

**ANALISIS KEGAGALAN *ENGINE BLEED AIR SYSTEM* PADA PESAWAT  
BOEING 737-800 *NEXT GENERATION***



MOCHAMMAD NUROHMAN SETIAJI  
NIM: 41322110036

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2023

# LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS KEGAGALAN *ENGINE BLEED AIR SYSTEM* PADA PESAWAT  
BOEING 737-800 *NEXT GENERATION*



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
Disusun oleh:  
UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Nama : MOCHAMMAD NUROHMAN SETIAJI  
NIM : 413222110036  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
DESEMBER 2023

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Mochammad Nurohman Setiaji  
NIM : 41322110036  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Laporan Skripsi : Analisis Kegagalan *Engine Bleed Air System*  
Pada Pesawat Boeing 737-800 *Next Generation*

Telah Berhasil Dipertahankan Pada Sidang Di Hadapan Dewan Penguji Dan Diterima Sebagai Bagian Persyaratan Yang Diperlukan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata I pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing : Hadi Pranoto, S.T.M.T., Ph.D  
NIDN : 0302077304

()

Penguji 1 : Agung Wahyudi Biantoro, Dr, ST,  
MM, MT.  
NIDN : 0329106901

()

Penguji 2 : Wiwit Suprihatiningsih, S.Si,  
M.Si.  
NIDN : 0307078004

()

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
Jakarta, 18 Desember 2023

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.

Ketua Program Studi



Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T, M.T.

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Mochammad Nurohman Setiaji  
NIM : 41322110036  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Tugas Akhir : ANALISIS KEGAGALAN *ENGINE BLEED AIR SYSTEM* PADA PESAWAT BOEING 737-800 *NEXT GENERATION*

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Jakarta, 18 Desember 2023

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



(Mochammad Nurohman Setiaji)

## PENGHARGAAN

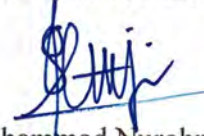
Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat ALLAH SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “ANALISIS KEGAGALAN *ENGINE BLEED AIR SYSTEM* PADA PESAWAT BOEING 737-800 *NEXT GENERATION*”.

Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) pada jurusan Teknik Mesin di Universitas Mercu Buana. Dalam penyelesaian penulisan laporan tugas akhir ini, penulis mendapatkan bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu, atas segala bentuk bantuan yang telah diberikan, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Andi Andriansyah, M. Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, S.TP, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Dr. Joni Hardi, ST, M.T selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Dr.Eng. Imam Hidayat, M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
5. Bapak Gilang Awan Yudhistira, ST, M.T, selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
6. Bapak Gian Villany Golwa, ST., M.T, selaku Koordinator Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
7. Bapak Hadi Pranoto, S.T.M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dengan baik sehingga penulisan laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Masih banyak lagi pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak tersebut.

Jakarta, 18 desember 2023



(Mochammad Nurohman Setiaji)

## ABSTRAK

*Engine bleed air system* merupakan sistem suplai udara bertekanan yang diambil dari *high pressure compressor* dari kedua *engine* pesawat yang digunakan sebagai *cabin pressurization* dan *air conditioning*. Terdapat 90 masalah *delay* pada penerbangan maskapai AB yang disebabkan oleh masalah *engine bleed air system* dalam rentang waktu 2020-2023. Kegagalan pada *engine bleed air system* berdampak pada penundaan penerbangan dan terganggunya operasional pesawat dikarenakan akan terjadinya *unscheduled maintenance* yang membutuhkan waktu untuk perbaikan. Menganalisis faktor-faktor teknis yang menyebabkan gangguan pada *engine bleed air system* pada pesawat B737-800 milik maskapai AB dan menentukan *flight hours* serta jenis perawatan pada komponen yang menyebabkan kegagalan pada *engine bleed air system* untuk meminimalisir *unscheduled maintenance*. Metode yang digunakan adalah *fishbone diagram* dan distribusi Weibull. Kegagalan pada *engine bleed air system* disebabkan *failed operation* dari komponen yang bernama *precooler control valve* yang mengalami *slow move*, *overplay* dan *low press* yang disebabkan oleh *actuator linkage* dan *poppet valve* yang aus dan *diaphragm* yang robek dan getas. Pada penelitian ini diperoleh nilai *mean time to failure* 2246,083 *flight hours*. Berdasarkan *maintenance program* komponen PCCV yang sudah ada, maka dikaitkan bahwa *functional test* pada PCCV di pesawat Boeing 737-800 dilaksanakan dengan *interval* dua kali *A check*. Improvisasi yang di terapkan yaitu penggunaan molykote g-rapid plus pada *sleeve bearing* sebagai lapisan pelumas untuk mencegah terjadinya korosi dan aus pada permukaan *inner* dan *outer* dari *sleeve bearing*.

**Kata Kunci:** *Engine Bleed Air System, Bleed Trip Off, Fishbone Diagram.*

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## **ANALYSIS OF ENGINE BLEED AIR SYSTEM FAILURE ON BOEING 737-800 NEXT GENERATION AIRCRAFT**

### **ABSTRACT**

*The Engine Bleed Air System is a pressurized air supply system drawn from the high-pressure compressor of both aircraft engines, utilized for cabin pressurization and air conditioning. Between 2020 and 2023, AB airlines experienced 90 flight delays attributed to issues with the engine bleed air system. Failures in this system lead to flight delays and disrupt aircraft operations due to unscheduled maintenance, requiring time for repairs. Analyzing the technical factors causing disruptions in the engine bleed air system of AB airline's B737-800 aircraft involves determining flight hours and types of maintenance on components causing these failures to minimize unscheduled maintenance. The employed methods include fishbone diagrams and Weibull distribution. Failures in the engine bleed air system arise from the failed operation of a component known as the precooler control valve (PCCV), experiencing slow movement, overplay, and low pressure due to worn-out actuator linkages, poppet valves, torn diaphragms, and brittleness. The research yielded a mean time to failure of 2246,083 flight hours. Based on the existing PCCV component maintenance program, it is associated with the implementation of functional tests on the PCCV in Boeing 737-800 aircraft at intervals of two A checks. The applied improvisation involves using Molykote G-Rapid Plus on the sleeve bearing as a lubricant layer to prevent corrosion and wear on the inner and outer surfaces of the sleeve bearing.*

**Keywords:** *Engine Bleed Air System, Bleed Trip Off, Fishbone Diagram.*



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>ii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN	3
1.4 MANFAAT	3
1.5 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 <i>Pneumatic system</i>	13
2.3 <i>Pneumatic system supply</i>	13
2.3.1 <i>Engine Bleed Air System</i>	14
2.3.2 <i>APU Bleed Air System</i>	14
2.3.3 <i>Pneumatic Ground Air Connection</i>	15
2.4 <i>Engine Bleed Air System</i>	15
2.5 <i>Komponen engine bleed air system</i>	18
2.5.1 <i>High Stage Valve dan High Stage Valve</i>	19
2.5.2 <i>Bleed air check valve</i>	20
2.5.3 <i>Bleed Air Regulator dan PRSOV</i>	21



2.5.4 450F Thermostat	23
2.6 Bleed Air Precooler System	24
2.7 Metode Fishbone	26
2.8 Metode Regresi Linear	28
2.9 Metode Distribusi Weibull	28
2.10 Reliability	30
2.11 Unreliability	30
2.11.1 Pengembangan Dari Persamaan Unreliability	31
2.12 Pengembangan Persamaan Regresi Linear	32
2.13 Median Rank	32
2.14 Pengertian Perawatan	32
<b>BAB III METODOLOGI</b>	<b>34</b>
3.1 Diagram Alir	34
3.2. Penjelasan Diagram Alir	35
3.2.1 Identifikasi Masalah	35
3.2.2 Pengolahan Data	35
3.2.3 Analisis data penelitian	36
3.2.4 Kesimpulan dan Saran	36
3.3 Langkah – Langkah Penelitian	36
3.4 Jenis Penelitian	41
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>42</b>
4.1 Analisis Kegagalan Engine Bleed Air System yang Menyebabkan Bleed Trip Off Illuminate/On	42
4.2 Functional Test Pada PCCV	44
4.3 Analisis Kegagalan Precooler Control Valve	48
4.3.1 Analisis Historical Replace Precooler Control Valve	48
4.3.2 Penggantian PCCV karena Serviceable Robbery	48

4.3.3 Penggantian PCCV karena Failed Operation	49
4.4 Analisis Failed Operation PCCV menggunakan Fishbone Diagram	51
4.4.1 PCCV <i>Slow Move</i>	58
4.4.2 PCCV <i>Low Press</i>	59
4.4.3 PCCV <i>Overplay</i>	60
4.5 <i>Damaged internal material</i>	62
4.5.1 <i>Diaphragm Assy</i>	62
4.5.2 <i>Poppet valve</i>	63
4.5.3 <i>Sleeve Bearing</i>	64
4.6 Perhitungan Keandalan PCCV Menggunakan Metode Analisis Weibull	65
4.6.1 Nilai <i>Mean Time To Failure Pada Precooler Control Valve</i>	67
4.7 Analisis Kegagalan <i>Component Part</i>	69
<b>BAB V PENUTUP</b>	<b>75</b>
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>77</b>
<b>Lampiran</b>	<b>81</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Jumlah Kegagalan <i>Engine Bleed Air System</i> B737-800 (2020-2023)	2
Gambar 2.1 Suplai Pneumatic	14
Gambar 2.2 <i>Pneumatic Ground Air Connection</i>	15
Gambar 2.3 Engine bleed air system	16
Gambar 2.4 <i>Bleed air system line</i> dan sensor	18
Gambar 2.5 Komponen <i>engine Bleed air</i>	19
Gambar 2.6 <i>High stage regulator/valve</i>	20
Gambar 2. 7 <i>Bleed air check valve</i>	21
Gambar 2.8 Bleed Air Regulator	22
Gambar 2.9 450F Thermostat	23
Gambar 2.10 Sistem kerja BAR, 450F thermostat, dan PRSOV	24
Gambar 2.11 Komponen <i>bleed air precooler</i>	25
Gambar 2.12 <i>Bleed air precooler system</i>	26
Gambar 2.13 <i>Fishbone analysis</i>	26
Gambar 3.1 Diagram Alir	34
Gambar 4.1 <i>Possible causes</i> Bleed trip off light On	42
Gambar 4.2 Grafik jumlah <i>bleed trip Off light On/Illuminate</i>	43
Gambar 4.3 Letak Precooler Control Valve	47
Gambar 4.4 <i>Functional Test /Health check</i>	47
Gambar 4.5 <i>Fishbone Diagram PCCV Fail Operation</i>	51
Gambar 4. 6 Gambar grafik penyebab PCCV fail operaton	58
Gambar 4. 7 Grafik perbandingan jumlah penyebab <i>PCCV failed operation</i>	62
Gambar 4. 8 <i>Broken diaphragm assy</i>	63
Gambar 4. 9 <i>Poppet valve section</i>	64
Gambar 4. 10 <i>Sleeve bearing of actuator linkage assy</i>	65
Gambar 4. 11 <i>Maintenance program</i> komponen PCCV	69
Gambar 4.12 Grafik PCCV <i>maintenance action</i> 2020-2023	71

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	5
Tabel 3.1 Komponen Penyebab <i>Bleed trip off light on</i>	37
Tabel 3.2 <i>Data Component Removal of PCCV</i>	38
Tabel 3.3 Fail Operation Data Removal	40
Tabel 4.1 <i>Serviceable Robbery PCCV 2020-2023</i>	48
Tabel 4.2 <i>Failed Operation pada PCCV 2020-2023</i>	49
<i>Tabel 4.3 Workshop component calibration data</i>	54
Tabel 4. 4 <i>PCCV Slow Move</i>	58
Tabel 4.5 <i>PCCV Low Press</i>	60
Tabel 4. 6 <i>PCCV Overplay</i>	61
Tabel 4.7 Contoh Perhitungan Regresi Linear Pada PCCV	66
Tabel 4.8 <i>PCCV maintenance action 2020-2023</i>	70
Tabel 4. 9 <i>Mass loss in mg pada percobaan low alloy steel</i>	73



## DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
BAR	<i>Bleed Air Regulator</i>
PCCV	<i>Precooler Control Valve</i>
PRSOV	<i>Pressure Regulator and Shutoff Valve</i>
HSR	<i>High Stage Regulator</i>
MTTF	<i>Mean Time To Failure</i>



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA