TAV) pada pesawat Airbus A330.

Kata kunci: *Trim Air Valve, Airbus A330, FMEA, FTA, Internal Leakage.*

ABSTRAK — This study aims to analyze the failure of the *Trim Air Valve* (TAV) component on an Airbus A330 aircraft using the *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) and *Fault Tree Analysis* (FTA) methods. Research data were obtained from secondary sources in the form of *Aircraft Maintenance Manual* (AMM), *Component Maintenance Manual* (CMM), *Shop Report*, and engineering data from PT GMF AeroAsia with a total of 57 failure cases in 14 aircraft registrations. The FTA analysis identified the root causes which include the absence of maintenance in the *Maintenance Planning Document* (MPD), the absence of task cards, Indonesia's tropical climate conditions, maintenance procedure errors, lack of technician compliance, and unclean work areas. This study recommends corrective actions in the form of adding procedures to the MPD or task cards, improving technician work discipline, and adjusting maintenance procedures to suit tropical operational conditions. The research findings aim to proactively prevent failures by analyzing the "failure mode" (how something fails), its "impact" (the consequences of the failure), and its "cause," as well as prioritizing corrective actions based on risk level. These findings are expected to contribute to improving system reliability, flight safety, and the efficiency of maintenance programs for the *Trim Air Valve* (TAV) component on the Airbus A330.

Keywords: *Trim Air Valve, Airbus A330, FMEA, FTA, Internal Leakage.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah membawa perubahan signifikan dalam bidang transportasi udara, menjadikan pesawat sebagai moda transportasi yang efisien untuk penumpang dan barang (Sofiani & Frinaldi, 2023). (Yardla & Subijanto, 2016). Seiring dengan meningkatnya permintaan layanan penerbangan, maskapai dituntut untuk menjaga keamanan, keselamatan, kenyamanan, sekaligus efisiensi operasional (Syafei dkk., 2022). Kenyamanan kabin merupakan faktor krusial dalam penerbangan, mencakup suhu, kelembapan, kualitas udara, hingga tingkat kebisingan. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengaturan suhu dan kelembapan yang stabil sangat memengaruhi kenyamanan penumpang, dengan suhu ideal 22–27°C dan kelembapan relatif 10–20% (Finahari & Soebiyakto, 2022; Yudha dkk., 2021). Kondisi ini dijaga oleh sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC), di mana *Trim Air Valve* (TAV) berperan penting dalam pengaturan suhu kabin. TAV bekerja dengan mekanisme *butterfly-type valve* untuk mengalirkan udara panas dari mesin atau *Auxiliary Power Unit* (APU) dan mencampurnya dengan udara dingin dari sistem pendingin, sehingga memungkinkan pengaturan suhu berbeda di tiap zona kabin. Pada Airbus A330, terdapat tujuh TAV yang diatur dalam *Minimum Equipment List* (MEL) dengan kode 21-43-01B, menegaskan bahwa komponen ini memiliki peran vital dalam operasional pesawat (GMF Indonesia, 2024). Namun, data engineering PT GMF AeroAsia menunjukkan adanya 57 kasus kegagalan TAV periode 2020–2024, termasuk indikasi *stuck close* yang menyebabkan *unscheduled removal*. Sesuai MEL, jika TAV tidak *serviceable*, pesawat hanya dapat beroperasi maksimal 10 hari sebelum perbaikan wajib dilakukan (GMF Indonesia, 2024). Hal ini menegaskan urgensi analisis teknis untuk mencegah gangguan berulang. Beberapa studi terdahulu telah menerapkan FMEA dalam analisis kegagalan komponen pesawat, misalnya pada *pressure regulating shut-off valve* (PRSOV)

Boeing 737-800 dengan temuan RPN tertinggi pada seal ring dan diaphragm, serta pada TAV yang dipengaruhi beban termal siklik (Marimuthu dkk., 2021). Meski demikian, sebagian besar penelitian masih terbatas pada satu metode analisis (FMEA atau FTA) dan belum menyoroti konteks spesifik TAV Airbus A330. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengombinasikan metode FMEA dan FTA untuk menganalisis kegagalan TAV pada Airbus A330. FMEA digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan dominan dan prioritas risikonya, sedangkan FTA menelusuri akar penyebab dengan pendekatan deduktif. Kombinasi kedua metode ini diharapkan memberikan gambaran lebih komprehensif guna mendukung penyusunan strategi pemeliharaan preventif yang efektif dan berorientasi pada peningkatan keselamatan serta efisiensi operasional.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Metode penelitian

Metode penelitian ini merupakan serangkaian langkah sistematis yang digunakan untuk merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi penelitian (Tirta Gema Kumara Haryanto dkk., 2024). Dalam studi ini digunakan pendekatan kualitatif dengan mengombinasikan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Kedua metode ini dipilih karena saling melengkapi: FMEA efektif untuk mengidentifikasi mode kegagalan serta menilai risikonya melalui Risk Priority Number (RPN), sedangkan FTA digunakan untuk menelusuri akar penyebab kegagalan secara hierarkis melalui logika AND/OR.

- *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA adalah pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan memprioritaskan potensi kegagalan pada produk atau proses, dengan tujuan mencegah kegagalan sebelum terjadi serta meningkatkan keandalan, keselamatan, dan kualitas (Lestari dkk., 2019). Analisis ini menggunakan tiga parameter utama: *Severity*

(S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D), yang dikombinasikan dalam perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN digunakan untuk menentukan mode kegagalan paling kritis yang harus diprioritaskan dalam tindakan perbaikan (Alijoyo dkk., 2020).

- *Fault Tree Analysis* (FTA). FTA merupakan metode analisis deduktif yang digunakan untuk menelusuri akar penyebab kegagalan sistem. Analisis dimulai dari penentuan peristiwa utama (top event), yang kemudian diuraikan ke dalam penyebab-penyebab dasar (*basic events*) melalui hubungan logika AND/OR yang digambarkan dalam bentuk fault tree diagram (Kurniawan dkk., 2022). Metode ini tidak hanya membantu mengidentifikasi faktor teknis, prosedural, maupun lingkungan yang berkontribusi terhadap kegagalan, tetapi juga memungkinkan perhitungan probabilitas terjadinya kegagalan.

2.2. Sumber dan Teknik Pengumpulan Data.

Data yang digunakan terdiri dari:

- Data Primer.
 - Kuesioner semi-terstruktur, diberikan kepada teknisi bersertifikasi Airbus A330 Series di PT. GMF AeroAsia. Kuesioner mencakup identifikasi mode kegagalan TAV, penilaian para meter FMEA (*Severity*, *Occurrence*, *Detection*) menggunakan skala Likert 1–10, serta masukan teknis terkait tindakan preventif. Jumlah responden mengacu pada rekomendasi (Bennett, 2017), yakni 4–6 orang agar diskusi efektif.
 - Wawancara mendalam (in-depth interview) dengan teknisi berpengalaman untuk menggali informasi teknis tentang mekanisme kerja TAV, pola kegagalan, serta kondisi operasional yang memengaruhi performa komponen. Pertanyaan disusun mengikuti struktur *fault tree* untuk menelusuri akar permasalahan.
- Data Sekunder
 - Dokumen resmi seperti *Aircraft Maintenance*

Manual (AMM), *Component Maintenance Manual* (CMM), *Training Manual*, serta jurnal terkait (Lestari dkk., 2019; Sugiyono, 2020).

- Data Engineering PT. GMF AeroAsia yang mencatat 57 kasus kegagalan TAV P/N1320A0000-02 pada 14 registrasi Airbus A330 selama periode 2020–2024.

2.3. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Unit TBW (Wide Body Aircraft Base Maintenance), Hangar 3 PT GMF AeroAsia, Tangerang, pada periode Januari–Juli 2025. Lokasi ini dipilih karena merupakan pusat perawatan pesawat Airbus A330, sehingga data yang diperoleh relevan dan sesuai dengan kondisi operasional aktual. Objek penelitian difokuskan pada Trim Air Valve (TAV) P/N 1320A0000-02, yang berdasarkan data engineering GMF tercatat mengalami 57 kasus kegagalan pada 14 registrasi pesawat Airbus A330 selama periode 2020–2024.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis beberapa hal sebagai berikut:

- Mengetahui faktor utama penyebab terjadinya kegagalan pada komponen Trim Air Valve (TAV) P/N 1320A0000-02 pada pesawat Airbus A330 Series di PT GMF AeroAsia Tbk.
- Mengidentifikasi akar permasalahan pada komponen Trim Air Valve (TAV) P/N 1320A0000-02 dengan menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA).

3.1 Tahapan Rancangan

Data yang dibutuhkan telah dikumpulkan, kemudian dilakukan pengolahan dan analisis menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). Tahapan rancangan penelitian disusun sebagai berikut:

- Identifikasi data kegagalan Trim Air Valve (TAV) P/N 1320A0000-02 berdasarkan shop report dan data engineering PT GMF AeroAsia, yang mencatat 57 kasus kegagalan pada 14 registrasi

Airbus A330 periode 2020–2024.

- Membuat tabel mode kegagalan dengan mengelompokkan jenis kerusakan TAV, misalnya internal leakage, stuck close, indicator failure, dan lainnya.
- Melakukan analisis FMEA, yaitu: Mengidentifikasi failure mode beserta efek dan penyebabnya, Memberikan skor pada parameter Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D), Menghitung nilai Risk Priority Number ($RPN = S \times O \times D$) untuk menentukan prioritas kegagalan.
- Menentukan mode kegagalan dominan, yaitu kegagalan dengan nilai RPN tertinggi (pada penelitian ini adalah internal leakage).
- Melakukan analisis FTA dengan menjadikan mode kegagalan dominan sebagai *top event*. Diagram pohon disusun menggunakan simbol logika AND/OR untuk menelusuri faktor penyebab mendasar (*basic events*).
- Melakukan analisis kualitatif dan kuantitatif terhadap diagram FTA, untuk mengidentifikasi akar masalah yang meliputi faktor teknis, prosedural, lingkungan, maupun human factor.
- Integrasi hasil FMEA dan FTA, yaitu menghubungkan nilai RPN dari FMEA dengan akar penyebab yang diperoleh dari FTA guna memperoleh gambaran menyeluruh mengenai kegagalan TAV.

3.2. Hasil Penelitian

Hasil penelitian mengenai analisis kegagalan *Trim Air Valve* (TAV) P/N 1320A 0000-02 pada pesawat Airbus A330 Series di PT GMF AeroAsia Tbk disajikan secara sistematis melalui beberapa tahapan berikut.

3.2.1. Data Kegagalan *Trim Air Valve*

Data historis kegagalan komponen TAV dihimpun dari bagian Engineering PT. GMF AeroAsia Tbk selama periode 2020–2024. Berdasarkan catatan maintenance logbook dan removal record, tercatat 57 kasus unscheduled removal.

No.	Tahun	Jumlah Kegagalan
1	2020	11
2	2021	7
3	2022	6
4	2023	10
5	2024	23
Total Kejadian		57

Frekuensi Kegagalan Trim Air Valve
Sumber : Data Engineering GMF Aeroasia (2025)

Dari tabel tersebut terlihat bahwa pada periode awal (2020–2022) jumlah kegagalan relatif rendah dan cenderung fluktuatif, namun mulai meningkat pada 2023 (10 kejadian) dan mencapai puncaknya di 2024 dengan 23 kasus kegagalan. Tren ini menunjukkan adanya pola penurunan performa keandalan komponen yang tidak tertangani dengan baik sehingga menimbulkan kecenderungan kegagalan berulang.

3.2.2. Klasifikasi Mode Kegagalan

Setiap kasus removal diklasifikasikan berdasarkan indikasi awal kerusakan dan hasil inspeksi teknis. Kategori mode kegagalan dapat dilihat pada Tabel IV.2 berikut:

No.	Mode Kegagalan	Jumlah Kejadian
1	Internal leakage	23
2	Microswitch defective	15
3	Stepper motor defective	12
4	Housing damaged	7
Total Kejadian		57

Mode Kegagalan Trim Air Valve
Sumber : Data Engineering GMF Aeroasia (2025)

Hasil klasifikasi memperlihatkan bahwa internal leakage merupakan mode kegagalan paling dominan (23 kasus) Hal ini mengindikasikan adanya masalah serius pada sistem seal dan distribusi udara di dalam valve. Mode kegagalan lainnya seperti microswitch defective (15 kasus) dan stepper motor defective (12 kasus) juga memiliki proporsi signifikan, karena keduanya berperan langsung pada mekanisme pengoperasian valve. Sementara itu, housing damaged (7 kasus) meski paling rendah, tetap perlu diperhatikan karena berpotensi menjadi faktor pendukung terjadinya kebocoran internal.

body valve (C1) akibat area kerja tidak dibersihkan (D1), yang dipicu karena tidak adanya task card spesifik pada MPD (E1/F1).

- B2 (*Seal deterioration*): Seal retak akibat tidak dilakukan pelumasan (C2/D2) atau seal terkontaminasi oleh debu saat instalasi (C3/D3).
- B3 (*Installation error*): O-ring terpasang miring (C4/D4) atau posisi valve bergeser karena tidak dilakukan pemeriksaan ulang (C5/D5).

3.3.2. Faktor non-teknis juga teridentifikasi, seperti sikap lalai teknisi (E4), kepatuhan prosedur berlebihan tanpa verifikasi (E5), serta kebersihan area kerja yang tidak terjaga (E3). Hasil FTA ini memperlihatkan bahwa internal leakage bukan hanya akibat faktor teknis seperti seal retak, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh faktor manusia (*human error*) dan *prosedural*, misalnya tidak adanya task card khusus pada MPD. Dengan konfigurasi gerbang logika OR, kegagalan dapat dipicu oleh satu saja faktor, sehingga risiko terjadinya internal leakage relatif tinggi jika tidak dilakukan mitigasi.

3.4. Interpretasi

3.4.1. analisis FMEA terhadap trim air valve (TAV) P/N 1320A0000-02 menunjukkan bahwa mode kegagalan dominan adalah internal leakage, dengan nilai RPN tertinggi dibandingkan mode kegagalan lain. Nilai RPN tinggi ini dipengaruhi oleh severity yang besar karena dapat mengganggu kestabilan suhu kabin dan memengaruhi kenyamanan penumpang, occurrence yang relatif sering muncul dalam catatan kerusakan, serta detection yang rendah akibat keterbatasan inspeksi visual.

3.4.2. Faktor penyumbang terbesar nilai RPN berasal dari kondisi seal yang mengalami degradasi (*seal deterioration*) serta kemungkinan adanya kesalahan pada saat instalasi (*installation error*). Hal ini menandakan bahwa perawatan preventif harus difokuskan pada prosedur perawatan seal serta validasi pemasangan komponen.

3.4.3. Analisis FTA memperkuat temuan FMEA dengan menelusuri akar penyebab internal leakage sebagai *top event*. Dari diagram FTA, terdapat tiga faktor utama yang memicu kegagalan, yaitu environment, seal deterioration, dan installation error. Konfigurasi gerbang OR menunjukkan bahwa cukup salah satu faktor ini terjadi untuk menyebabkan internal leakage.

3.4.4. Faktor *environment* dipengaruhi oleh kondisi tropis dan area kerja yang kurang bersih, yang memungkinkan debu masuk ke valve. *Seal deterioration* dipicu oleh retakan akibat umur pakai, tidak adanya pelumasan khusus, atau kontaminasi saat pemasangan. Sementara itu, installation error terjadi akibat kesalahan pemasangan O-ring, posisi valve yang tidak sejajar, serta kelalaian dalam melakukan pemeriksaan ulang.

3.4.5. Faktor manusia (*human error*) dan ketidaksesuaian prosedur juga teridentifikasi sebagai elemen penting, seperti tidak tersedianya task card yang mengacu pada MPD, sikap lalai teknisi, hingga kepatuhan prosedural tanpa verifikasi kondisi lapangan. Hal ini menunjukkan bahwa kegagalan TAV tidak hanya bersumber dari aspek teknis, tetapi juga aspek manajerial dan human factor. Dengan demikian, kombinasi hasil FMEA dan FTA mengindikasikan bahwa akar masalah internal leakage pada trim air valve bersifat multidimensi, melibatkan faktor teknis (seal dan instalasi), lingkungan (debu, iklim), serta manusia (kelalaian dan kepatuhan berlebihan). Rekomendasi utama yang muncul adalah perlunya peningkatan kebersihan area kerja, revisi task card yang lebih detail, penggunaan pelumasan khusus pada seal, serta peningkatan pelatihan teknisi untuk mengurangi human error dalam proses instalasi maupun inspeksi.

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

4.1 Kesimpulan

- Manfaat dan penerapan FMEA adalah

mencegah kegagalan dan membantu menyelesaikan masalah sejak dini terutama selama tahap pengembangan dengan menggunakan berbagai jenis penerapan metode *Failure Modes And Effect Analysis* (FMEA), metode *Fault Tree Analysis* (FTA) terhadap komponen Trim air valve P/N 1320A 0000-02 yang digunakan pada Pesawat Airbus 330 Series selama periode 2020 hingga 2024.

- Penyebab utama kegagalan pada komponen *Trim air valve* adalah *Internal leakage*. Hal ini ditunjukkan oleh dua indikator utama: jumlah kejadian tertinggi sebanyak 23 dari total 57 kasus kegagalan pada *Trim air valve*, serta skor *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dengan nilai 270. Sementara itu, *microswitch defective* memiliki 15 kasus kegagalan dengan RPN 180, dan *stepper motor defective* memiliki 12 kasus kegagalan dengan RPN 140. Nilai terendah ditempati oleh *housing damaged* dengan jumlah kegagalan 7 dan RPN 100. Informasi ini didasarkan pada hasil kuesioner yang diisi oleh lima responden teknisi bersertifikasi Airbus A330 Series di PT GMF Aeroasia Tbk, yang terlampir pada Lampiran M.
- Berdasarkan pada hasil FTA, akar permasalahan pada komponen Trim air valve terjadi karena Internal leakage melalui pendekatan *Fault Tree Analysis* (FTA). Oleh karena itu, terdapat tiga faktor utama yang berkontribusi terhadap kegagalan kompoen ini, yaitu:
 - Kelemahan dalam proses instalasi, dapat terjadi seperti kesalahan prosedur, langkah – langkah pemasangan yang tidak diikuti secara lengkap, seperti sikap kerja yang cenderung mengutamakan kepatuhan administrative (*compliance*) di bandingkan ketelitian teknis (*competence*).
 - Hal ini dapat diperburuk oleh kondisi area kerja yang kurang bersih, yang dapat memungkinkan terkontaminasinya debu dan partikel asing yang

dapat masuk kedalam kompoen Trim air valve saat dilakukannya pemasangan berlangsung. Dalam hal tersebut, akar penyebab kegagalan komponen *Trim air valve* tidak hanya berasal dari aspek teknis semata, tetapi juga melibatkan faktor doku mentasi, lingkungan dan sikap disiplin dan kebersihan dalam pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

4.2 Rekomendasi

- Hasil analisis kegagalan *Trim air valve* P/N 1320A0000-02 menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Dengan pertimbangan bagi PT GMF Aeroasia Tbk. Maupun pihak terkait, dalam upaya meningkatkan keandalan komponen *Trim air valve* dan meminimalkan potensi kegagalan.
- Penguatan prosedur pencegahan kegagalan berbasis akar masalah: Terkait seal deterioration, diperlukan evaluasi berkala terhadap usia pakai seal dan penyesuaian interval inspeksi serta overhaul. Ini akan memastikan penggantian seal dilakukan sebelum jadi penurunan kualitas yang signifikan. Untuk meminimalisasi installation error, dibutuhkan pelatihan ulang teknisi secara komprehensif, penyusunan checklist torsi yang detail. Dan penguatan oleh quality inspector guna memastikan kesesuaian prosedur terhadap *Aircraft Main tenance Manual* (AMM) dan standar kualitas instalasi.
- Optimalisasi sistem pemantauan dan pemeliharaan prediktif:
 - Penerapan pendekatan Condition Monitoring yang lebih aktif, seperti *real-time fault detection* berbasis sensor atau ECAM *alert review*, dapat secara signifikan membantu mendeteksi kegagalan sebelum dampaknya meluas atau menyebabkan unscheduled removal.
 - Rekomendasi untuk penelitian lan

jutan: Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan pendekatan kuantitatif. Hasil ini bertujuan untuk mengetahui komponen *Trim air valve* memiliki usia pakai yang berisiko kegagalan pada saat komponen ini beroperasi.

5. REFERENCES

- [1] Amelia, A., Rukmana, A. N., & Selamat. (2023). Usulan Perbaikan Kualitas Menggunakan *Statistical Quality Control* (SQC) dan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk Meminimasi Cacat Produk di Home Industry Indah Fashion. Bandung Conference Series: Industrial Engineering. Science, 3(2), 495–511.
- [2] Anastasya, A., & Yuamita, F. (2022). Pengendalian Kualitas Pada Produksi Air Minum Dalam Kemasan Botol 330 ml Menggunakan Metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) di PDAM Tirta Sembada. Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan, 1(1), 15–21. UPN Veteran Jatim Repository
- [3] A. Alijoyo, Q. B. Wijaya, dan I. Jacob, *Failure Mode Effect Analysis Analisis Modus Kegagalan dan Dampak*. Bandung: CRMS Indonesia, 2020.
- [4] Boeing Company (2017), *Companent Maintenance Manual Chaapter 21. Temperature Control Valve, Boing 737-600/700/800/900*
- [5] F. Nicolae, A. Cotorcea, M. Ristea, dan D. Atodiresei, *Human Reliability Using the Fault Tree Analysis. A Case Study of a Military Accident Investigation, International conference knowledge-based organization*, vol. 22, no. 1, hlm. 215–219, Jun 2016, doi: 10.1515/kbo-2016-0038.
- [6] Faiza, K. & Palaniappan, D.P.K., 2014. *Risk Assessment and Management in Supplychan*,14 (Global Journal Inc. (USA).
- [7] G.Indonesia, *A330 Minimum Equipment List*, 2024.
- [8] G. Tirta Gema Kumara Haryanto, D. Supardam, H. Prayitno, D. Hari Cahyo, dan A. Penerbang Indonesia Banyuwangi, *Analysis of seaplane accident risk factors based on media/enviroment in Teluk Pangpang water aerodome*, Jurnal Ilmiah Aviasi, vol. 17, no. 3, hlm. 125–135, Okt 2024, doi:10.54147/langitbiru.v17i03.
- [9] I. Syafei, L. Basri Said, dan adri, Analisis Persepsi Kepuasan Pengguna Transportasi Udara pada Bandar Udara Sultan Hasanuddin Kota Makassar, *Journal Flyover (JFO)*, vol. 2, no. 1, hlm. 21–28, 2022.
- [10] J. Ignac-Nowicka dan T. Krenický, *Fault Tree Analysis as a Tool to Increase the Level of Security in an Enterprise, Multi disciplinary Aspects of Production Engineering*, vol. 1, no. 1, hlm. 719–725, Sep 2018, doi: 10.2478/mape-2018-0091.
- [11] K. Marimuthu, K. Umanath, dan S. Jai Krishnan, *Investigating the conjugate heat transfer phenomena on various ducts for aircraft environmental control system*, *Mater Today Proc*, vol. 46, hlm. 3631–3638, Jan 2021, doi: 10.1016/J.MATPR.2021.01.651.
- [12] M. A., M. R. , & B. M. Bennett, *The Basic of FMEA*, 2 ed. New York: CRC Press, 2017. doi: 10.1201/b1665.
- [13] Najwa, N. F., Subriadi, A.P., Okfalisa, Saputra, E., & Furqon, M.A. (2021). The FMEA Traditional Modifications (FMEA Improvement) in IT Risk Assessment.

International Applied Business and Engineering Conference, 2798–4664.

- [14] N. Sofiani dan A. Frinaldi, Dampak Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terhadap budaya, *Menara ilmu*, vol. XVII, no. 2, hlm. 15–2, Jul 2023, doi: 10.31869/mi.v17i2.4577.
- [15] N. Finahari dan G. Soebiyakto, Ergonomi kokpit sebagai perbaikan lingkungan kerja Pilot, *SHYHAWK Jurnal Aviasi Indonesia*, vol. 2, no. 1, hlm. 1, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <http://ejournal.icpa-banyuwangi.ac.id/index.php/skyhawk>
- [16] N. Yu, Y. Zhang, M. Zhang, dan H. Li, *Thermal condition and air quality investigation in commercial airliner cabins, MPDI*, vol. 13, no. 13, hlm. 1–15, Jun 2021, doi: 10.3390/su13137047.
- [17] Qosim, A., & Nurdin, M. (2021). Quality Control and Its Impact on Product Defects in Indonesian Manufacturing. *Journal of Quality and Reliability Engineering*, 19(4), 301-315.
- [18] R. Kurniawan, A. Pambekti, A. Prakoso, C. S. Budiono, I. Lukito, dan A. Tel, analisis kerusakan APU fuel system pada pesawat B737-500 dengan *metode fault tree analysis*, dalam *prosi ding seminar nasional teknologi informasi dan kedirgantaraan: peran generasi Z dalam dunia kedirgantaraan*, Yogyakarta, Feb 2022, hlm. 21–26. doi: 10.28989/senatik.v7i1. 457.
- [19] Subriadi, A. P. & Najwa, N. F. (2020). *The Consistency Analysis of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) in Information Technology Risk Assessment. Heliyon*, 6, e03161.
- [20] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2020.
- [21] T. P. Lestari, S. T. Gamayanti, dan M.T.M.Sahal, *analysis keandalan sistem menggunakan metode gabungan failure modes and effect analysis (FMEA) dan fault tree analysis (FTA)*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2019.
- [22] Yardla dan Subijanto, *Analisa kerusakan ignition ex citer APU tipe TCN-1031 pada pesawat Boeing 737-300 PK-MBP, Indept*, vol. 6, no. 1, hlm. 40–47, Feb 2016.
- [23] Widiyanti, Tri dan Himma Firdaus. (2017), *Penilaian Resiko Instansi Pemerintah dengan Fuzzy- Failure Mode and Effect Analysis*. LIPI Press: Jakarta.Technology
- [24] Wells, A.T., & King, N. B. (2019). *Air Transportation: A Management Perspective*. Routledge.
- [25] Winandi, A., 2012. *Reliability Centered Maintenance Pada Pompa*, *Issue Universitas Indonesia*.