



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS KEANDALAN DAN *TROUBLESHOOTING*
TEMPERATURE CONTROL VALVE (TCV) P/N 398908-
3/-5/-6 PADA SISTEM AIR CONDITIONING (ATA 21)
PESAWAT *BOEING 737 NG/MAX***

LAPORAN TUGAS AKHIR

Disusun oleh :
Samuel Napitupulu
NIM. 2302311004

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS KEANDALAN DAN TROUBLESHOOTING
TEMPERATURE CONTROL VALVE (TCV) P/N 398908-3/-5/-6
PADA SISTEM AIR CONDITIONING (ATA 21)
PESAWAT BOEING 737 NG/MAX**

Disusun sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Disusun oleh :
Samuel Napitupulu
NIM. 2302311004

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS KEANDALAN DAN TROUBLESHOOTING
TEMPERATURE CONTROL VALVE (TCV) P/N 398908-3/-5/-6
PADA SISTEM AIR CONDITIONING (ATA 21)
PESAWAT BOEING 737 NG/MAX**

Oleh

Samuel Napitupulu

NIM: 2302311004

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir ini telah di setujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Rosidi, S.T., M.T
NIP 196509131990031001

Pembimbing 2

Andy Permana Rusdja, S. ST., M. T.
NIP 199302222024061001

KETUA PROGRAM STUDI
DIPLOMA III TEKNIK MESIN

Nabila Yudisha, S.T., M.T.
NIP. 199311302023212045



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
ANALISIS KEANDALAN DAN TROUBLESHOOTING
TEMPERATURE CONTROL VALVE (TCV) P/N 398908-3/-5/-6
PADA SISTEM AIR CONDITIONING (ATA 21)
PESAWAT BOEING 737 NG/MAX

Oleh

Samuel Napitupulu

NIM. 2302311004

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan
Penguji pada Tanggal 29 Juli 2026 dan diterima sebagi persyaratan untuk
memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi Diploma Teknik Mesin,

Jurusan Teknik Mesin

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dhiya Luqyana, S. Tr. T., M. T.	Dosen Penguji 1		31-07/ 2026
2	Ifa Saidatuningtyas, S.Si., M. T.	Dosen Penguji 2		31/07 2026
3	Ir Rosidi, S. T., M. T	Dosen Penguji 3/Moderator		31/07 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.
NIP. 197602252000121002



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Samuel Napitupulu

Nim : 2302311004

Program Studi : Diploma DIII Teknik Mesin

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir telah saya kutip dan rujuk sesuai dengan etika ilmiah

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Depok, 29 Juli 2026



Samuel Napitupulu



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Temperature Control Valve (TCV) P/N 398908-3/-5 merupakan komponen utama sistem *Air Conditioning* (ATA 21) pesawat Boeing 737 NG/MAX yang menjadi penyebab terbesar *Schedule Interruption* dan pembengkakan biaya perawatan (*MLOC*) di PT GMF AeroAsia, dengan *defect rate* TCV -3 sebesar 38% dan TCV -5 sebesar 33% sepanjang tahun 2019. Penelitian ini bertujuan menganalisis penyebab utama kegagalan TCV, mengidentifikasi *failure mode* dominan, dan merumuskan rekomendasi perbaikan yang komprehensif. Metode yang digunakan adalah deskriptif-analitis terhadap data sekunder dari GMF ELMO *Reliability Meeting* (2020) dan Boeing *Fleet Team Meeting* (2022), diolah melalui analisis statistik deskriptif, diagram Pareto, dan *Root Cause Analysis* menggunakan fishbone diagram serta metode 5-Why. Hasil analisis mengidentifikasi dua *failure mode* dominan berdasarkan data PFTC NVM, yaitu AC motor *fault* akibat intermittency koneksi *pin/socket* dan *simultaneous limit switch fault* akibat kontaminasi *switch contact*, dengan 60% penggantian tergolong *No Cause for Removal* dan 20% *No Fault Found* yang mengindikasikan kelemahan prosedur *troubleshooting* FIM. Penelitian menyimpulkan bahwa kegagalan TCV bersumber dari faktor desain dan proses *assembly*, sehingga direkomendasikan *upgrade* ke TCV P/N 398908-6, pengembangan *Position Switch Test*, revisi prosedur FIM, dan inspeksi berkala guna menurunkan laju penggantian serta biaya operasional perawatan.

Kata Kunci: *Temperature Control Valve*, TCV, ATA 21, *Air Conditioning*, Boeing 737 NG/MAX, *Component Reliability*, *Schedule Interruption*, *Limit Switch*, PFTC, GMF AeroAsia.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

The Temperature Control Valve (TCV) P/N 398908-3/-5 is a primary Air Conditioning system (ATA 21) component on Boeing 737 NG/MAX aircraft and has been the leading cause of Schedule Interruptions and high Maintenance Lifecycle Operating Costs (MLOC) at PT GMF AeroAsia, with a 2019 defect rate of 38% for TCV -3 and 33% for TCV -5. This study analyzes the causes of TCV failure, identifies the dominant failure modes, and formulates corrective recommendations. A descriptive-analytical method was applied to secondary data from the GMF ELMO Reliability Meeting (2020) and Boeing Fleet Team Meeting (2022), processed through descriptive statistics, Pareto diagrams, and Root Cause Analysis using fishbone diagrams and the 5-Why method. The analysis identified two dominant failure modes confirmed by PFTC NVM data: AC motor faults from pin/socket connection intermittency, and simultaneous limit switch faults from switch contact contamination, with 60% of removals classified as No Cause for Removal and 20% as No Fault Found, indicating weaknesses in the FIM troubleshooting procedure. TCV failures stem from design and assembly-process factors; recommended actions include upgrading to TCV P/N 398908-6, developing a Position Switch Test, revising FIM procedures, and periodic inspections to reduce removal rates and maintenance costs.

Keywords: *Temperature Control Valve, TCV, ATA 21, Air Conditioning, Boeing 737 NG/MAX, Component Reliability, Schedule Interruption, Limit Switch, PFTC, GMF AeroAsia.*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATAPENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yesus, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir yang berjudul “*ANALISIS KEANDALAN DAN TROUBLESHOOTING (TCV) P/N 398908-3/-5/-6 PADA SISTEM AIR CONDITIONING (ATA 21) PESAWAT BOEING 737 NG/MAX*”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Diploma III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, penulis mendapat banyak kendala dan hambatan, namun karena dukungan dan arahan dari semua pihak setiap kendala dan hambatan dapat teratasi dengan mudah, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

1. (Filipi 4:13)“Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang memberi kekuatan kepadaku.” Puji dan syukur yang mendalam penulis persembahkan ke hadirat Tuhan Yesus Kristus, karena atas kasih, rahmat, dan penyertaan-Nya yang begitu luar biasa, penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta dan dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini
3. Ibu Nabila Yudisha, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan bantuan dalam mengarahkan dalam pelaksanaan tugas akhir ini
4. Bapak Rosidi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan motivasi untuk penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini
5. Bapak Andy Permana Rusdja, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini
6. Ibu dan Kakak yang selalu merawat saya tanpa sosok ayah dari saya kecil



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

hingga sekarang. Yang selalu memberikan doa ataupun materil kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

7. Teman teman M23, yang telah memberikan semangat dan support selama perjalanan saya di Politeknik Negeri Jakarta.
8. Dan terakhir untuk diri penulis, ingin mengucapkan terima kasih kepada satu sosok yang telah bertahan dan tetap melangkah hingga sampai di titik ini, meskipun penuh ragu, lelah, dan keinginan untuk menyerah. Sejak kecil hidup dalam keadaan sederhana oleh ibu dan kakak tanpa sosok ayah. Tumbuh dalam keterbatasan mengajarkan betapa pentingnya sebuah pendidikan untuk menaikan ekonomi keluarga. Perjalanan kuliah pun tidak mudah. Keterbatasan biaya sempat menimbulkan keraguan, namun dengan tekad, penulis berusaha membantu orang tua dan akhirnya mendapatkan beasiswa demi melanjutkan Pendidikan. Tugas Akhir ini mungkin jauh dari sempurna, tetapi merupakan hasil dari perjalanan panjang yang penuh perjuangan, dan pengorbanan.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Jakarta, 29 Juli 2026

Samuel Napitupulu
NIM 2302311004



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
ANALISIS KEANDALAN DAN TROUBLESHOOTING TEMPERATURE CONTROL VALVE (TCV) P/N 398908-3/-5/-6 PADA SISTEM AIR CONDITIONING (ATA 21).....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	10
DAFTAR TABEL.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR GAMBAR.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR SINGKATAN	Error! Bookmark not defined.
BAB I.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Pendahuluan.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.4 Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.5 Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.6 Metode Penulisan Laporan Tugas Akhir.....	Error! Bookmark not defined.
1.7 Sistematika Penulisan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB II.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Sistem Air Conditioning ATA 21 pada Boeing 737 NG/MAX... Error!	Bookmark not defined.
2.1.1 Deskripsi Umum Sistem.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Prinsip Kerja Sistem Pengendalian Temperatur.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.3 Interaksi Bleed Air Source dan Pack Valve terhadap Kinerja TCVC.....	Error! Bookmark not defined.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Bookmark not defined.

2.1.4 Sistem Pneumatik dan Distribusi Bleed Air pada Boeing 737 NG/MAX
..... **Error! Bookmark not defined.**

2.1.5 Sistem Perbandingan Konfigurasi ATA 21 pada Varian 737 NG dan 737
MAX **Error! Bookmark not defined.**

2.2 *Temperature Control Valve (TCV)* **Error! Bookmark not defined.**

2.2.1 Fungsi dan Spesifikasi **Error! Bookmark not defined.**

2.2.2 Komponen Internal TCV **Error! Bookmark not defined.**

2.2.3 Prinsip Kerja Aktuator dan Limit Switch TCV **Error! Bookmark not defined.**

2.2.4 Material dan Toleransi Manufaktur Komponen TCV **Error! Bookmark not defined.**

2.2.5 Dampak Kegagalan TCV terhadap Kinerja Sistem Secara Keseluruhan
..... **Error! Bookmark not defined.**

2.3 *Sistem Kontrol Temperatur Kabin* **Error! Bookmark not defined.**

2.3.1 Pack Zone Temperature Controller (PZTC) **Error! Bookmark not defined.**

2.3.2 Indikasi Kegagalan Sistem (Zone Temp Light) **Error! Bookmark not defined.**

2.4 *Konsep Reliability dalam Perawatan Pesawat* **Error! Bookmark not defined.**

2.4.1 Definisi dan Parameter Keandalan **Error! Bookmark not defined.**

2.4.2 Schedule Interruption (SI) dan Dampaknya **Error! Bookmark not defined.**

2.4.3 Kurva Bathtub dan Pola Laju Kegagalan Komponen **Error! Bookmark not defined.**

2.4.4 Biaya Ketidakandalan (Cost of Unreliability) **Error! Bookmark not defined.**

2.5 *Parameter dan Formulasi Perhitungan Keandalan* **Error! Bookmark not defined.**

2.5.1 Defect Rate **Error! Bookmark not defined.**

2.5.2 Time Since Installation dan Mean Time Between Unscheduled Removal



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

..... **Error! Bookmark not defined.**

2.5.3 Persentase Kumulatif (Analisis Pareto)**Error! Bookmark not defined.**

2.5.4 Mean Time Between Failure (MTBF) dan Laju Kegagalan **Error! Bookmark not defined.**

2.5.5 Keterkaitan Antar-Parameter Keandalan dalam Penelitian ... **Error! Bookmark not defined.**

2.6 Metode Analisis Root Cause Kegagalan Komponen*Error! Bookmark not defined.*

2.6.1 Diagram Pareto (Prinsip 80/20).... **Error! Bookmark not defined.**

2.6.1 Fishbone (Ishikawa) Diagram **Error! Bookmark not defined.**

2.6.2 Metode 5-Why..... **Error! Bookmark not defined.**

2.6.3 Reliability-Centered Maintenance (RCM)**Error! Bookmark not defined.**

2.6.4 Fault Tree Analysis (FTA) **Error! Bookmark not defined.**

2.6.5 Integrasi Metode Root Cause Analysis dalam Penelitian..... **Error! Bookmark not defined.**

2.7 Pola Kegagalan Komponen dan Perawatan Berbasis Keandalan*Error! Bookmark not defined.*

2.7.1 Pola Kegagalan Komponen **Error! Bookmark not defined.**

2.7.3 Prinsip Maintenance Steering Group-3 (MSG-3)**Error! Bookmark not defined.**

2.7.4 Jenis-Jenis Task Perawatan Terjadwal dalam Kerangka.....**Error! Bookmark not defined.**

2.8 Kerangka Regulasi dan Keselamatan Kelaikudaraan*Error! Bookmark not defined.*

2.8.1 Civil Aviation Safety Regulation (CASR) Part 43**Error! Bookmark not defined.**

2.8.2 ICAO Annex 6..... **Error! Bookmark not defined.**

2.8.3 SAE ARP4761 dan Proses Penilaian Keselamatan**Error! Bookmark not defined.**

2.8.4 Persyaratan Organisasi Perawatan dan Continuing Airworthiness.**Error! Bookmark not defined.**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.9 Metode Troubleshooting dan FIM Error! Bookmark not defined.

2.9.1 Hierarki Dokumen Perawatan: Hubungan AMM, FIM, dan CMM **Error! Bookmark not defined.**

2.9.2 Faktor Manusia dalam Proses Troubleshooting **Error! Bookmark not defined.**

2.9.3 Perkembangan Revisi FIM Terkait Penanganan TCV **Error! Bookmark not defined.**

2.9.4 Keterbatasan Data Sekunder dan Mitigasinya **Error! Bookmark not defined.**

2.10 Penelitian Terdahulu..... Error! Bookmark not defined.

2.11 Kerangka Pemikiran Penelitian..... Error! Bookmark not defined.

BAB III..... Error! Bookmark not defined.

3.1 Metode Penelitian Error! Bookmark not defined.

3.2 Alur Penelitian..... Error! Bookmark not defined.

3.3 Sumber dan Teknik Pengumpulan Data..... Error! Bookmark not defined.

3.3.1 Sumber Data Primer **Error! Bookmark not defined.**

3.3.2 Sumber Data Sekunder..... **Error! Bookmark not defined.**

3.3.3 Teknik Pengumpulan Data **Error! Bookmark not defined.**

3.4 Instrumen Penelitian Teknik Analisa Data..... Error! Bookmark not defined.

BAB IV Error! Bookmark not defined.

HASIL DAN PEMBAHASAN..... Error! Bookmark not defined.

4.1 Data Keandalan Komponen ATA 21 GMF..... Error! Bookmark not defined.

4.1.1 Gambaran Umum Data Penggantian Komponen **Error! Bookmark not defined.**

4.1.2 Top Cost Driver Komponen ATA 21 **Error! Bookmark not defined.**

4.2 Analisis Kegagalan TCV P/N 398908-3/-5..... Error! Bookmark not defined.

4.2.1 Data Pencabutan TCV P/N 398908-3 **Error! Bookmark not defined.**

4.2.2 Data Pencabutan TCV P/N 398908-5 **Error! Bookmark not defined.**

4.2.3 Analisis Issue dan Background..... **Error! Bookmark not defined.**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2.4 Diagram Pareto Prioritas Masalah Kegagalan TCVErr! Bookmark not defined.

4.3 Root Cause Analysis (RCA) Kegagalan TCVErr! Bookmark not defined.

4.3.1 Klasifikasi Dua Kelompok Masalah pada Kegagalan TCVErr! Bookmark not defined.

4.3.2 Erosi Ring Set dan Kegagalan Fisik Butterfly PlateErr! Bookmark not defined.

4.3.3 Penggantian TCV yang Tidak Perlu (NCFR/NFF)Err! Bookmark not defined.

4.3.4 Simultaneous Limit Switch Faults due to Switch Contact Err! Bookmark not defined.

4.3.5 Perbandingan Temuan RCA Err! Bookmark not defined.

4.3.6 Fishbone (Ishikawa) Diagram Root Cause Analysis TCVErr! Bookmark not defined.

4.4 Update Status Teknis TCV dari Boeing (2022)Err! Bookmark not defined.

4.4.1 Analisis Closed Switch Deflection (Honeywell)Err! Bookmark not defined.

4.4.2 Status TCV P/N 398908-6..... Err! Bookmark not defined.

4.5 Perbaikan Prosedur FIM..... Err! Bookmark not defined.

4.5.1 Identifikasi Masalah FIM Err! Bookmark not defined.

4.6 Tindakan Mitigasi dan Rekomendasi ... Err! Bookmark not defined.

4.6.1 Tindakan Interim/Mitigasi (Near-Term Actions)Err! Bookmark not defined.

4.6.2 Rekomendasi Jangka Panjang (Long-Term Actions)Err! Bookmark not defined.

4.7 Implikasi Temuan terhadap Strategi Berbasis MSG3/RCMErr! Bookmark not defined.

BAB V Err! Bookmark not defined.

5.1 Kesimpulan Err! Bookmark not defined.

5.2 Saran Err! Bookmark not defined.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA..... **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

Table 1 : Perbandingan Spesifikasi TCV P/N 398908-3/-5 vs P/N 398908-6.....	Error! Bookmark not defined.
Table 2 : Top 4 Komponen ATA 21 Reliabilitas Rendah – GMF Jan–Des 2019.....	Error! Bookmark not defined.
Table 3: Top Cost Driver Komponen ATA 21 GMF 2019	Error! Bookmark not defined.
Table 4 : Data Summary Pencabutan TCV P/N 398908-3 (Jan–Des 2019)	Error! Bookmark not defined.
Table 5 : Data Summary Pencabutan TCV P/N 398908-5 (Jan–Des 2019)	Error! Bookmark not defined.
Table 6 : Perbandingan Root Cause Analysis: GMF 2020 vs Boeing 2022	Error! Bookmark not defined.
Table 7 : Status Perbaikan FIM Boeing (2022)	Error! Bookmark not defined.
Table 8 : Langkah Interim/Mitigasi yang Direkomendasikan	Error! Bookmark not defined.
Table 9 : Perbandingan TCV P/N 398908-3/-5 vs P/N 398908-6	Error! Bookmark not defined.
Table 10 : Ringkasan Rekomendasi dan Estimasi Dampak.....	Error! Bookmark not defined.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 : Diagram alir.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 1 : Diagram Pareto Alasan Pencabutan TCV P/N 398908-3/-5..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 2 : Fishbone**Error! Bookmark not defined.**





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	:	Kepanjangan
ACM	:	<i>Air Cycle Machine</i>
AMM	:	<i>Aircraft Maintenance Manual</i>
ATA	:	<i>Air Transport Association</i>
BITE	:	<i>Built-In Test Equipment</i>
CMM	:	<i>Component Maintenance Manual</i>
CTAI	:	<i>Cowl Thermal Anti-Ice</i>
EEC	:	<i>Electronic Engine Control</i>
FIM	:	<i>Fault Isolation Manual</i>
FMC	:	<i>Flight Management Computer</i>
FTD	:	<i>Flight Technical Document</i>
MLOC	:	<i>Maintenance Lifecycle Operating Cost</i>
NFF	:	<i>No Fault Found</i>
NCFR	:	<i>No Cause for Removal</i>
NVM	:	<i>Non-Volatile Memory</i>
OEM	:	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
PFTC	:	<i>Pack Flow Temperature Controller</i>
PZTC	:	<i>Pack Zone Temperature Controller</i>
QPA	:	<i>Quantity per Aircraft</i>
RCA	:	<i>Root Cause Analysis</i>
SI	:	<i>Schedule Interruption</i>
TAV	:	<i>Trim Air Valve</i>
TCV	:	<i>Temperature Control Valve</i>
TSI	:	<i>Time Since Installation</i>
VSF	:	<i>Vendor Service Bulletin</i>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

1.1 Pendahuluan

Sistem pengendalian udara kabin (*Air Conditioning System / ACS*) merupakan salah satu sistem paling kritis pada pesawat terbang komersial. Pada Boeing 737 NG/MAX. Sistem ini dikelompokkan dalam *ATA Chapter* 21 dan mencakup komponen-komponen utama seperti *Air Cycle Machine* (ACM), *Heat Exchanger*, *Temperature Control Valve* (TCV), *Ram Air Actuator*, *Pack Zone Temperature Controller* (PZTC), dan berbagai sensor temperatur serta katup distribusi udara [1]. PT Garuda *Maintenance Facility* AeroAsia Tbk (GMF) sebagai perusahaan MRO (*Maintenance, Repair, and Overhaul*) terbesar di Asia Tenggara menangani ribuan *order* perawatan komponen ATA 21 setiap tahunnya. Berdasarkan data *ELMO Reliability Meeting* Agustus 2020, sepanjang tahun 2019 tercatat 469 *order* komponen ATA 21 dari total penggantian, dengan 111 *order* (23,7%) dikategorikan memiliki reliabilitas rendah dengan *Time Since Installation* (TSI) di bawah 1.000 *flight hours*[2]. Dari total 111 *order* reliabilitas rendah tersebut, *Temperature Control Valve* (TCV) mendominasi dengan dua *part number* utama: P/N 398908-3 mencatatkan 147 total *order* dengan 57 *defect* (tingkat *defect* 38%), dan P/N 398908-5 dengan 54 *order* dan 18 *defect* (tingkat *defect* 33%). Secara biaya, TCV menjadi komponen dengan biaya tertinggi kedua di ATA 21 dengan total USD 129.389, sementara penyebab terbesarnya adalah erosi dan kondisi panas berlebih (*Eroded & Warm*) yang menyumbang lebih dari 50% alasan penggantian[2].

Permasalahan ini tidak hanya terbatas pada lingkup GMF. Boeing melalui 737NG/MAX *Fleet Team Meeting* November 2022 mengonfirmasi bahwa TCV P/N 398908-3/-5 secara historis menjadi *top cause of schedule interruptions* di seluruh operator 737 NG/MAX global. Data dari *eFlow airplanes* mengungkapkan bahwa 80% penggantian TC sebenarnya tidak memiliki kerusakan nyata: 60% adalah *No Cause for Removal* (NCFR) dan 20% *No Fault Found* (NFF). Kondisi berdasarkan permasalahan di atas, studi mendalam tentang analisis keandalan dan *troubleshooting* TCV pada ATA 21 Boeing 737



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

NG/MAX menjadi sangat penting, baik untuk kepentingan *efisiensi* operasional maupun keselamatan penerbangan. Secara industri, permasalahan keandalan komponen ATA 21 bukan merupakan kasus yang berdiri sendiri di GMF, melainkan mencerminkan tantangan umum yang dihadapi industri *Maintenance, Repair, and Overhaul* (MRO) global. Komponen sistem air *conditioning* tergolong salah satu penyumbang *unscheduled removal* terbesar pada pesawat *narrow-body* generasi Boeing 737, mengingat karakteristik operasionalnya yang bekerja secara terus-menerus (*continuous duty*) sepanjang penerbangan dan mengalami siklus pembebanan termal maupun mekanis yang tinggi. Kondisi ini menyebabkan biaya perawatan tidak terjadwal (*unscheduled maintenance cost*) pada ATA 21 secara konsisten menempati posisi signifikan dalam struktur biaya pemeliharaan armada, sehingga setiap upaya perbaikan keandalan komponennya memberikan dampak ekonomi yang berarti bagi operator maupun penyedia jasa MRO.

Selain aspek biaya, tingginya angka *No Fault Found* (NFF) dan *No Cause for Removal* (NCFR) pada penggantian TCV turut memberikan dampak terhadap efisiensi rantai pasok suku cadang (*spare part supply chain*). Setiap unit yang dicabut namun tidak menunjukkan kerusakan aktual tetap harus melalui proses *shop investigation*, administrasi *warranty*, dan pengadaan unit pengganti, sehingga menimbulkan pemborosan waktu, tenaga kerja, dan sumber daya logistik yang seharusnya dapat dialokasikan untuk penanganan kerusakan yang benar-benar valid. Kondisi ini semakin relevan mengingat TCV merupakan komponen dengan populasi yang besar dalam satu pesawat (lima unit per pesawat) sehingga akumulasi dampaknya terhadap keseluruhan armada menjadi cukup besar. Dari sisi keselamatan penerbangan, meskipun sebagian besar kasus TCV tidak berujung pada kondisi darurat, indikasi kegagalan sistem temperatur kabin yang berulang tetap berpotensi menimbulkan gangguan kenyamanan penumpang, peningkatan beban kerja kru kokpit dalam menangani *caution/warning* yang. Penelitian-penelitian maupun kajian internal sebelumnya, sebagaimana diuraikan pada Subbab 2.10, umumnya membahas permasalahan TCV secara parsial baik dari sisi data *reliability* (GMF, 2020) maupun dari sisi investigasi teknis *root cause* (Boeing, 2022), namun belum ada kajian yang secara khusus



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mengintegrasikan kedua sumber data tersebut ke dalam satu kerangka analisis yang komprehensif mulai dari identifikasi masalah, *root cause analysis*, hingga perumusan rekomendasi tindakan mitigasi yang aplikatif bagi lingkungan MRO seperti GMF. Kesenjangan (*gap*) inilah yang berupaya dijawab oleh penelitian ini, yaitu dengan menyusun analisis keandalan dan *troubleshooting* TCV secara terpadu, sehingga hasilnya dapat langsung dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan teknis maupun operasional.

Ditinjau dari sisi metodologis, pendekatan deskriptif-analitis berbasis data sekunder yang digunakan pada penelitian ini dipilih karena data keandalan komponen ATA 21, termasuk TCV, umumnya telah terdokumentasi secara sistematis melalui mekanisme *reliability monitoring* baik di tingkat operator/MRO (*ELMO Reliability Meeting*) maupun di tingkat manufaktur pesawat (*Fleet Team Meeting*). Pemanfaatan data sekunder yang telah tervalidasi oleh proses internal GMF dan Boeing tersebut memungkinkan penelitian ini untuk fokus pada tahap analisis dan sintesis yaitu mengaitkan data keandalan, temuan *root cause*, dan rekomendasi teknis menjadi satu kesatuan pembahasan yang runtut dibandingkan harus melakukan pengumpulan data primer dari awal yang memerlukan waktu pengamatan lapangan lebih panjang. Dengan pendekatan tersebut, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang bersifat aplikatif dan dapat langsung ditindaklanjuti, sejalan dengan karakteristik pendidikan vokasi Program

Studi D-III Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang menekankan keterkaitan (*aircraft maintenance*). Lebih lanjut, permasalahan keandalan TCV juga relevan dikaitkan dengan tren industri penerbangan yang semakin menekankan pengambilan keputusan perawatan berbasis data (*data-driven maintenance decision making*). Ketersediaan data digital dari sistem seperti eFlow dan NVM PZTC/PFTC membuka peluang bagi operator dan MRO untuk beralih dari pendekatan *troubleshooting* yang bersifat reaktif menuju pendekatan yang lebih prediktif dan berbasis bukti (*evidence-based*). Penelitian ini, dengan memanfaatkan data historis GMF dan hasil investigasi Boeing secara terintegrasi, merupakan salah satu bentuk penerapan awal dari pendekatan tersebut pada *level* komponen ATA 21.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.2 Rumusan Masalah

1. Apa saja penyebab utama kegagalan *Temperature Control Valve* (TCV) P/N 398908-3/-5 pada sistem ATA 21 pesawat Boeing 737 NG/MAX?
2. Apa *failure mode* yang paling dominan pada TCV berdasarkan data NVM PFTC dan investigasi Honeywell/Boeing?
3. Mengapa sebagian besar TCV yang dicabut menunjukkan hasil *No Fault Found* (NFF) dan *No Cause for Removal* (NCFR)?
4. Apa rekomendasi tindakan perbaikan dan mitigasi yang komprehensif untuk meningkatkan keandalan TCV?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi dan menganalisis penyebab utama kegagalan TCV P/N 398908-3/-5/-6 pada sistem air conditioning ATA 21 Boeing 737 NG/MAX.
2. Menjelaskan mekanisme failure mode dominan pada TCV berdasarkan data teknis dari GMF dan Boeing.
3. Menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan tingginya NFF dan NCFR pada penggantian TCV.
4. Merumuskan rekomendasi tindakan perbaikan yang komprehensif untuk meningkatkan keandalan TCV dan mengurangi biaya operasional perawatan.
- 5.

1.4 Batasan Masalah

- Penelitian difokuskan pada TCV P/N 398908-3/-5/-6 (ATA 21-51) pada pesawat Boeing 737-800/-900ER/MAX.
- Data primer yang digunakan adalah data GMF periode Januari–Desember 2019 dan referensi teknis Boeing *Fleet Team Meeting* November 2022.
- Analisis mencakup aspek mekanis komponen, prosedur FIM/AMM, dan rekomendasi tindakan perbaikan.
- Penelitian ini tidak mencakup aspek desain aerodinamika kabin atau



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

sistem *bleed* air secara menyeluruh.

1.5 Manfaat Penelitian

Bagi PT GMF AeroAsia:

- Memberikan referensi teknis untuk pengambilan keputusan terkait program *upgrade* TCV ke P/N 398908-6.
- Mendukung revisi prosedur internal *maintenance* dan sosialisasi kepada teknisi.

Bagi Industri Penerbangan:

- Memberikan pemahaman mendalam tentang *failure mode* TCV dan cara mitigasinya.
- Menjadi acuan bagi operator B737 NG/MAX lainnya dalam mengelola keandalan komponen ATA 21.

Bagi Akademisi:

- Menambah referensi tentang analisis keandalan komponen aviasi berbasis data lapangan nyata
-

1.6 Metode Penulisan Laporan Tugas Akhir

Penulisan Tugas Akhir ini menggunakan metode deskriptif-analitis dengan data yang bersifat sekunder kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif berupa rekapitulasi jumlah *order* penggantian, *defect rate*, dan biaya komponen ATA 21 yang diperoleh dari dokumen GMF ELMO *Reliability Meeting* (2020) dan Boeing 737NG/MAX *Fleet Team Meeting* (2022). Data kualitatif berupa deskripsi *failure mode*, hasil investigasi *root cause*, dan rekomendasi perbaikan yang bersumber dari dokumen *Root Cause Analysis* dengan diagram Pareto dan Fishbone (Ishikawa), serta analisis *gap* antara kondisi aktual dan kondisi yang diharapkan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Memuat kajian teoritis sistem ATA 21, deskripsi TCV, konsep *reliability*, dan prosedur FIM/AMM.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Memuat metode penelitian, alur penelitian, sumber data, dan teknik analisis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Memuat analisis data keandalan, *root cause analysis*, *update* teknis Boeing 2022, perbaikan FIM, dan rekomendasi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dan mengacu pada keempat tujuan penelitian di Subbab 1.3, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penyebab utama kegagalan TCV P/N 398908-3/-5 teridentifikasi dari dua sumber: root cause tingkat lapangan berupa degradasi ring set (erosi butterfly plate) dan kualitas limit switch yang tidak konsisten (GMF, 2020), serta root cause tingkat desain berupa intermittency koneksi pin/socket AC motor dan kontaminasi/defleksi kontak limit switch akibat ketiadaan washer NAS620-2 saat proses assembly (Boeing/Honeywell, 2022).
2. Dua failure mode dominan yang terkonfirmasi melalui data PFTC NVM adalah (1) AC motor fault akibat sambungan pin/socket yang longgar karena getaran operasional, dan (2) simultaneous limit switch fault akibat kontaminasi compound saat assembly dan defleksi cover switch saat proses torque baut.
3. Tingginya proporsi NCFR (60%) dan NFF (20%) disebabkan oleh kelemahan struktural prosedur FIM Zone Temp Control yang mencantumkan TCV/TAV sebagai possible cause tanpa syarat indikasi PZTC/PFTC light, diperparah oleh tekanan turnaround time yang mendorong teknisi langsung mengganti komponen tanpa verifikasi lanjutan.
4. Rekomendasi komprehensif yang dirumuskan mencakup upgrade ke TCV P/N 398908-6 (jangka panjang, eliminasi pin/socket), penerapan revisi FIM Oktober 2022, Position Switch Test tambahan hasil pengembangan GMF, On-Wing Limit Switch Health Check berkala, pelaksanaan PZTC BITE berkala, serta evaluasi komparatif kinerja ring seal OEM vs aftermarket.

secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa kegagalan TCV bersumber dari dua kelompok masalah yang berbeda sifat — kerusakan fisik akibat kualitas material (erosi ring set) dan kesalahan indikasi sistem akibat desain antarmuka serta prosedur troubleshooting (NCFR/NFF) — sehingga strategi perbaikan yang komprehensif harus menangani kedua kelompok masalah tersebut secara bersamaan, bukan hanya salah satunya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5.2 Saran

1. GMF AeroAsia disarankan untuk segera menerapkan *Position Switch* yang telah dikembangkan pada seluruh TCV yang melalui proses *overhaul* di workshop, mengingat investasi yang sangat terjangkau (USD 342) dibandingkan dengan potensi penghematan dari reduksi NFF *removals*.
2. Operator armada Boeing 737 NG/MAX disarankan untuk segera merencanakan program *upgrade* TCV ke P/N 398908-6 secara bertahap, dengan memprioritaskan pesawat yang memiliki riwayat SI atau multiple TCV *removals*.
3. Seluruh personel teknis (AMT dan AME) yang menangani *troubleshooting* sistem ATA 21 disarankan untuk mendapatkan sosialisasi tentang FIM terbaru (revisi Oktober 2022) dan memahami kondisi spesifik yang memerlukan penggantian TCV/TAV.
4. Untuk penelitian lanjutan, disarankan untuk menganalisis tren kegagalan TCV -6 pasca implementasi *upgrade* dan mengkuantifikasi secara lebih presisi dampak finansial dari program FIM improvement terhadap pengurangan MLOC.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Boeing Company. Boeing 737-600/700/800/900 Aircraft Maintenance Manual (AMM), ATA Chapter 21 – Air Conditioning. Boeing Commercial Airplanes.
- [2] Boeing Company. (2020). GMF ELMO Reliability Meeting – B737 NG ATA 21 Component Reliability. Presenter: Rizkiawan Muhamad Firmansyah. PT Garuda Maintenance Facility AeroAsia Tbk, August 2020. (GMF PROPRIETARY).
- [3] Boeing Company. (2022). 737-800/-900(ER)/MAX ATA 21-51 Temperature Control Valve (TCV) Status Update. Presenter: Eddie John. 737NG/MAX Fleet Team Meeting, November 14-16, 2022. Boeing PROPRIETARY, ECCN 9E991.
- [4] ALTEON/Boeing. (2020). BBJ 737 System Summary Diagrams – Air Conditioning Cooling and Temperature Control Distribution (800/900). SAP #5000002073, Revision 0.
- [5] Honeywell. Component Maintenance Manual (CMM) 21-50-83: Temperature Control Valve – Limit Switch Contact Resistance Test. Revised 17 Juni 2021.
- [6] Honeywell. Component Maintenance Manual (CMM) 21-51-94: Temperature Control Valve Actuator Motor Pin-Socket Retention Check.
- [7] SAE International. (2019). ARP4761: Guidelines and Methods for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and Equipment. Warrendale.
- [8] Air Transport Association of America (ATA). (2021). MSG-3: Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development, Revision 2021.1. Washington, D.C.
- [9] Kementerian Perhubungan RI. Civil Aviation Safety Regulation (CASR) Part 43: Maintenance, Preventive Maintenance, Rebuilding, and Alteration. Jakarta.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [10] International Civil Aviation Organization (ICAO). (2018). Annex 6 to the Convention on International Civil Aviation: Operation of Aircraft, Part I – International Commercial Air Transport (11th ed.). Montreal.
- [11] Boeing Company. Boeing 737-600/700/800/900 Fault Isolation Manual (FIM), Chapter 21-51, 21-61, 21-62 – Temperature Control System. Boeing Commercial Airplanes.
- [12] Boeing Company. (2021). Flight Technical Document 737NG-FTD-21-17002: Temperature Control Valve Reliability Issue.
- [13] Boeing Company. (2019). Flight Technical Document 737MAX-FTD-21-19001: Temperature Control Valve Reliability Issue.
- [14] Boeing Company. (2021). Service Letter 737-SL-21-103-C: Introducing TCV P/N 398908-6 Availability on NG/MAX. 13 Juli 2021.
- [15] Boeing Company. (2021). Service Bulletin 737-21A1203R1 (Boeing AD SB). 28 Mei 2021.
- [16] Honeywell. (2021). Customer Service Bulletin 398908-21-1638. 04 Juni 2021.
- [17] FAA. (2017). Airworthiness Directive 2017-12-07. Federal Aviation Administration.
- [18] FAA. (2020). Airworthiness Directive 2020-01-11 (-4 TCV). Federal Aviation Administration.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA