

**ANALISIS KEGAGALAN PADA *AUTOBRAKE SYSTEM*
DISARM ILLUMINATED AFTER TOUCHDOWN PADA
BOEING 737 – 8 MAX**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Lulus Pendidikan Program Studi
Diploma IV Teknik Pesawat Udara Angkatan Ke-17

Oleh

EVAN BRAMANDITO PRAWIGUNA

NIT : 16022230004



**PROGRAM STUDI TEKNIK PESAWAT UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN INDONESIA CURUG
AGUSTUS 2026**

ABSTRAK

ANALISIS KEGAGALAN PADA *AUTOBRAKE SYSTEM* *DISARM ILLUMINATED AFTER TOUCHDOWN* PADA BOEING 737 – 8 MAX

Oleh

EVAN BRAMANDITO PRAWIGUNA

NIT : 16022230004

Program Studi D-IV Teknik Pesawat Udara

Sistem pengereman otomatis (*autobrake system*) pada pesawat udara komersial khususnya Boeing 737-8 MAX merupakan komponen vital yang dirancang untuk memberikan deselerasi secara otomatis dan terukur segera setelah roda pesawat menyentuh landasan (*touchdown*), mengalihkan beban pengereman dari pilot serta meminimalkan risiko *runway excursion* atau *overrun*. Sistem ini dikendalikan oleh *Antiskid/Autobrake Control Unit* dan berinteraksi secara kompleks dengan *wheel speed transducer, thrust lever switchpack, speedbrake/spoiler control electronics, brake pedal switches*, serta katup-katup hidrolik pengereman. Namun, ditemukannya gangguan operasional berupa *Autobrake System Disarm illuminated after touchdown* (terpasangnya lampu kuning "*Autobrake Disarm*" di kokpit saat atau setelah *touchdown*) mengindikasikan pelepasan pengereman otomatis secara tidak sesuai aturan awal (*uncommanded disarm*), yang memaksa pengereman beralih ke mode manual secara mendadak. Hal ini berpotensi meningkatkan pilot *workload*, memperpanjang jarak deselerasi pesawat, serta mengancam keselamatan penerbangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor teknis maupun operasional penyebab kegagalan tersebut, mengevaluasi efektivitas prosedur *troubleshooting* di lapangan, menguji kontribusi faktor manusia (*human factor*), serta merumuskan rekomendasi *corrective action* yang aplikatif untuk mencegah kejadian berulang. Penelitian kualitatif deskriptif-eksploratif dengan strategi studi kasus ini menerapkan pendekatan *Root Cause*

Analysis yang mengombinasikan alat analisis Diagram Pareto, Diagram *Fishbone* (Ishikawa), serta analisis 5W+1H. Penelitian berlokasi di PT. Airfast Indonesia (Bandara Internasional Soekarno-Hatta, Tangerang) dalam rentang waktu September 2025 hingga Februari 2026, menggunakan data histori operasional pendaratan pesawat Boeing 737-8 MAX registrasi PK-OFI dan PK-OFM periode 16 Juni 2024 hingga 28 Juni 2026. Data sekunder dihimpun dari *Aircraft Maintenance Logbook*, *Deferred Defect List*, *Interactive Fault Isolation Manual*, *Aircraft Maintenance Manual*, dan *Minimum Equipment List*, sedangkan data primer diperoleh melalui wawancara mendalam (*in-depth interview*) dengan *Supervisor*, *Engineer in Charge*, dan *Aircraft Maintenance Engineer* berlisensi *type rating* Boeing 737-8 MAX. Dari total konsolidasi data 19 kasus kegagalan teragregasi (16 kasus pada PK-OFI dan 3 kasus pada PK-OFM), hasil pengolahan Diagram Pareto mengungkapkan bahwa kategori *No Fault Found* merupakan fenomena paling dominan dengan frekuensi mencapai 15 kasus atau sebesar 78,9%, yang mendekati pola rasio 80/20. Sementara itu, dua kategori kegagalan lain yang berhasil dikonfirmasi kerusakan fisiknya dan ditindaklanjuti dengan penggantian komponen masing-masing adalah kerusakan *AB Solenoid Pressure Switch* sebesar 2 kasus (10,5%) dan kerusakan *Brake Pedal Switch* sebesar 2 kasus (10,5%). Tingginya proporsi NFF menunjukkan bahwa mayoritas gangguan bersifat tidak permanen (*transient/intermittent*), sehingga tidak selalu memicu kode kesalahan (*fault code*) saat pengujian *BITE (Built-In Test Equipment)* AACU dilakukan di darat. Penelusuran akar masalah secara komprehensif menggunakan Diagram *Fishbone* pada kategori NFF ini menguraikan kontribusi dari lima elemen utama: pertama, faktor *Man* disebabkan oleh dokumentasi *troubleshooting* pada AML yang kurang terperinci, laporan *pilot report* yang kurang informatif terkait parameter pasti saat disarm, serta keterbatasan pengetahuan teknisi mengenai sifat *intermittent fault* pada AACU; kedua, faktor *Material* dipicu oleh tingginya tekanan operasi yang diterima komponen *switch* secara lanjutan tanpa adanya pemantauan kondisi (*health trend monitoring*), yang memicu indikasi fluktuatif tambahan pada *brake transmitter*; ketiga, faktor *Method* bersumber dari prosedur IFIM Task 32-42-00-810-926 yang masih bersifat teoretis umum dan belum spesifik menelusuri

gangguan intermiten, filosofi perawatan komponen kelistrikan *autobrake* yang masih bergantung pada sistem *on-condition* tanpa batas usia pakai (*hard time replacement*), keempat, faktor *Environment* dipengaruhi oleh kondisi kompartemen *wheel well* Boeing 737-8 MAX yang tidak dilengkapi pelindung (*cover*), sehingga jalinan kabel (*wiring harness*) dan sensor terpapar langsung pada fluktuasi suhu ekstrem serta kelembapan udara; dan kelima, faktor *Machine* berkaitan dengan keterbatasan sistem *BITE AACU* dalam merekam *fault message* yang hilang dengan cepat serta pesan kesalahan *BITE* yang terlalu umum. Berdasarkan temuan tersebut, rumusan *corrective action* berbasis kerangka 5W+1H merekomendasikan penerbitan *form troubleshooting*, penyelenggaraan *refresher training* teknis secara berkala untuk personel pemeliharaan, pengajuan *technical query* kepada manufaktur Boeing guna penyempurnaan petunjuk IFIM, pelaksanaan kajian *Reliability Centered Maintenance (RCM)* untuk menentukan *interval hard time replacement* pada switch kritis, penegakan SOP *troubleshooting* berjenjang agar *cross-swapping* tidak dilakukan, serta kewajiban pencatatan variabel lingkungan pada setiap laporan investigasi guna menekan proporsi NFF dan menjamin kelaikudaraan penerbangan.

Kata Kunci: *Autobrake System, Boeing 737-8 MAX, Autobrake Disarm, Root Cause Analysis, Aircraft Maintenance.*

ABSTRACT

FAILURE ANALYSIS OF THE AUTOBRAKE SYSTEM DISARM INDICATOR LIGHTING UP AFTER TOUCHDOWN ON THE BOEING 737-8 MAX

Oleh

EVAN BRAMANDITO PRAWIGUNA

NIT : 16022230004

Study Program DIV Aircraft Engineering

The automatic braking system (autobrake system) on commercial aircraft, particularly the Boeing 737-8 MAX, represents a critical sub-system engineered to deliver automatic, controlled, and consistent deceleration immediately after touchdown, thereby reducing pilot workload during rollout and minimizing the risk of runway excursions or overruns. Controlled by the Antiskid/Autobrake Control Unit (AACU), the autobrake operates through complex interactions with wheel speed transducers, thrust lever switchpacks, speedbrake/spoiler control electronics, brake pedal pressure switches, and hydraulic braking valves. However, in line operations, the uncommanded illumination of the "AUTO BRAKE DISARM" amber light during or immediately after touchdown poses a significant operational hazard, as it unexpectedly disengages the automatic system and reverts braking control to manual mode. This condition increases the flight crew's workload at a critical flight phase, extends landing distances, and compromises overall operational safety. This research aims to systematically analyze the technical and operational factors triggering autobrake disarm events, evaluate the efficacy of current field troubleshooting procedures, assess the contribution of human factors, and formulate comprehensive corrective actions to prevent recurrence. Adopting a qualitative exploratory-case-study approach, this study utilizes Root Cause Analysis (RCA) combining Pareto Diagram analysis, Fishbone (Ishikawa) cause-and-effect mapping, and the 5W+1H analytical framework. Conducted at PT Airfast Indonesia (Soekarno-Hatta International Airport, Tangerang) from September 2025 to February 2026, the study investigates landing operational failure records of Boeing 737-8 MAX aircraft registered as PK-OFI and PK-OFM between June 16, 2024, and June 28, 2026. Secondary data were gathered from Aircraft Maintenance Logs (AML), Deferred Defect Lists (DDL), the Interactive Fault Isolation Manual (IFIM Task 32-42-00-810-926), the Aircraft Maintenance Manual (AMM), and the Minimum Equipment List (MEL), complemented by primary data collected through in-depth qualitative interviews with certified Line

Maintenance Supervisors, Engineers-in-Charge, and Aircraft Maintenance Engineers holding Boeing 737-8 MAX type ratings. From a total consolidated dataset of 19 aggregated failure incidents (16 cases on PK-OFI and 3 cases on PK-OFM), the Pareto analysis reveals that the No Fault Found (NFF) / Intermittent classification represents the most dominant category, accounting for 15 cases or 78.9% of total events, closely mirroring the classic 80/20 Pareto principle. The remaining confirmed physical component failures comprise Autobrake Solenoid Valve Pressure Switch failures at 2 cases (10.5%) and Brake Pedal Switch (S762/S763) failures at 2 cases (10.5%). The high prevalence of NFF cases indicates that the majority of disarm events are transient or intermittent in nature, frequently leaving no persistent fault codes during ground Built-In Test Equipment (BITE) inspections of the AACU. Comprehensive root cause investigation via the Fishbone Diagram across the NFF/Intermittent category delineates contributing factors across five main dimensions: first, the Man factor stems from insufficiently detailed troubleshooting entries in maintenance logbooks, incomplete pilot reports regarding exact disarm parameters at touchdown, and limited technician familiarity with AACU intermittent fault behaviors; second, the Material factor is driven by continuous high hydraulic operating pressures on pressure switches causing transient signal fluctuations without active condition monitoring; third, the Method factor arises from the generalized, theoretical nature of IFIM Task 32-42-00-810-926 in isolating intermittent electrical faults, an exclusively on-condition component replacement policy lacking hard-time interval limits, and misconceptions regarding the sequence of cross-swapping components; fourth, the Environment factor is influenced by the unshielded design of the Boeing 737-8 MAX wheel well compartment, exposing wiring harnesses and sensor connectors directly to extreme ambient temperatures, humidity, and environmental contamination; and fifth, the Machine factor relates to BITE limitations in capturing short-duration electrical transients and the overly broad nature of AACU fault messages. Based on these findings, the 5W+1H framework formulates targeted corrective actions, including the establishment of standardized troubleshooting forms and pilot reporting guidelines, periodic technical refresher training for maintenance personnel, submission of technical queries to Boeing for IFIM task expansion, execution of Reliability Centered Maintenance (RCM) studies to define hard-time replacement limits for critical switches, enforcement of tiered troubleshooting SOPs to prevent premature component cross-swapping, and mandatory environmental logging during inspections to mitigate NFF occurrences and enhance fleet airworthiness and flight safety.

Keywords: *Autobrake System, Boeing 737-8 MAX, Autobrake Disarm, Root Cause Analysis, Aircraft Maintenance.*

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir : “ANALISIS KEGAGALAN PADA *AUTOBRAKE SYSTEM DISARM ILLUMINATED AFTER TOUCHDOWN* PADA BOEING 737 – 8 MAX” telah diuji sebagai salah satu syarat lulus pendidikan Program Studi Diploma IV Teknik Pesawat Udara Angkatan ke – 17, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug – Tangerang.



Nama : EVAN BRAMANDITO PRAWIGUNA

NIT : 16022230004

PEMBIMBING 1



Iwan Engkus K, S.ST, MS. ASM
Penata (III/c)
NIP : 199002042010121003

PEMBIMBING 2



Fawwaz Yusa Gifari, S.Tr.T
Penata Muda Tk.1 (III/b)
NIP : 199907212022101001

KETUA PROGRAM STUDI



Andri Kurniawan, S.ST., MT.
Penata Tk. I (III/d)
NIP : 19860515200912106

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir: “ANALISIS KEGAGALAN PADA *AUTOBRAKE SYSTEM DISARM ILLUMINATED AFTER TOUCHDOWN* PADA BOEING 737 – 8 MAX” Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Diploma IV Teknik Pesawat Udara Angkatan Ke – 17, Politeknik Penerbangan Indonesia, Curug – Tangerang. Tugas akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Diploma IV pada tanggal 12 Agustus 2026

KETUA



Oka Fatra, S.SiT., MT

Penata Tk. I (III/d)

NIP : 198110212002121005

SEKRETARIS



Bela Firmantoyo, S.ST.

Penata (III/c)

NIP : 198909022010121003

ANGGOTA



Fawwaz Yusa Gifari, S.Tr.T

Penata Muda Tk. I (III/a)

NIP : 199907212022101001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Evan Bramandito Prawiguna

NIT : 16022230004

Program Studi : D – IV Teknik Pesawat Udara Angkatan Ke – 17

Menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “ANALISIS KEGAGALAN PADA *AUTOBRAKE SYSTEM DISARM ILLUMINATED AFTER TOUCHDOWN* PADA BOEING 737 – 8 MAX” merupakan karya asli saya sendiri dan bukan hasil dari plagiarisme.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan kekeliruan dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik dari Politeknik Penerbangan Indonesia (PPI) Curug.

Tangerang, 12 Agustus 2026



Evan Bramandito Prawiguna
NIT.16022230004

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir Diploma IV yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di perpustakaan Politeknik Penerbangan Indonesia, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Politeknik Penerbangan Indonesia.

Referensi kepustakaan diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut :

Prawiguna, Evan B. (2026): Analisis Kegagalan Pada *Autobrake System Disarm Illuminated After Touchdown* Pada Boeing 737 – 8 Max. Tugas Akhir Program Diploma IV, Politeknik Penerbangan Indonesia.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tugas akhir haruslah seizin Ketua Program Studi Teknik Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia.

Dipersembahkan kepada
Keluarga yang selalu mendukung serta orang yang dekat di hati

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala Rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "ANALISIS KEGAGALAN PADA *AUTOBRAKE SYSTEM DISARM ILLUMINATED AFTER TOUCHDOWN* PADA BOEING 737 – 8 MAX". Penulisan ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dalam menyelesaikan Pendidikan diploma IV Teknik Pesawat Udara Angkatan ke-17, taruna Politeknik Penerbangan Indonesia Curug.

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, arahan, serta dukungan baik secara moral maupun material. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga tercinta, khususnya kedua orang tua penulis, bapak Moch Arief dan Christina Ani Setyawati, paman penulis Moch Irvan Zulfikar serta adik Devina Arini Putri dan Amorette Sekar Meirani atas segala doa, kasih sayang, pengorbanan, dan dukungan yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan ini dengan baik.
2. Bapak Andri Kurniawan, S. ST., MT selaku Ketua Program Studi D-IV Teknik Pesawat Udara, atas bimbingan akademik yang telah diberikan.
3. Bapak Iwan Engkus K, S.ST, MS. ASM dan Bapak Fawwaz Yusa Gifari, S.Tr.T selaku dosen pembimbing, atas segala waktu, ilmu, kesabaran, serta bimbingan yang sangat berarti selama proses penyusunan tugas akhir ini dari awal hingga akhir.
4. Seluruh dosen dan staf akademik Politeknik Penerbangan Indonesia Curug yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan bimbingan selama masa pendidikan.
5. PT. Airfast Indonesia yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian serta memperoleh data yang dibutuhkan.

6. Bapak Wisnu, Bapak Jaka Ramdani, dan Bapak Yandi selaku narasumber yang telah meluangkan waktu dan dengan terbuka berbagi pengalaman, pengetahuan, serta informasi teknis yang sangat berharga bagi penelitian ini.
7. Seluruh sahabat dan rekan Teknik Pesawat Udara Angkatan ke – 17, Alghi, Andyo, Apit, Abror, Gilam, Daffa, Rafli, Putranandha, Tari, Riyaldo, dan Izza yang senantiasa memberikan semangat, doa, dan dukungan selama proses penyusunan tugas akhir ini serta telah menjadi perjalanan bersama selama penulis selama masa pendidikan.
8. Pasangan penulis, Caecilia Angela Devina sebagai titik awal penulis memiliki harapan dan semangat selama menjalani masa pendidikan dari awal hingga akhir yang senantiasa menemani dalam keadaan suka maupun duka dengan kesabaran yang luas serta memberikan berbagai pelajaran dalam menjalani hubungan tanpa menyerah dan terus memperbaiki hingga bisa selalu Bersama dari dulu, sekarang dan masa nanti.
9. Seluruh abang dan kakak senior Teknik Pesawat Udara Angkatan 14 A dan B, 15, serta 16 A dan B yang membantu penulis membentuk karakter selama masa pendidikan dan mau berbagi ilmu pelajaran dimanapun itu berada.
10. Seluruh adik junior Teknik Pesawat Udara Angkatan 18, 19 A dan B, serta 20 A dan B yang memberikan doa, semangat, dan dukungan selama proses penyusunan tugas akhir ini

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang ada, sekian dan terima kasih.

Curug, 12 Agustus 2026

Penulis



Evan Bramandito prawiguna
NIT. 16022230004

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT.....	v
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	vi
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	viii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	ix
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	x
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xxii
DAFTAR ISTILAH	xxiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	7
G. Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN TEORI DAN PUSTAKA	10
A. Boeing 737-8 MAX	10
B. <i>Landing Gear</i>	11
C. Sistem Pengereman (<i>Braking System</i>).....	13
D. <i>Autobrake System</i>	15
E. <i>Anti-Skid System</i>	16
F. Perawatan Pesawat Udara (<i>Maintenance</i>).....	17
G. Metode Penelitian Kualitatif Deskriptif.....	18
H. <i>Root Cause Analysis</i> (RCA).....	20

I. Diagram <i>Fishbone</i>	21
J. Diagram Pareto.....	24
K. Metode 5W+1H.....	25
L. Wawancara (<i>Interview</i>).....	27
M. Penelitian Terdahulu.....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
A. Metode Penelitian	31
B. Waktu dan Tempat Penelitian	33
C. Penentuan Objek Penelitian	33
D. Sumber dan Jenis Data	34
E. Teknik Pengumpulan Data.....	35
F. Teknik Pengolahan dan Analisis Data	36
G. Uji Keabsahan Data.....	37
H. Kerangka Berpikir.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
A. Data Kegagalan <i>Autobrake Disarm Illuminated After Touchdown</i>	40
B. Analisis Penyebab Kegagalan dengan Diagram <i>Fishbone</i>	47
C. <i>Corrective Action</i>	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	54
A. Kesimpulan	54
B. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	60
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	134

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Boeing 737-8 MAX.....	9
Gambar II.2 <i>Main Landing Gear</i>	11
Gambar II.3 <i>The Multiple-Disk Brake Assembly</i>	12
Gambar II.4 <i>Aircraft Brake System</i>	13
Gambar II.5 <i>Autobrake Power System</i>	14
Gambar II.6 <i>Anti-Skid Switch</i> pada Kokpit	17
Gambar II.7 Komponen <i>Anti-Skid System: Wheel Sensor</i> (kiri), <i>Control Unit</i> (tengah), dan <i>Control Valve</i> (kanan)	17
Gambar II.8 Bentuk Diagram <i>Fishbone</i>	23
Gambar II.9 Contoh Diagram Pareto	25
Gambar II.10 Tahapan Pelaksanaan Wawancara dalam Penelitian Kualitatif	28
Gambar III.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	36
Gambar III.2 Kerangka Berpikir Penelitian	41
Gambar IV.1 Diagram Pareto Jenis Kegagalan <i>Autobrake Disarm Illuminated</i> <i>After Touchdown</i> (PK-OFI dan PK-OFM)	47
Gambar IV.2 Diagram <i>Fishbone</i> Analisis Akar Penyebab <i>No Fault Found</i> pada Kejadian <i>Autobrake Disarm Illuminated After Touchdown</i>	49

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Rekapitulasi Laporan Gangguan Autobrake dan Anti-Skid.....	2
Tabel II.2 Distribusi Laporan Gangguan Sistem Pesawat yang Berkaitan dengan Fungsi <i>Autobrake</i> pada Boeing 737-8 MAX	2
Tabel II.3 Penelitian Terdahulu.....	36
Tabel III.1 Daftar Narasumber Wawancara.....	38
Tabel IV.1 Rekapitulasi Kejadian <i>Autobrake System Disarm Illuminated After Touchdown</i> per Tahun dan Registrasi Pesawat.....	42
Tabel IV.2 Rekapitulasi Klasifikasi Kejadian <i>Autobrake Disarm Illuminated After Touchdown</i>	44
Tabel IV.3 Data Pareto Gabungan Jenis Kegagalan <i>Autobrake Disarm</i> (PK-OFI dan PK-OFM).....	46
Tabel IV.4 Rincian Jenis Kegagalan per Registrasi Pesawat	47
Tabel IV.5 Rumusan <i>Corrective Action</i> dengan Kerangka 5W+1H.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Data Kerusakan <i>Autobrake System Disarm Illuminated After Touchdown</i> pada <i>Aircraft Maintenance Logbook</i> (AML) Berdasarkan Hasil Observasi.....	61
Lampiran B Data <i>Autobrake System Report</i> Berdasarkan AML pada PK-OFI	62
Lampiran C Data <i>Autobrake System Report</i> Berdasarkan AML pada PK-OFM ..	63
Lampiran D <i>Interactive Fault Isolation Manual</i> (IFIM).....	64
Lampiran E Lembar Validasi Instrumen Penelitian	73
Lampiran F Lembar Penelitian dan Validasi Data	87
Lampiran G Dokumentasi dan Hasil Wawancara dengan Narasumber 1	88
Lampiran H Dokumentasi dan Hasil Wawancara dengan Narasumber 2	100
Lampiran I Dokumentasi dan Hasil Wawancara dengan Narasumber 3.....	119
Lampiran J Hasil Pemeriksaan Kemiripan (<i>Turnitin</i>) Tugas Akhir	133

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	NAMA	Pemakaian Pertama Kali Dalam Halaman
AACU	<i>Antiskid/Autobrake Control Unit</i>	2
AFML	<i>Aircraft Flight Maintenance Log</i>	24
AML	<i>Aircraft Maintenance Logbook</i>	2
AMM	<i>Aircraft Maintenance Manual</i>	2
APU	<i>Auxiliary Power Unit</i>	2
BITE	<i>Built-In Test Equipment</i>	2
CASR	<i>Civil Aviation Safety Regulation</i>	14
CED	<i>Cause and Effect Diagram</i>	15
DDL	<i>Deferred Defect List</i>	2
EDP	<i>Engine Driven Pump</i>	14
EEC	<i>Electronic Engine Control</i>	1
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>	1
FCU	<i>Flight Control Unit</i>	1
FIM	<i>Fault Isolation Manual</i>	24
HaKI	<i>Hak Kekayaan Intelektual</i>	1
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>	1
IFIM	<i>Interactive Fault Isolation Manual</i>	2
MEL	<i>Minimum Equipment List</i>	2
MPM	<i>Maintenance Policy Manual</i>	2
NFF	<i>No Fault Found</i>	2
NIT	<i>Nomor Induk Taruna</i>	1
P/N	<i>Part Number</i>	24
PPI	<i>Politeknik Penerbangan Indonesia</i>	1
PSEU	<i>Proximity Switch Electronics Unit</i>	1
RCA	<i>Root Cause Analysis</i>	2
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>	3
RTO	<i>Rejected Take-Off / Refused Take-Off</i>	1

SOP	<i>Standard Operating Procedure</i>	3
WO	<i>Work Order</i>	27
WTAI	<i>Wing Thermal Anti-Ice</i>	7
5W+1H	<i>What, When, Who, Where, Why, dan How</i>	2

DAFTAR ISTILAH

Istilah	Keterangan
<i>Airworthiness</i>	Kondisi laik udara dan aman dioperasikan.
<i>Anti-skid System</i>	Sistem pencegah roda terkunci saat pengereman.
<i>Autobrake System</i>	Sistem pengereman otomatis saat touchdown.
<i>Brake Metering Valve</i>	Katup pengatur tekanan hidrolik rem.
<i>Brake Pedal Switch</i>	Sakelar pendeteksi pengereman manual pedal.
<i>Carbon Brake</i>	Rakitan disk rem berbahan serat karbon.
<i>Corrective Action</i>	Tindakan perbaikan penanggulangan masalah.
<i>Corrective Maintenance</i>	Perawatan perbaikan pasca-kerusakan.
<i>Cross-swapping</i>	Prosedur pertukaran komponen untuk isolasi gangguan.
<i>Disarm</i>	Pelepasan mode otomatis ke kontrol manual.
<i>Fishbone Diagram</i>	Diagram analisis sebab-akibat (Ishikawa).
<i>Flight Cycle</i>	Satu siklus terbang penuh (takeoff hingga landing).
<i>Hard Time Replacement</i>	Penggantian komponen berdasarkan batas umur pakai.
<i>Intermittent Fault</i>	Gangguan sementara yang muncul acak dan sulit terdeteksi.
<i>Landing Rollout</i>	Fase meluncur di landasan pasca-touchdown.

<i>No Fault Found (NFF)</i>	Kondisi tidak ditemukannya indikasi kerusakan saat diuji.
<i>On-Condition Maintenance</i>	Perawatan berdasarkan hasil inspeksi kelayakan.
<i>Pareto Diagram</i>	Diagram prioritas masalah berbasis prinsip 80/20.
<i>Preventive Maintenance</i>	Perawatan pencegahan kerusakan terjadwal.
<i>Root Cause Analysis (RCA)</i>	Metode analisis penelusuran akar masalah.
<i>Runway Excursion</i>	Insiden pesawat tergelincir keluar dari landasan.
<i>Solenoid Pressure Switch</i>	Sakelar pengontrol aliran/sinyal berbasis tekanan.
<i>Touchdown</i>	Momen roda utama pertama kali menyentuh landasan.
<i>Wheel Speed Transducer</i>	Sensor pengukur kecepatan putaran roda.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Keselamatan penerbangan merupakan prioritas utama dalam industri transportasi udara global. Laporan keselamatan penerbangan yang dirilis *International Civil Aviation Organization* (ICAO) pada Juli 2026 mencatat 85 kecelakaan yang melibatkan penerbangan komersial terjadwal sepanjang tahun 2025, menurun dari 95 kecelakaan pada tahun 2024. Tingkat kecelakaan global juga membaik dari 2,6 menjadi 2,2 kecelakaan per satu juta keberangkatan, dan jumlah kecelakaan fatal turun tajam dari sepuluh menjadi empat kejadian. Meskipun demikian, jumlah korban jiwa justru meningkat dari 296 orang menjadi 387 orang, sehingga tingkat fatalitas naik dari 65 menjadi 78 korban per satu miliar penumpang yang diangkut. Data tersebut menunjukkan bahwa penurunan laju kecelakaan tidak dengan sendirinya menurunkan potensi korban, karena sebagian besar korban terkonsentrasi pada sedikit kejadian berskala besar (ICAO, 2026). Di antara seluruh fase penerbangan, fase pendaratan secara konsisten teridentifikasi sebagai fase paling kritis. Data Boeing menunjukkan bahwa fase *landing* hanya mencakup sekitar satu persen dari total waktu terbang, namun menyumbang sekitar 35% dari seluruh kecelakaan fatal pada armada jet komersial dunia periode 2016 hingga 2025. Apabila digabungkan dengan fase *final approach*, kedua fase tersebut menyumbang hampir separuh dari seluruh kecelakaan fatal (Boeing, 2026). Ketimpangan antara durasi dan risiko inilah yang menjadikan sistem-sistem pendukung deselerasi pesawat setelah menyentuh landasan menjadi sangat menentukan. Salah satu sistem vital yang berperan pada fase tersebut adalah *autobrake system* atau sistem pengereman otomatis, yaitu sistem yang secara otomatis memberikan tekanan rem terukur agar pesawat melambat secara terkendali setelah roda menyentuh landasan pacu.

Untuk memperoleh gambaran empiris mengenai sebaran gangguan sistem ini di luar armada yang diteliti, penulis menelusuri basis data *Service Difficulty Report*

(SDR) yang dipublikasikan *Federal Aviation Administration* periode 2020 hingga 2025. Dari 4.757 laporan pada tipe Boeing 737-8 MAX, penyaringan narasi menemukan 20 laporan yang secara spesifik menyebutkan gangguan pada sistem *autobrake* maupun *anti-skid*. Rekapitulasi karakteristik laporan tersebut disajikan pada Tabel I.1.

Tabel I.1 Rekapitulasi Laporan Gangguan *Autobrake* dan *Anti-Skid* pada Boeing 737-8 MAX Berdasarkan *FAA Service Difficulty Report* Periode 2020–2025

Karakteristik Laporan	Jumlah	Keterangan
Total laporan gangguan <i>autobrake</i> dan <i>anti-skid</i>	370	Hasil penyaringan narasi <i>discrepancy</i> pada 4.757 laporan SDR tipe Boeing 737-8 MAX
Jumlah pesawat berbeda	18	Berdasarkan nomor registrasi yang unik
Jumlah operator berbeda	4	Operator penerbangan berizin FAA
Laporan pada ATA Chapter 32	31	Roda pendarat, roda, dan sistem pengereman
Laporan berstatus No Fault Found	12	Tidak ditemukan kerusakan pada saat pengujian BITE maupun fault isolation dilakukan
Laporan yang menyebutkan <i>disarm</i> pada saat <i>touchdown</i>	5	Fenomena yang menjadi objek penelitian ini

Sumber: (Olahan penulis dari FAA Service Difficulty Reporting System pada tipe Boeing 737-8 MAX)

Tabel I.1 menunjukkan bahwa gangguan autobrake pada Boeing 737-8 MAX tidak terbatas pada satu unit maupun satu operator, melainkan tersebar pada 17 pesawat berbeda milik empat operator yang berbeda. Hal yang paling menonjol adalah bahwa 16 dari 20 laporan atau tanpa ditemukannya kerusakan pada saat pengujian dilakukan. Proporsi tersebut hampir identik dengan yang ditemukan penulis pada *data Aircraft Maintenance Logbook* PT. Airfast Indonesia, yaitu 15 dari 19 kasus atau 78,9%, sebagaimana diuraikan pada Bab IV. Kesamaan proporsi pada dua kumpulan data yang sepenuhnya independen memperkuat dugaan bahwa fenomena *autobrake disarm illuminated after touchdown* bersifat sistemik pada tipe Boeing 737-8 MAX, sekaligus menegaskan bahwa penanganannya tidak dapat semata-mata bergantung pada hasil pengujian mandiri sistem (FAA, 2026). Fungsi *autobrake* tidak berdiri sendiri, melainkan bergantung pada masukan dari beberapa sistem lain. Untuk mengetahui besarnya kontribusi tiap sistem terhadap laporan gangguan sekaligus keterkaitannya dengan bekerjanya *autobrake*, penulis mengolah 640 laporan gangguan sistem pada tipe Boeing 737-8 MAX dari basis data yang sama. Hasil pengolahan beserta pemetaan komponen dan dampak operasionalnya disajikan pada Tabel I.2.

Tabel I.2 Distribusi Laporan Gangguan Sistem Pesawat yang Berkaitan dengan Fungsi Autobrake pada Boeing 737-8 MAX

Sistem Pesawat	Persentase Laporan	Komponen Utama Terdampak	Jenis Kegagalan Umum	Dampak Operasional	Tingkat Risiko Keselamatan
<i>Landing Gear & Brake System</i> (ATA 32)	11,56% (74)	Ban (13), rem dan <i>brake assembly</i> (16), roda (5), <i>landing gear</i> dan <i>strut</i> (10), <i>anti-skid transducer</i> dan <i>valve</i> (6), AACU	<i>Inoperative</i> (9), <i>damaged</i> (6), <i>failed</i> dan <i>faulted</i> (10), rem terbakar dan berasap (8), <i>autobrake disarm</i>	Perpanjangan jarak pendaratan, peningkatan beban kerja pilot	TINGGI
<i>Electrical System</i> (ATA 24)	3,28% (21)	<i>Battery pack</i> (6), <i>outlet listrik kabin</i> (4), <i>control</i>	<i>No test</i> (4), <i>inoperative</i> (4), <i>failed</i> , <i>faulty</i> , dan	Gangguan catu daya kabin dan peralatan; tidak	RENDAH – SEDANG

Sistem Pesawat	Persentase Laporan	Komponen Utama Terdampak	Jenis Kegagalan Umum	Dampak Operasional	Tingkat Risiko Keselamatan
		<i>unit (2), BPCU, circuit breaker, wire</i>	<i>faulted (6), discharged (2)</i>	ditemukan laporan gangguan sinyal menuju AACU	
<i>Hydraulic System (ATA 29)</i>	4,53% (29)	Pompa hidrolik (12), <i>hydraulic system (3), line dan hose (3), computer (2), filter</i>	Kebocoran fluida (6), <i>failed (4), faulty (3), tekanan rendah (3)</i>	Deselerasi tidak konsisten, potensi <i>runway overrun</i> ; 3 dari 29 laporan menyebut rem secara langsung	SEDANG – TINGGI
<i>Flight Control System (ATA 27)</i>	14,69% (94)	Sensor (14), motor (12), <i>transmitter (8), flap dan flap system (9), proximity sensor (4), spoiler (6 laporan)</i>	<i>Faulted (16), failed (10), faulty (10), inoperative (8), locked (5)</i>	Penurunan efektivitas deselerasi saat <i>rollout</i> apabila <i>ground spoiler interlock</i> terganggu	SEDANG
<i>Engine System (ATA 71–80)</i>	18,75% (120)	<i>Engine (35), guide vane (9), oil system (6), FMU (3), tailpipe (3), thrust reverser (5 laporan)</i>	Kebocoran (18), kontaminasi (11), <i>bird ingestion (8), failed (7), cracked (5)</i>	<i>Autobrake</i> terlepas lebih awal apabila <i>thrust reverser</i> melampaui parameter <i>interlock</i>	SEDANG
<i>Air Conditioning & Pressurization (ATA 21)</i>	15,78% (101)	<i>A/C pack (7), filter (7), fan (6), cabin pressure (4), controller (4), ACM (4)</i>	Bau tidak sedap di kabin (46), <i>faulted (8), failed (5), faulty (5), asap (4)</i>	Tidak memiliki keterkaitan fungsional dengan <i>autobrake</i> ; dicantumkan karena menempati peringkat pertama	SEDANG

Sumber: (Olahan penulis dari FAA Service Difficulty Reporting System pada tipe Boeing 737-8 MAX)

Persentase dihitung terhadap 640 laporan gangguan sistem pada tipe Boeing 737-8 MAX, yaitu seluruh 4.757 laporan SDR setelah dikeluarkan temuan pada ATA Chapter 25, 33, dan 51 sampai 57. Kelompok tersebut dikeluarkan karena didominasi temuan perlengkapan darurat kabin dan pemeriksaan struktur yang wajib dilaporkan berdasarkan 14 CFR 121.703, sehingga tidak mencerminkan gangguan sistem penerbangan.

Tabel I.2 menunjukkan bahwa *Landing Gear & Brake System* menyumbang 11,56% laporan gangguan sistem, menempati posisi ketiga setelah *Engine System* sebesar 18,75% dan *Flight Control System* sebesar 14,69%. Meskipun bukan penyumbang terbesar secara jumlah, sistem roda pendarat dan pengereman memiliki tingkat risiko keselamatan tertinggi karena gangguan pada sistem ini berdampak langsung pada kemampuan pesawat melakukan deselerasi setelah menyentuh landasan. Selain itu, keempat sistem lain pada tabel seluruhnya memiliki keterkaitan fungsional dengan bekerjanya *autobrake*, baik melalui pasokan sinyal sensor, tekanan hidrolik, interlock spoiler, maupun *interlock thrust reverser*, sehingga analisis akar masalah tidak dapat dibatasi pada sistem pengereman semata. Tingginya beban perawatan pada sistem roda pendarat juga didukung temuan penelitian terdahulu, meskipun dengan cakupan yang perlu dimaknai secara hati-hati. Mofokeng dkk. (2020) melaporkan bahwa berdasarkan analisis Pareto terhadap laporan gangguan yang disampaikan awak pesawat pada periode 2014 sampai 2018, ATA Chapter 32 termasuk kelompok bab ATA yang secara kumulatif menyumbang 80% keseluruhan laporan gangguan. Perlu dicatat bahwa temuan tersebut berasal dari studi kasus satu maskapai dengan armada Airbus A340-600 yang beroperasi pada rute jarak jauh, sehingga tidak dapat digeneralisasi secara langsung ke armada Boeing 737-8 MAX. Meskipun demikian, karakteristik ATA Chapter 32 yang mencakup roda pendarat beserta roda dan sistem pengereman membuat komponennya menerima tegangan dan keausan secara terus-menerus selama operasi, sehingga tingkat kompleksitas dan potensi gangguannya relatif tinggi dibandingkan sistem lain. Fenomena *autobrake disarm illuminated after touchdown* merujuk pada kondisi ketika lampu indikator kuning *autobrakes disarm* menyala segera setelah roda pesawat menyentuh landasan, menandakan bahwa

sistem pengereman otomatis telah terlepas secara tidak terduga dan beralih ke mode manual. Pada Boeing 737-8 MAX, sistem *autobrake* dirancang untuk memberikan tekanan pengereman terukur sesuai level yang dipilih pilot, yaitu 1, 2, 3, atau MAX, berdasarkan masukan dari *Antiskid/Autobrake Control Unit* (AACU), yaitu unit elektronik yang mengatur kerja sistem anti-selip sekaligus pengereman otomatis. Sistem ini seharusnya tetap aktif selama fase *rollout* hingga pilot secara manual mengaplikasikan tekanan pedal rem yang melebihi tekanan *autobrake*, atau hingga pesawat mencapai kecepatan rendah tertentu (Boeing, 2018). Dalam kondisi ideal, sistem hanya akan disarm apabila pilot melakukan *override manual, thrust reverser* diaplikasikan melebihi parameter tertentu, atau terjadi kendala pada sistem antiskid. Ketika lampu disarm menyala tanpa intervensi pilot, hal ini mengindikasikan adanya kendala sistemik yang memerlukan investigasi mendalam.

Kondisi tersebut tercermin pada data operasional pesawat PK-OFI dan PK-OFM milik PT. Airfast Indonesia yang berjenis Boeing 737-8 MAX. Berdasarkan penelusuran *Aircraft Maintenance Logbook* (AML) dan *Deferred Defect List* (DDL) pada rentang 16 Juni 2024 hingga 28 Juni 2026, serta setelah entri yang berasal dari satu rangkaian *troubleshooting* yang sama dikonsolidasikan menjadi satu kasus, diperoleh 19 kasus kegagalan *autobrake disarm illuminated after touchdown*. Sebanyak 16 kasus atau 84,2% terjadi pada PK-OFI dan 3 kasus atau 15,8% pada PK-OFM. Distribusi menurut tahun menunjukkan 7 kasus pada tahun 2024, 11 kasus pada tahun 2025, dan 2 kasus pada tahun 2026. Kemunculan kejadian pada kedua registrasi mengindikasikan bahwa permasalahan ini tidak terbatas pada satu unit tertentu, melainkan berpotensi bersifat sistemik pada tipe Boeing 737-8 MAX yang dioperasikan perusahaan tersebut.

Analisis terhadap tindakan korektif yang tercatat mengungkapkan tiga kategori penyebab. Pertama, kerusakan pada *Autobrake Solenoid Valve Pressure Switch* yang teridentifikasi pada 2 kasus atau 10,5%, dengan tindakan korektif berupa penggantian komponen *pressure switch* pada modul pengendalian *autobrake*. Kedua, kerusakan pada *pedal switch*, yaitu S762 pada PK-OFI dan S763 pada PK-OFM, yang juga teridentifikasi pada 2 kasus atau 10,5%. Ketiga, dan yang paling

dominan, sebanyak 15 kasus atau 78,9% tidak menunjukkan fault yang teridentifikasi pada saat pengujian mandiri AACU melalui *Built-In Test Equipment* (BITE) dilakukan, atau dikenal sebagai no fault found maupun intermittent. Selama proses investigasi juga dilakukan prosedur *cross-swap* AACU antara pesawat PK-OFI dan PK-OFM sesuai MPM 4.7 untuk tujuan isolasi kerusakan. Dominasi kasus tanpa temuan kerusakan tersebut menunjukkan adanya kegagalan bersifat *intermittent* yang sulit direplikasi dan mempersulit proses diagnosis, sehingga memperkuat perlunya pendekatan analisis sistemik seperti *Root Cause Analysis* untuk mengungkap akar permasalahan secara komprehensif.

Metode penyelesaian masalah pada sistem pengereman sendiri telah berkembang secara signifikan. Pendekatan berbasis *model-based fault detection* dan *machine learning* banyak digunakan untuk mendeteksi dan mendiagnosis gangguan sistem. Jammal (2025) menunjukkan bahwa pendekatan *machine learning* dapat dimanfaatkan untuk mengklasifikasikan tingkat keparahan keausan rem karbon sebagai bagian dari *predictive maintenance*. Sementara itu, Mendoza Lopetegui dkk. (2023) dalam studi systematic literature review menegaskan bahwa pendekatan berbasis data menjadi tren utama dalam pemantauan kondisi dan penggunaan rem pesawat. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada pengembangan model matematis dan simulasi sistem. Penelitian Vinsiya dkk. (2023), misalnya, menitikberatkan pada analisis struktural dan gesekan material rem cakram dalam kondisi ideal dan simulasi laboratorium. Penelitian-penelitian tersebut belum mengkaji secara mendalam fenomena operasional spesifik seperti *autobrake disarm illuminated after touchdown* dalam kondisi nyata di lapangan. Berdasarkan uraian di atas, terdapat kesenjangan antara berkembangnya metode diagnosis berbasis data dengan masih tingginya proporsi kasus yang tidak dapat dikonfirmasi penyebabnya di lapangan. Oleh karena itu penulis mengangkat penelitian berjudul “ANALISIS KEGAGALAN PADA AUTOBRAKE SYSTEM DISARM ILLUMINATED AFTER TOUCHDOWN PADA BOEING 737-8 MAX” dengan tujuan menemukan akar masalah yang ada sehingga dapat memberikan rekomendasi tindakan preventif kepada teknisi maupun operator.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan data permasalahan yang telah dijabarkan pada latar belakang di atas, maka penulis dapat mengidentifikasi masalah – masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana faktor terjadinya kegagalan sistem *autobrake* sehingga menyebabkan terjadinya *disarm illuminated* pada saat pendaratan
2. Bagaimana prosedur penanganan dan *troubleshooting* yang dilakukan terhadap kondisi tersebut di lapangan?
3. Bagaimana integrasi antara faktor manusia, sistem, dan lingkungan dalam mempengaruhi terjadinya *autobrake disarm*?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka diperlukan batasan masalah yang jelas. Batasan masalah dalam penelitian ini disusun berdasarkan ruang lingkup teknis, operasional, serta metode penelitian yang digunakan. Penelitian ini difokuskan pada analisis fenomena *autobrake disarm illuminated after touchdown* pada pesawat Boeing 737-8 MAX dengan pendekatan kualitatif. Oleh karena itu, pembahasan dibatasi pada aspek yang berkaitan langsung dengan sistem *autobrake* dan faktor yang mempengaruhinya:

1. Penelitian ini hanya membahas sistem *autobrake* pada fase *landing rollout* setelah *touchdown*. Analisis tidak mencakup performa pengereman pada fase lain seperti *rejected takeoff* (RTO) maupun *taxi braking*.
2. Penelitian ini tidak membahas secara mendalam sistem lain seperti *thrust reverser*, *spoiler system*, atau *flight control system*, kecuali apabila sistem tersebut memiliki keterkaitan langsung terhadap kondisi *autobrake disarm*.
3. Penelitian ini juga dibatasi pada aspek operasional yang berkaitan dengan prosedur pendaratan pesawat Boeing 737-8 MAX.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di sampaikan di atas, penulis merumuskan permasalahan – permasalahan yang muncul sebagai berikut:

1. Bagaimana saja faktor teknis dan operasional yang menyebabkan terjadinya *autobrake disarm illuminated after touchdown* pada Boeing 737-8 MAX ?
2. Bagaimana prosedur penanganan dan *troubleshooting* yang efektif untuk mengatasi kondisi *autobrake disarm* pada pesawat Boeing 737-8 MAX?
3. Bagaimana peran faktor manusia (*human factor*), termasuk tindakan pilot dan teknisi, dalam mempengaruhi terjadinya *autobrake disarm*

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini ditulis sebagai tugas akhir yang diharapkan dapat memberikan informasi dari sudut pandang yang berbeda mengenai analisis kegagalan *autobrake system*.

1. Mengidentifikasi faktor teknis dan operasional yang menyebabkan terjadinya kondisi *autobrake disarm illuminated after touchdown*, baik yang berkaitan dengan sistem *autobrake*, *anti-skid*, sensor, maupun kondisi operasional pesawat dengan metode diagram *Pareto*.
2. Merumuskan rekomendasi penanganan dan strategi *troubleshooting* yang efektif untuk mengatasi dan mencegah terjadinya kondisi *autobrake disarm*, sehingga dapat meningkatkan keandalan sistem dan keselamatan penerbangan dengan metode 5w+1H.
3. Menganalisis peran faktor manusia (*human factor*), termasuk tindakan pilot dan prosedur kerja teknisi, dalam mempengaruhi terjadinya maupun penanganan kondisi *autobrake disarm* dengan metode diagram *fishbone*

BAB II

TINJAUAN TEORI DAN PUSTAKA

A. Boeing 737 – 8 MAX

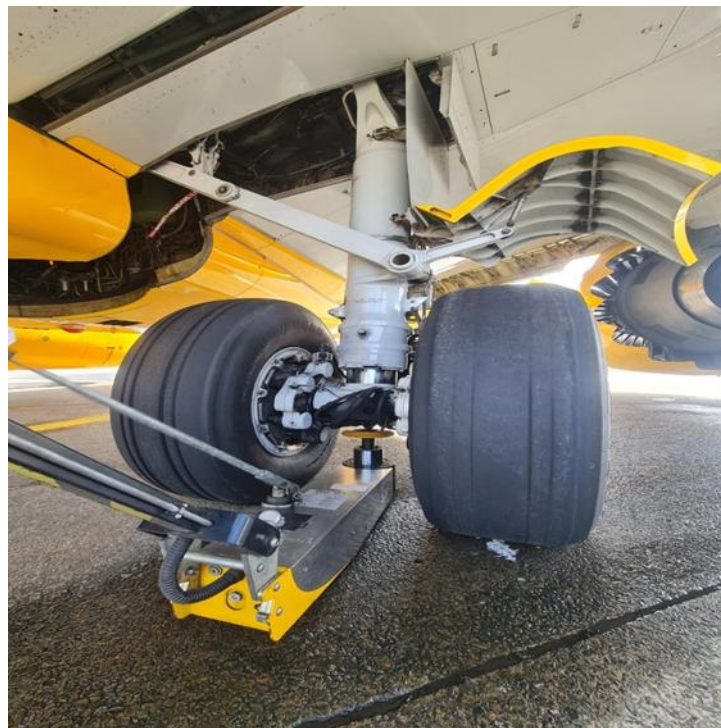


Gambar II.1 Boeing 737-8 MAX
Sumber: Airfast Indonesia (2026)

Keluarga 737 MAX memberikan kemampuan, fleksibilitas, dan nilai yang luar biasa bagi maskapai penerbangan. Kemajuan teknologi menghasilkan pengurangan emisi CO₂ dan penggunaan bahan bakar sebesar 20%. Sejak peluncuran 737 MAX, lebih dari 100 pelanggan di seluruh dunia telah memesan sekitar 7.000 pesawat. Lebih dari 1 juta penumpang terbang dengan pesawat 737 MAX setiap hari, menjadikannya tulang punggung industri penerbangan komersial global. (Boeing, 2026)

Boeing 737 MAX adalah serangkaian pesawat berbadan sempit yang dikembangkan oleh Boeing *Commercial Airplanes* sebagai generasi keempat dari Boeing 737. Pesawat ini menggantikan Boeing 737 Next Generation dan menggabungkan mesin CFM International LEAP yang lebih efisien, peningkatan aerodinamis seperti *winglet* ujung terpisah, dan modifikasi struktural. Program ini diumumkan pada Agustus 2011, penerbangan pertama berlangsung pada Januari 2016, dan pesawat tersebut disertifikasi oleh Administrasi Penerbangan Federal AS (FAA) pada Maret 2017. Pengiriman pertama, sebuah MAX 8, dilakukan kepada Malindo Air pada Mei 2017. (Boeing, 2026)

B. Landing Gear



Gambar II.2 *Main Landing Gear*
Sumber: Dokumentasi penulis (2026)

Sistem landing gear atau roda pendarat pada varian 737 *next generation* (NG) mengalami perombakan. Roda pendarat depan diperpanjang 3,5 inci untuk meredam beban dinamis yang lebih tinggi, yang disertai dengan perluasan kompartemen roda depan sejauh 3 inci ke arah depan. Sementara itu, roda

pendaratan utama diperpanjang untuk mengakomodasi struktur badan pesawat seri 800 dan 900 yang lebih panjang. Komponen ini menggunakan bahan titanium utuh dengan bantalan trunnion eksternal. Untuk generasi 737 Max, roda depan diperpanjang sekitar 15 cm hingga 20 cm. Penyesuaian ini dilakukan secara khusus untuk meningkatkan jarak aman antara mesin berdiameter besar dengan permukaan landasan (*ground clearance*). (Brady, n.d.)

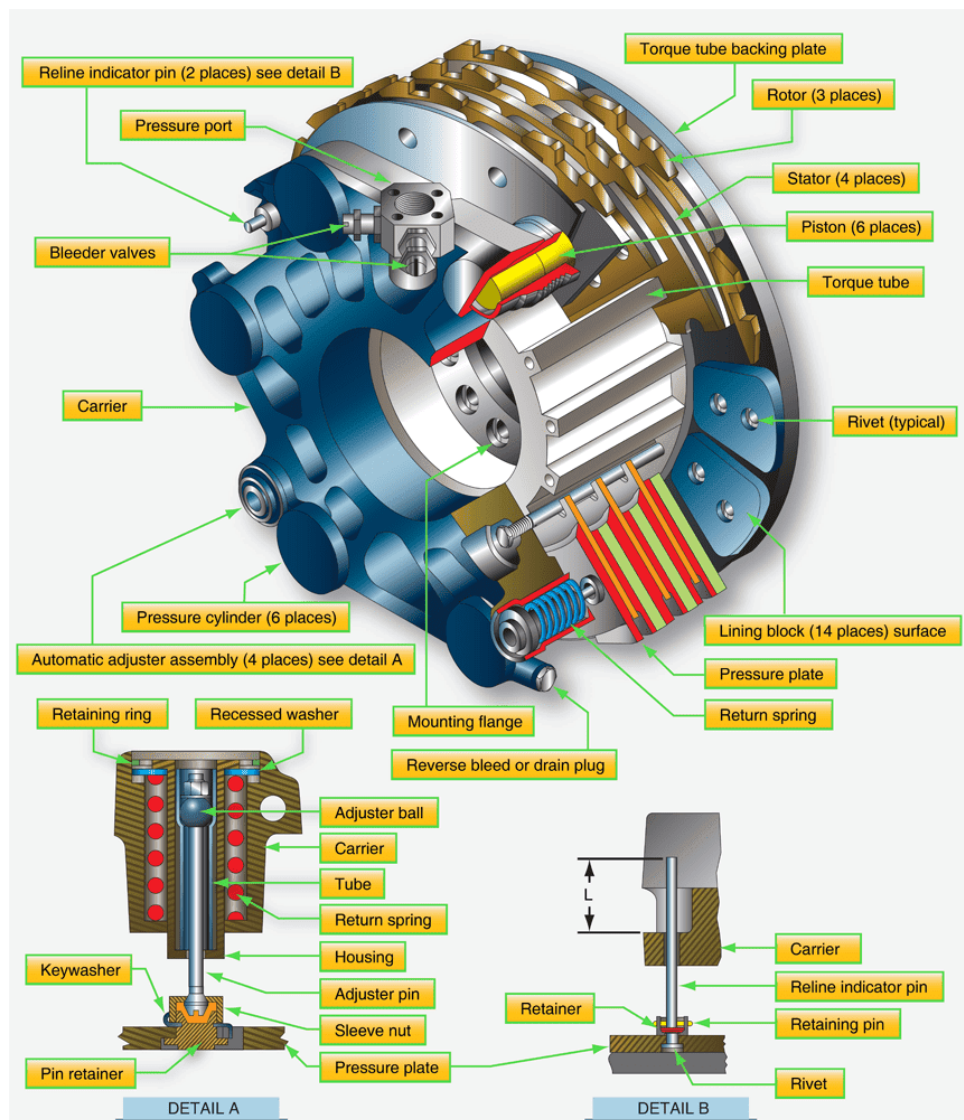
Pada pesawat boeing 737 memiliki roda pendaratan tipe *tricycle* dengan strut udara/minyak. Untuk struktural roda pendaratan terdiri atas roda pendaratan utama (*main landing gear*) dan juga roda pendaratan hidung/depan (*nose landing gear*). Sistem ini didukung oleh mekanisme ekstensi (*extension*) dan retraksi (*retraction*) yang berfungsi untuk menurunkan dan menaikkan roda pendarat. Selain itu, terdapat sistem kemudi hidung/depan (*nose wheel steering*) yang memberikan kontrol arah pesawat saat berada di darat. (Boeing, 2018)

Untuk prinsip kerja sistem kontrol pada roda pendarat bekerja berdasarkan integrasi antara tenaga *hydraulic* dan *electronic* dari unit kontrol :

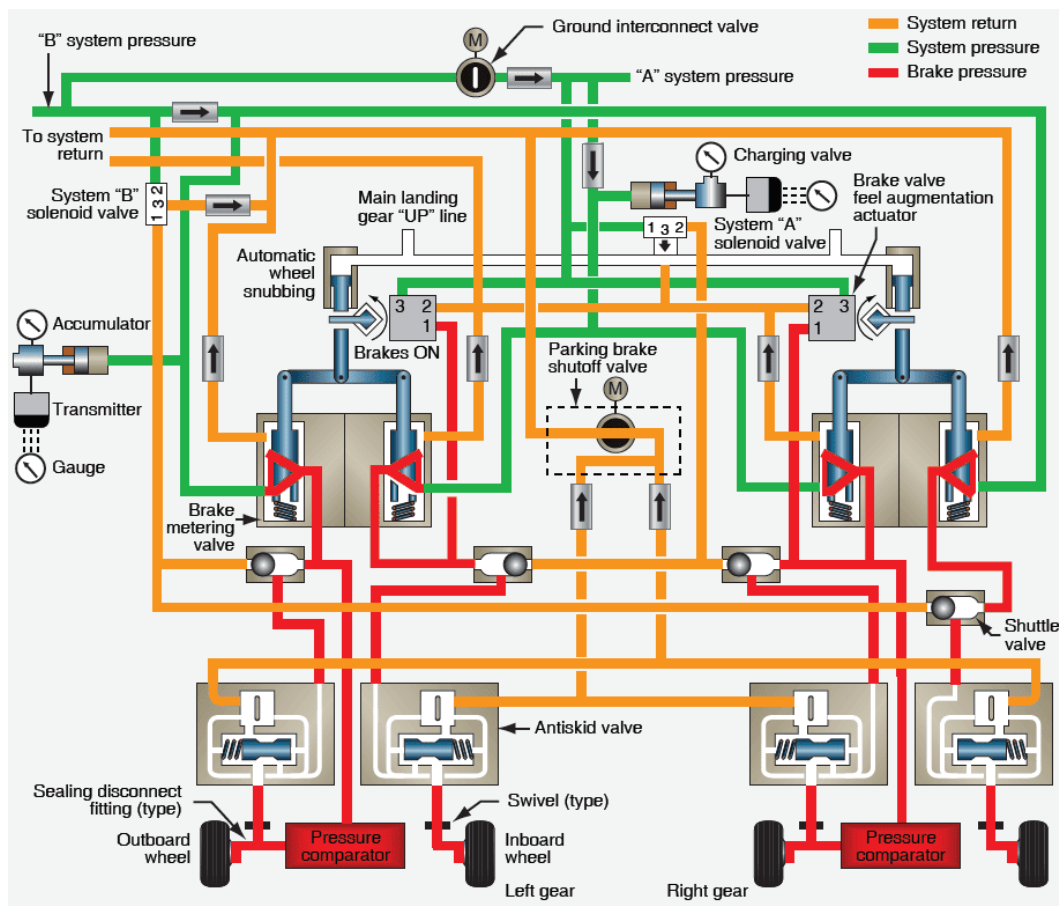
1. Suplai hidrolik, tekanan hidrolik dari sistem A biasanya digunakan untuk proses ekstensi dan retraksi roda pendarat. Sementara itu sistem B hanya berfungsi untuk menyuplai tekanan saat proses retraksi. *Transfer valve* berperan dalam memindahkan sumber tekanan dari sistem A ke sistem B berdasarkan sinyal elektrik yang dikirimkan oleh *Proximity Sensor Electronic Unit* (PSEU)
2. Mekanisme kontrol. Pergerakan roda dikendalikan melalui *landing gear control lever*. Saat tuas digerakkan, sinyal elektrik dikirimkan menuju *solenoid* pada *selector valve*. *Selector valve* juga menerima input dari *Proximity Sensor Electronic Unit* (PSEU) dan sistem ekstensi manual. Jika terjadi kegagalan sistem utama, sistem ekstensi manual akan mengirimkan sinyal untuk mengoperasikan *bypass valve* pada *selector valve*, sehingga tekanan retraksi terhubung ke saluran pembuangan (*return*) dan memungkinkan roda turun melalui gaya gravitasi.
3. Sistem kemudi dan indicator, Tekanan untuk kemudi roda hidung (*nose wheel steering*) berasal dari jalur tekanan ekstensi roda hidung. Secara normal, Sistem

A menyuplai tekanan ini melalui sistem kontrol roda pendarat. Untuk aspek keselamatan, posisi roda pendarat dipantau oleh sensor yang terhubung ke PSEU, yang kemudian mengaktifkan lampu indikator normal dan cadangan (*auxiliary*) di kokpit untuk memberikan informasi presisi mengenai status roda pendarat kepada pilot

C. Sistem Pengereman (*Braking System*)



Gambar II.3 *The Multiple-Disk Brake Assembly*
Sumber: Aero Guide (2026)



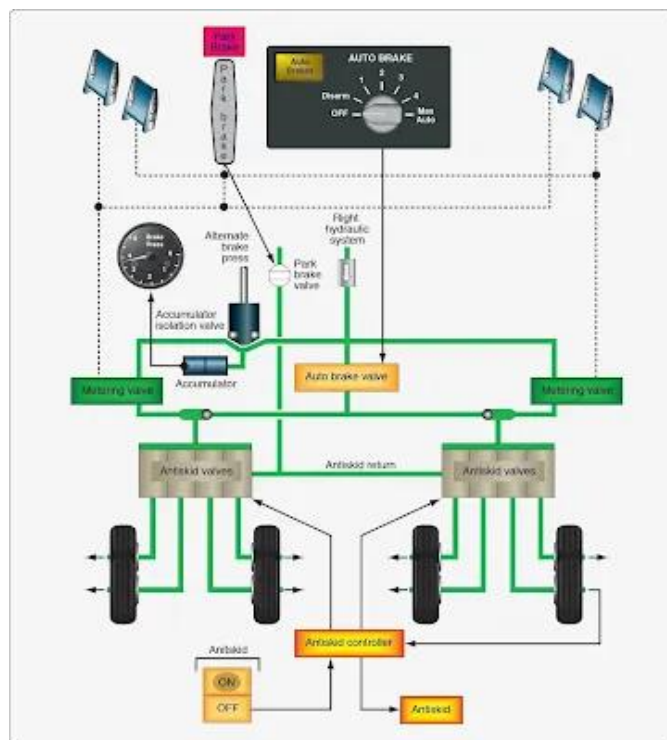
Gambar II.4 Aircraft Brake System
Sumber: Aero Guide (2026)

Sistem pengereman pesawat merupakan subsistem utama yang berfungsi mengurangi kecepatan pesawat selama fase *landing rollout*, *rejected takeoff*, dan *taxi*. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama yaitu *brake unit*, *anti – skid system*, *wheel speed transducer*, *brake control unit*, dan *hydraulic system*. Kinerja sistem pengereman dipengaruhi oleh interaksi antara gaya gesek roda dengan permukaan *runway*. Penelitian menunjukkan bahwa sistem pengereman pesawat modern menggunakan kontrol adaptif untuk menjaga nilai *slip ratio* optimal guna menghasilkan gaya pengereman maksimum tanpa menyebabkan *wheel lock up* (Jiao dkk., n.d.)

Selain itu, sistem pengereman pesawat modern menggunakan *carbon disc* yang memiliki karakteristik tahan panas yang mampu menghasilkan gaya pengereman yang tinggi. Namun performa *carbon brake* sangat dipengaruhi oleh temperatur operasi dan kondisi *runway*. Ketidaksesuaian parameter tersebut dapat menyebabkan penurunan performa pengereman yang signifikan (Jammal, 2025)

Boeing 737 – 8 MAX menggunakan sistem pengereman berbasis *hydraulic power* dengan digital *brake control unit*. Sistem ini terintegrasi dengan *anti – skid system*, *autobrakes*, serta *landing gear control system*. Pesawat ini menggunakan *carbon brake* yang dikontrol melalui *brake metering valve*. Menurut laporan operasional menunjukkan adanya kasus *brake assembly* mengalami *overheating* dan *wear* yang mempengaruhi performa sistem pengereman. Kondisi tersebut dapat menyebabkan *autobrake disarm* secara otomatis untuk melindungi sistem dari kerusakan lebih lanjut. (Boeing, 2026)

D. Autobrake System



Gambar II.5 Autobrake Power System
Sumber: Aero Guide (2026)

Autobrake merupakan sistem otomatis yang mengatur tekanan pengereman secara otomatis berdasarkan tingkat deselerasi yang dipilih pilot sebelum pendaratan. Sistem ini dirancang untuk memberikan pengereman yang konsisten serta mengurangi beban kerja pilot. Pada pesawat komersial modern, *autobrake* bekerja dengan memanfaatkan input dari *wheel speed sensor*, serta *pressure control valve*.

Sistem automatic braking (*autobrake*) yang dikembangkan oleh *modern crane aerospace* dan *electronic* menyediakan dua mode operasi utama, yaitu *landing mode* dan *rejected take – off* (RTO) mode. Pengoperasian sistem ini dilakukan melalui *autobrake selector switch* yang terpasang di kokpit. Sakelar tersebut memungkinkan pilot untuk mengaktifkan fitur RTO sebelum lepas landas atau memilih tingkat deselerasi yaitu *switch* di *cockpit*. *Hydraulics manifolds* yang berisi *solenoid* dan *servo valve*, serta *control electronics* yang biasanya terintegrasi dalam *brake system control unit*.(Crane Aerospace & Electronics, 2026)

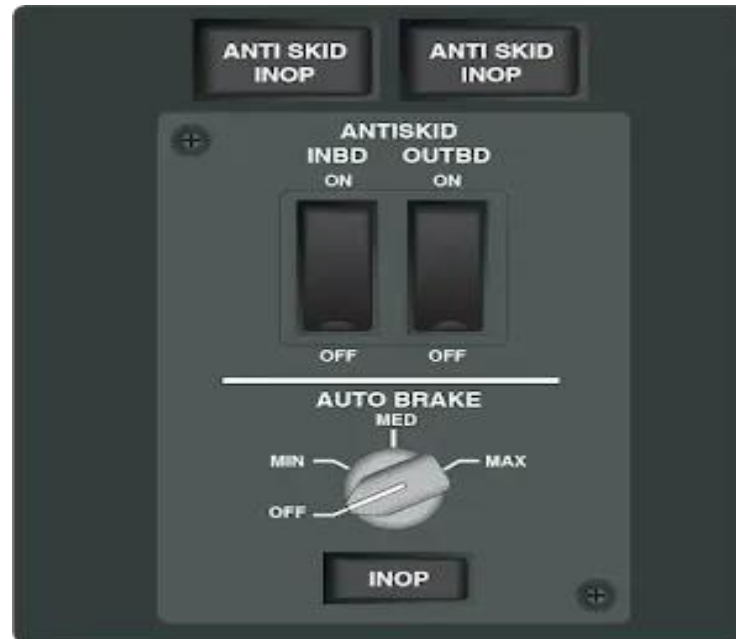
Pada *landing mode*, tekanan pengereman diberikan secara otomatis setelah pesawat menyentuh landasan tanpa bergantung pada input pedal rem dari pilot. Sistem ini mengatur tekanan rem secara terukur untuk mempertahankan tingkat deselerasi yang telah dipilih, dengan mempertimbangkan pengaruh *aircraft drag*, *thrust lever*, dan *spoiler*. Umumnya, pabrikan pesawat menyediakan tiga tingkat deselerasi utama, yaitu *min*, *med* dan *max*. pengaturan tingkat rendah menghasilkan pengereman moderat dengan kisaran sekitar 2 hingga 8 *ft/sec*, sedangkan pengaturan maksimum memberikan pengereman lebih agresif dengan memanfaatkan friksi *runway* secara optimal melalui sistem *antiskid*. Dalam beberapa aplikasi, tingkat deselerasi juga dapat diatur melalui konfigurasi *external wiring* untuk memenuhi kebutuhan operasional maskapai tertentu. Selain itu, pilot dapat mengubah tingkat deselerasi selama proses *landing roll – out* apabila diperlukan.(Crane Aerospace & Electronics, 2026)

Selama proses *roll – out*, penggunaan pedal rem oleh pilot akan mengalihkan kendali pengereman dari sistem otomatis ke *control manual*. Sistem *autobrake* modern dilengkapi fitur yang mampu mengompensasi teknik pengereman pilot sehingga perpindahan kontrol berlangsung halus. Dibandingkan pengereman

manual, sistem *autobrake* memiliki beberapa keunggulan, seperti aplikasi pengereman yang lebih stabil dan simetris pada seluruh roda pesawat. Hal ini meningkatkan stabilitas lateral pesawat serta menjaga laju deselerasi tetap konstan. Selain itu, sistem ini juga meningkatkan kenyamanan penumpang karena pengereman berlangsung halus dan konsisten. Titik aplikasi rem yang seragam setelah *touchdown* membuat jarak berhenti pesawat lebih bisa diprediksi, sehingga pilot dapat merencanakan *runway turnoff* dengan tingkat keyakinan tinggi. Sistem ini juga mendukung operasi *category Autoland* dan dalam beberapa penelitian disebutkan bahwa penggunaan *autobrake* dapat memperpanjang umur rem. (Crane Aerospace & Electronics, 2026)

Pada *takeoff mode*, sistem RTO *autobrake* berfungsi sebagai sarana utama menghentikan pesawat saat terjadi *rejected takeoff*. Ketika sistem diaktifkan sebelum lepas landas, pengambilan *thrust lever* ke posisi *idle* atau aktivasi *thrust reverser* akan secara otomatis memicu aplikasi rem penuh. Fitur otomatis ini mengurangi beban kerja awak pesawat dalam kondisi darurat serta memungkinkan mereka untuk lebih fokus menangani penyebab pembatalan lepas landas. Aplikasi tekanan rem maksimum yang cepat dan berkelanjutan membantu meminimalkan jarak berhenti pesawat serta mengurangi risiko *runway excursion*. Sama seperti pada *landing mode*, penggunaan pedal rem oleh pilot akan mengembalikan pengereman dari sistem otomatis ke *control manual*. (Crane Aerospace & Electronics, 2026)

E. Anti-Skid System



Gambar II.6 *Anti-Skid Switch* pada Kokpit
Sumber: Aero Guide (2026)



Gambar II.7 Komponen *Anti-Skid System*: *Wheel Sensor* (kiri), *Control Unit* (tengah), dan *Control Valve* (kanan)
Sumber: Aero Guide (2026)

Anti-skid system merupakan sistem kontrol yang berfungsi mencegah roda terkunci selama pengereman. Sistem ini bekerja dengan memonitor *wheel speed* dan membandingkannya dengan kecepatan referensi pesawat. Jika *slip ratio* melebihi nilai tertentu, sistem akan mengurangi tekanan rem secara otomatis. Tujuan utama

sistem ini adalah mempertahankan kondisi optimum antara gaya gesek statis dan dinamis. Penelitian menunjukkan bahwa gangguan sensor *wheel speed* dapat menyebabkan kesalahan perhitungan *slip ratio* sehingga sistem *anti-skid* mengurangi tekanan rem secara berlebihan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan autobrake tidak mampu mencapai target deselerasi (Zhang dkk., 2025).

F. Perawatan Pesawat Udara (*Maintenance*)

Menurut *Civil Aviation Safety Regulation* (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara [DJPU], 2000). *Maintenance* pesawat didefinisikan sebagai serangkaian tugas yang diperlukan untuk memastikan *airworthiness* suatu pesawat. Tugasnya mencakup *inspection, replacement, repaint, modification, overhaul, dan repair*. Terdapat beberapa jenis *maintenance*, diantaranya *corrective maintenance* dan *preventive maintenance*.

a. Corrective maintenance

Merupakan tindakan perawatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan atau kegagalan pada komponen, mesin, maupun sistem pesawat. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk memperbaiki dan mengembalikan fungsi teknis sistem ke kondisi operasional yang optimal. Perawatan korektif ini juga sering disebut sebagai *condition monitoring*, di mana tindakan perbaikan segera diambil setelah ditemukan adanya kerusakan. Apabila perbaikan tidak memungkinkan untuk dilakukan karena alasan teknis maupun pertimbangan ekonomi, maka prosedur penggantian (*replacement*) wajib dilaksanakan. Secara operasional, munculnya kebutuhan akan *corrective maintenance* sering kali menjadi indikator bahwa pelaksanaan proses *preventive maintenance* sebelumnya belum dilakukan secara maksimal atau bahkan terabaikan.

b. Preventive maintenance

Didefinisikan sebagai proses perawatan sederhana yang mencakup penggantian suku cadang dalam skala kecil tanpa melibatkan pekerjaan berat yang rumit. Implementasi metode ini sangat krusial dan efektif, terutama dalam menjaga keandalan fasilitas produksi yang termasuk dalam kategori unit kritis atau *critical*

unit. Berdasarkan mekanismenya, *preventive maintenance* dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis. Pertama adalah *maintenance periodic* atau *hard time*, yaitu perawatan pencegahan yang dilakukan berdasarkan batas waktu umur maksimum suatu komponen pesawat, sehingga penggantian tetap dilakukan meskipun komponen belum mengalami kerusakan fisik. Kedua adalah *maintenance on-condition*, yaitu jenis perawatan yang mengandalkan proses inspeksi visual maupun teknis untuk menentukan kondisi aktual suatu komponen. Tindakan selanjutnya, seperti penggantian, hanya akan diambil jika hasil inspeksi menunjukkan adanya gejala kerusakan dengan tetap mempertimbangkan kelayakan dari aspek teknis dan ekonomi.

G. Metode Penelitian Kualitatif Deskriptif

Penelitian kualitatif adalah penelitian yang berlandaskan filsafat pascapositivisme dan digunakan untuk meneliti objek pada kondisi yang alamiah (*natural setting*). Dalam penelitian jenis ini peneliti berperan sebagai instrumen kunci, pengumpulan data dilakukan secara triangulasi, analisis data bersifat induktif, dan hasil penelitian lebih menekankan makna daripada generalisasi (Sugiyono, 2019). Berbeda dengan penelitian kuantitatif yang menguji hipotesis melalui pengukuran angka, penelitian kualitatif berupaya memahami suatu peristiwa berdasarkan sudut pandang orang-orang yang terlibat langsung di dalamnya (Moleong, 2021).

Kualitatif deskriptif (*qualitative descriptive*) merupakan salah satu rancangan dalam payung penelitian kualitatif yang bertujuan menyajikan uraian menyeluruh atas suatu peristiwa dengan bahasa yang dekat dengan data aslinya. Sandelowski (2000) menyatakan bahwa rancangan ini menghasilkan *straight description*, yaitu gambaran apa adanya mengenai siapa yang terlibat, apa yang terjadi, serta di mana dan bagaimana peristiwa itu berlangsung, tanpa harus menafsirkan data ke dalam kerangka teori yang berat sebagaimana dilakukan pada fenomenologi, etnografi, maupun *grounded theory*. Doyle dkk. (2020) menambahkan bahwa kualitatif deskriptif banyak dipilih karena sifatnya yang sederhana, lentur, dan mudah diterapkan pada berbagai konteks praktik, sepanjang peneliti tetap menjaga ketegasan langkah penelitian agar hasilnya dapat dipertanggungjawabkan.

Rancangan kualitatif deskriptif dinilai sesuai untuk penelitian mengenai kegagalan sistem *autobrake* karena tujuan penelitian bukan mengukur besarnya pengaruh satu variabel terhadap variabel lain, melainkan menggambarkan secara utuh pola kejadian, langkah *troubleshooting* yang ditempuh teknisi, serta faktor yang melatarbelakanginya berdasarkan catatan perawatan dan pengalaman personel di lapangan. Baxter dan Jack (2008) menjelaskan bahwa pendekatan semacam ini akan semakin kuat apabila dipadukan dengan strategi studi kasus, yaitu ketika peneliti meneliti satu peristiwa yang dibatasi secara jelas oleh waktu, tempat, dan objek tertentu. Pada penelitian ini batasan tersebut berupa kejadian *autobrake disarm illuminated after touchdown* pada dua pesawat Boeing 737-8 MAX di PT. Airfast Indonesia dalam rentang waktu yang telah ditentukan.

Dalam praktiknya, rancangan kualitatif deskriptif tidak berhenti pada penggambaran masalah. Uraian yang dihasilkan menjadi bahan masukan bagi alat analisis mutu seperti diagram Pareto, diagram *fishbone*, dan kerangka 5W+1H yang berada di bawah payung *Root Cause Analysis*. Diagram Pareto dipakai untuk memilah jenis kegagalan yang paling dominan, diagram *fishbone* dipakai untuk menelusuri akar penyebab dari jenis kegagalan dominan tersebut, sedangkan kerangka 5W+1H dipakai untuk menyusun tindakan perbaikan. Dengan demikian sifat deskriptif penelitian tetap terjaga, sementara penarikan kesimpulan tetap berjalan sistematis.

Agar hasil penelitian kualitatif deskriptif dapat dipercaya, data perlu diuji keabsahannya. Pengujian umumnya dilakukan melalui triangulasi sumber, yaitu membandingkan keterangan dari beberapa narasumber; triangulasi teknik, yaitu membandingkan hasil wawancara dengan dokumen dan hasil pengamatan; serta pemeriksaan ulang kepada narasumber (*member check*) atas kesimpulan sementara yang disusun peneliti (Sugiyono, 2019; Doyle dkk., 2020).

H. Root Cause Analysis (RCA)

Root Cause Analysis (RCA) merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu permasalahan secara sistematis dan terstruktur. Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada gejala yang muncul, tetapi menelusuri faktor penyebab hingga tingkat paling mendasar sehingga solusi yang diberikan dapat mencegah kejadian serupa di masa mendatang. RCA juga digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antar faktor, ketergantungan masalah, serta menentukan prioritas penyebab yang paling dominan dalam suatu kegagalan sistem. (Doggett, 2005)

RCA yang digunakan pada penelitian yaitu: a. *The Cause and Effect Diagram* (CED) atau biasa dikenal dengan nama *Fishbone Diagram* memberikan potensial akar masalah yang terstruktur berdasarkan sebab akibat suatu permasalahan dengan memecah unsur-unsur masalah/peristiwa pada data dan menurut (Doggett, 2005) menentukan mengapa itu bisa terjadi berdasarkan 3 unsur, yaitu:

1. *Dispersion CED*: variabilitas dan keragaman dalam suatu kumpulan data yang terorganisir dari faktor yang berkontribusi
2. *Classification CED*: pemahaman yang berurut mencantumkan semua proses pada main arrow, faktor yang dapat mempengaruhi proses akan dicantumkan sebagai branches
3. *The Cause Enumeration CED*: semua faktor penyebab yang diajukan dan solusi tanpa batasan masalah dengan hasil diagram yang cukup lengkap

Metode RCA banyak digunakan dalam analisis keselamatan sistem kompleks karena mampu menjelaskan apa yang terjadi, bagaimana kejadian tersebut terjadi, dan mengapa kejadian tersebut dapat terjadi. Dengan pendekatan ini, penyelidikan tidak berhenti pada penyebab langsung, tetapi dilanjutkan hingga ditemukan penyebab sistemik yang sebenarnya. (Vanden Heuvel dkk., 2005)

I. Diagram *Fishbone*

Diagram Fishbone merupakan model diagram yang dikembangkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa pada tahun 1960 dan terkenal sebagai Diagram Ishikawa. Karena bentuknya menyerupai kerangka tulang ikan dengan bagian kepala, sirip, dan duri, orang menyebut diagram ini sebagai tulang ikan. Diagram *fishbone* membantu mengidentifikasi, mengeksplorasi, dan menggambarkan secara grafik setiap faktor yang berkontribusi pada suatu masalah. Diagram *fishbone* biasanya digunakan untuk mengidentifikasi masalah dan menentukan sumbernya. Selain digunakan untuk mengidentifikasi masalah dan penyebabnya, diagram *fishbone* ini juga dapat digunakan pada proses perubahan (Asmoko, 2013)

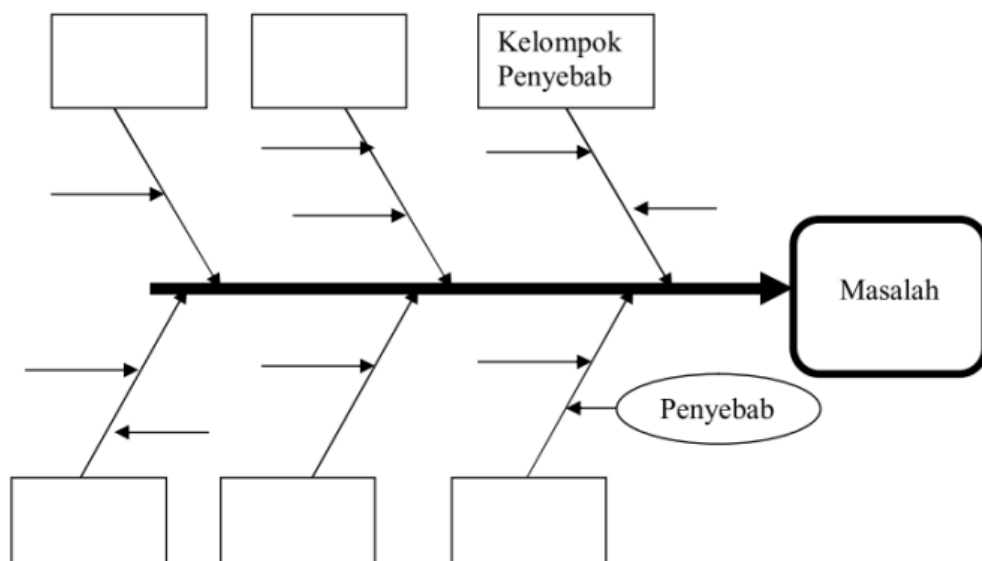
a. Manfaat Diagram *Fishbone* Penyebab suatu permasalahan dapat dianalisis menggunakan diagram *fishbone*. Manfaat menggunakan diagram *fishbone* antara lain:

- 1) Memfokuskan individu, tim, atau organisasi pada masalah utama. Analisis masalah dengan diagram *fishbone* akan membantu anggota tim memfokuskan pada masalah yang paling penting.
- 2) Membantu memberikan gambaran singkat tentang masalah tim atau organisasi. Sehingga tim mudah menemukan masalah utama, diagram *fishbone* dapat menunjukkan masalah utama secara singkat.
- 3) Menemukan cara untuk mencapai kesepakatan tentang alasan suatu masalah. Para anggota tim akan menggunakan teknik *brainstorming* untuk memberikan ide-ide tentang penyebab yang mendasari masalah. Ide-ide ini akan dibahas untuk menentukan mana dari penyebab tersebut berhubungan dengan masalah utama, dan juga untuk menentukan penyebab yang dominan.
- 4) Membangun dukungan anggota tim untuk menghasilkan solusi. Setelah penyebab masalah ditentukan, akan lebih mudah bagi anggota tim untuk mendukung proses menghasilkan solusi.

- 5) Memberikan perhatian tim pada sumber masalah. Diagram *fishbone* akan membantu tim menemukan penyebab masalah. Juga dapat dikembangkan untuk setiap penyebab yang telah ditentukan.
- 6) Membantu orang melihat bagaimana masalah dan penyebabnya berhubungan. Diagram *fishbone* akan menunjukkan hubungan ini dengan mudah.
- 7) Memudahkan tim dan anggota tim untuk berbicara, dan membuat diskusi lebih terfokus pada masalah dan alasan di baliknya

b. Langkah-Langkah Penyusunan Diagram *Fishbone*

- 1) Membuat kerangka diagram *fishbone*. Ini akan terdiri dari kepala ikan di bagian paling kanan. Nanti, kepala ikan ini akan digunakan untuk menunjukkan masalah utama; sirip, yang akan digunakan untuk menulis kelompok penyebab masalah; dan duri, yang akan digunakan untuk menunjukkan penyebab masalah (Asmoko, 2013). Berikut adalah bentuk diagram *fishbone* menurut (Asmoko, 2013):



Gambar II.8 Bentuk Diagram *Fishbone*
Sumber: Asmoko (2013)

- 2) Merumuskan masalah utama
- 3) Masalah didefinisikan sebagai adanya kesenjangan atau jarak antara kinerja yang sedang berjalan dengan kinerja yang diharapkan (Asmoko, 2013) Masalah utama ini akan ditempatkan pada bagian kanan dari diagram fishbone atau pada kepala ikan.
- 4) Langkah selanjutnya adalah mencari faktor-faktor utama yang berpengaruh atau berakibat pada permasalahan. Langkah-langkah ini dapat dilakukan dengan *brainstorming*. Menurut (Scavarda dkk., 2004) penyebab permasalahan dapat dikelompokkan dalam lima kelompok yaitu *materials* (bahan baku), *machine* dan *equipment* (mesin dan peralatan, *manpower* (sumber daya manusia), *methods* (metode), *mother nature/environment* (lingkungan) dan *measurement* (pengukuran). Kelompok masalah ini yang sebagian ditampilkan pada sirip ikan.
- 5) Mencari penyebab untuk masing-masing kelompok penyebab masalah dan ditempatkan pada duri ikan
- 6) Langkah selanjutnya setelah masalah dan penyebabnya sudah ditemukan, kita dapat menggambarkan dalam diagram *fishbone*.

J. Diagram Pareto

Diagram Pareto merupakan teknik analisis statistik yang digunakan untuk mengidentifikasi pola ketidakseimbangan berdasarkan prinsip 80/20, dimana sebagian kecil penyebab memberikan kontribusi terbesar terhadap suatu permasalahan. Metode ini membantu peneliti untuk memfokuskan perhatian pada faktor yang paling dominan sehingga perbaikan dapat dilakukan secara efektif (Shinde dkk., 2014). Selain itu, diagram Pareto digunakan untuk menentukan prioritas penyebab masalah berdasarkan frekuensi kejadian atau tingkat dampaknya, sehingga analisis dapat difokuskan pada akar masalah yang paling signifikan (Kumar dkk., 2013). *Pareto analysis* juga digunakan untuk mengurangi ketidakseimbangan dalam sistem dengan mengidentifikasi faktor utama yang

mempengaruhi kualitas dan kinerja sistem secara keseluruhan (Antosz & Stadnicka, 2020).

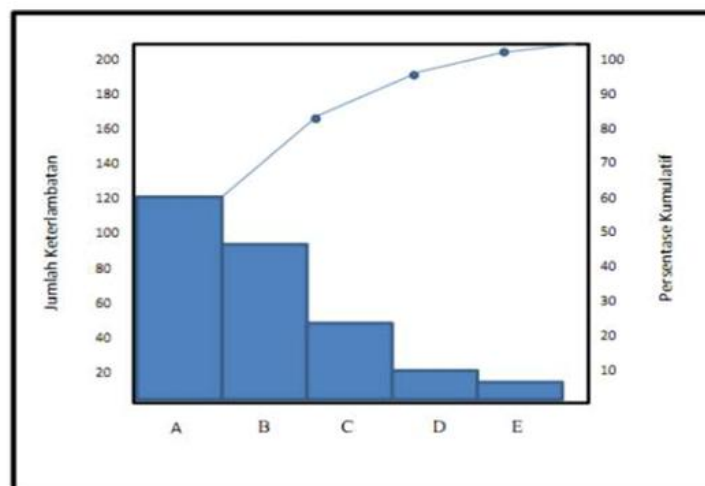
1. Fungsi Diagram Pareto

Diagram pareto berfungsi untuk mengetahui masalah utama dari yang dihadapi dan sebagai kunci dari penyelesaian masalah. Beberapa kegunaan diagram pareto adalah:

- 1) Mengetahui prioritas sebab – sebab dari masalah atau kejadian yang sedang atau perlu ditangani
- 2) Menunjukkan hasil upaya perbaikan
- 3) Menyusun data sebagai informasi yang berguna

2. Langkah – Langkah menganalisis menggunakan diagram pareto

- 1) Menentukan sebuah permasalahan dan data yang akan diteliti.
- 2) Mengurutkan dan menentukan frekuensi terjadinya dengan daftar permasalahan .
- 3) Menghitung persentase dari frekuensi terjadinya dengan membuat daftar permasalahan
- 4) Membuat diagram agar mengetahui frekuensi yang paling tertinggi dalam sebuah permasalahan untuk melakukan analisis selanjutnya



Gambar II.9 Contoh Diagram Pareto
Sumber: Lesmana dkk. (2024)

K. Metode 5W+1H

Konsep dari 5W+1H ini berisikan tentang enam pertanyaan dasar yang berfungsi untuk mengumpulkan informasi (Adi Nugraha & Herlina, 2021). Kalimat yang digunakan dalam pengumpulan informasi dalam metode ini adalah 5W+1H yang memiliki arti “apa”, “kapan”, “siapa”, “di mana”, “mengapa”, dan “bagaimana”. Secara khusus, pertanyaan-pertanyaan 5W1H ini biasanya dapat menggambarkan suatu peristiwa, kegiatan, atau diskusi (Narvala dkk., 2023).

1. *What*

Merupakan pertanyaan yang digunakan untuk mengetahui apa yang sedang terjadi atau topik yang ingin diketahui secara umum. Pertanyaan ini penting dalam penelitian karena memungkinkan peneliti untuk memfokuskan penelitian mereka pada aspek-aspek yang relevan dan membuat tujuan penelitian yang jelas.

2. *When*

Kapan adalah jenis pertanyaan yang digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang waktu peristiwa yang ditanyakan. Dalam konteks penelitian, pertanyaan ini penting karena waktu dapat mempengaruhi berbagai aspek suatu peristiwa, seperti penyebab dan akibat. Peneliti dapat membuat korelasi antara variabel yang ada dan menganalisis perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu dengan mengetahui waktu peristiwa terjadi.

3. *Who*

Merupakan jenis pertanyaan yang digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang subjek, orang, atau orang yang terlibat dalam peristiwa yang ditanyakan. Pertanyaan ini sangat penting dalam penelitian untuk menemukan pihak yang terlibat dalam suatu peristiwa. Peneliti dapat mengeksplorasi peran dan tanggung jawab masing-

masing pihak dan dampak mereka terhadap peristiwa tersebut dengan mengetahui siapa yang terlibat.

4. *Where*

Jenis pertanyaan ini digunakan untuk mencari lokasi atau informasi tentang lokasi. Pertanyaan ini membantu peneliti menentukan konteks geografis atau ruang dari fenomena yang diteliti. Lokasi kejadian dapat membantu dalam analisis data spasial dan geografis serta memberikan wawasan tentang aspek lingkungan yang mungkin mempengaruhi peristiwa tersebut.

5. *Why*

Pertanyaan "mengapa" digunakan untuk mencari informasi dengan fokus pada alasan atau latar belakang peristiwa yang ditanyakan. Dalam penelitian, pertanyaan ini sangat berguna untuk mendapatkan pemahaman tentang motivasi, faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian, dan penyebabnya. Mengetahui apa yang menyebabkan suatu peristiwa terjadi memungkinkan para peneliti untuk membuat teori dan hipotesis yang lebih mendalam serta memberikan penjelasan yang lebih mendalam tentang fenomena yang diteliti.

4. *How*

Merupakan jenis pertanyaan yang dimaksudkan untuk mendapatkan informasi lebih lanjut tentang proses atau rangkaian peristiwa yang ditanyakan. Memahami proses dan mekanisme yang terlibat dalam suatu kejadian membutuhkan pertanyaan ini. Dengan memahami proses, peneliti dapat menemukan elemen yang mempengaruhi proses, mengevaluasi seberapa efektif berbagai tindakan yang diambil, dan membuat saran untuk perbaikan di masa depan. Selain itu, data ini digunakan untuk membangun model dan teori yang lebih akurat dalam bidang penelitian yang terkait.

L. Wawancara (*Interview*)

Wawancara merupakan salah satu teknik pengumpulan data yang paling umum digunakan dalam penelitian kualitatif, yaitu proses interaksi langsung antara peneliti dan informan yang bertujuan untuk memperoleh data spesifik, klarifikasi, maupun pemahaman terhadap perspektif informan mengenai fenomena yang diteliti (Rachmawati, 2007). Berdasarkan tingkat kebebasan peneliti dalam mengembangkan pertanyaan selama proses berlangsung, wawancara dapat dibedakan menjadi wawancara terstruktur, semi – terstruktur, dan tidak terstruktur. Investigasi terhadap penerapan teknik wawancara pada penelitian kualitatif menunjukkan bahwa pemilihan jenis wawancara, jumlah informan, serta kriteria penentuan narasumber turut memengaruhi kualitas data dan keaslian analisis yang dihasilkan (Hansen, 2020)

Secara umum pelaksanaan wawancara dalam penelitian kualitatif melalui tahapan, yaitu persiapan wawancara (menentukan informan dan menyusun panduan pertanyaan), pelaksanaan wawancara, pencatatan dan perekaman data, serta analisis dan verifikasi data hasil wawancara.

Gambar II.10 Tahapan Pelaksanaan Wawancara dalam Penelitian Kualitatif



*Gambar II 1 Tahapan Pelaksanaan Wawancara dalam Penelitian Kualitatif
Sumber : (Rachmawati, 2007)*

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan teknik wawancara sebagai salah satu instrumen utama pengumpulan data kualitatif untuk mengungkap faktor teknis, operasional, dan *human factor* yang berkontribusi terhadap *autobrake disarm illuminated after touchdown*. Penjelasan lebih lanjut mengenai narasumber, jenis wawancara, serta prosedur pelaksanaannya akan diuraikan pada teknik pengumpulan data di Bab III.

M. Penelitian Terdahulu

Penulis menggunakan referensi dari jurnal terdahulu yang memiliki kaitan dengan penelitian ini. Tujuannya adalah agar memberikan pandangan dan memperjelas penelitian dengan membandingkan hasil penelitian penulis dengan jurnal-jurnal serupa. Berikut merupakan daftar jurnal yang digunakan:

Tabel II.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

Sumber: Olahan penulis (2026)

No.	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Analisis	Hasil Penelitian
1.	Hidayat (2019)	Kajian Perencanaan Kebutuhan <i>Brake Assy</i> Pesawat Boeing 737-400 di Salah Satu Perusahaan Penerbangan Indonesia	<i>Reliability</i> , statistik, dan analisis distribusi	Kebutuhan <i>brake assembly</i> Boeing 737-400 dianalisis berdasarkan nilai keandalan untuk menentukan jumlah suku cadang yang perlu disediakan. Hasilnya mendukung perencanaan perawatan dan ketersediaan komponen rem agar tidak mengganggu operasional pesawat.
2.	Taaqbier, Setiawan, dan Anhar (2022)	Perencanaan <i>Preventive Maintenance</i> Menggunakan Metode <i>Reliability</i> pada <i>Electrical System Auxiliary Power Unit</i> Boeing 737-500	FMECA dan distribusi <i>Weibull</i>	Penelitian mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan sistem kelistrikan APU Boeing 737-500 dan menentukan <i>critical lifetime</i> sebagai dasar penyusunan

No.	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Analisis	Hasil Penelitian
				jadwal <i>preventive maintenance</i> , sehingga keandalan sistem meningkat dan kegagalan dapat ditekan.
3.	Setiawan, Sofyan, dan Hadi (2021)	Perencanaan <i>Preventive Maintenance Ram Air Actuator</i> pada Pesawat Boeing 737 Next Generation Menggunakan Metode <i>Reliability</i> di PT. GMF AeroAsia	FMEA dan distribusi <i>Weibull</i>	Ditemukan beberapa penyebab kegagalan <i>ram air actuator</i> , yaitu keausan, kerusakan <i>bearing</i> , gangguan <i>housing assembly</i> , gangguan kelistrikan, dan komponen macet. Nilai keandalan digunakan untuk menetapkan perencanaan <i>preventive maintenance</i> .
4.	Bimantara, Riyanti, dan Herdianto (2026)	Analisis Kegagalan <i>Brake Servo Valve Hydraulic System Blue</i> pada <i>Main Landing Gear</i> Pesawat Airbus A330 dengan Metode FMEA dan FTA di PT. XYZ	FMEA dan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	Tercatat 57 <i>unscheduled removal</i> pada <i>brake servo valve</i> selama periode 2020–2024. FMEA dan FTA digunakan untuk mengidentifikasi <i>failure mode</i> sekaligus memetakan hubungan antarp penyebab kegagalan pada sistem pengereman hidrolik.
5.	Anchiby, Herwanto, dan Kalbuana (2026)	Analisis Kegagalan <i>Cabin Rate of Climb Indicator</i> P/N WL501RC1 pada Boeing 737-800 di PT. GMF AeroAsia Tbk	<i>Root Cause Analysis</i> (RCA) dengan diagram Pareto dan diagram <i>fishbone</i>	Kegagalan berulang pada komponen Boeing 737-800 dianalisis dengan pendekatan kualitatif. RCA yang didukung diagram Pareto dan diagram <i>fishbone</i> digunakan untuk menetapkan penyebab utama

No.	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Analisis	Hasil Penelitian
				kegagalan berdasarkan <i>removal report</i> , observasi, wawancara, dan dokumentasi teknis.

Berdasarkan Tabel II.1 terlihat bahwa penelitian terdahulu pada bidang perawatan pesawat udara umumnya menempuh dua jalur. Jalur pertama bertumpu pada pendekatan kuantitatif berbasis keandalan, seperti *reliability*, FMEA, FMECA, distribusi *Weibull*, dan *Fault Tree Analysis*, yang dipakai Hidayat (2019), Taaqbier dkk. (2022), Setiawan dkk. (2021), serta Bimantara dkk. (2026) untuk menetapkan kebutuhan suku cadang, jadwal *preventive maintenance*, dan pemetaan *failure mode*. Jalur kedua bertumpu pada pendekatan kualitatif berbasis *Root Cause Analysis*, sebagaimana dilakukan Anchiby dkk. (2026) yang memadukan diagram Pareto dan diagram *fishbone* untuk menelusuri penyebab kegagalan berulang pada komponen Boeing 737-800.

Penelitian ini mengikuti jalur kedua, namun dengan dua perbedaan pokok. Pertama, objek yang dikaji adalah *autobrake system* pada Boeing 737-8 MAX, sedangkan penelitian terdahulu mengkaji *brake assembly*, APU, *ram air actuator*, *brake servo valve* Airbus A330, dan *cabin rate of climb indicator*. Kedua, penelitian terdahulu berangkat dari kegagalan yang komponen rusaknya berhasil dipastikan, sedangkan penelitian ini justru berfokus pada kejadian yang sebagian besar tidak dapat dikonfirmasi penyebabnya (*No Fault Found*) karena bersifat *intermittent*. Kedua perbedaan tersebut menjadi kebaruan penelitian ini.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara ilmiah yang ditempuh secara sistematis untuk memperoleh data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Tahapan yang ditempuh meliputi penentuan lokasi penelitian, penentuan sumber data, prosedur pengumpulan data, teknik analisis data, sampai dengan pengujian keabsahan data. Rangkaian tahapan tersebut disusun agar data yang diperoleh mampu menjelaskan fenomena secara menyeluruh dan dapat dipertanggungjawabkan (Sugiyono, 2019).

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif. Disebut kualitatif karena data yang dihimpun berupa uraian kata, catatan perawatan, dokumen teknis, dan keterangan narasumber, bukan angka hasil pengukuran, serta karena penulis sendiri berperan sebagai instrumen utama penelitian (Sugiyono, 2019; Moleong, 2021). Disebut deskriptif karena tujuan penelitian adalah menggambarkan keadaan yang sebenarnya terjadi di lapangan secara apa adanya, yaitu bagaimana kejadian *autobrake disarm illuminated after touchdown* muncul, bagaimana kejadian tersebut ditangani teknisi, dan faktor apa saja yang melatarinya, tanpa memberikan perlakuan atau pengondisian apa pun terhadap objek yang diteliti (Sandelowski, 2000; Doyle dkk., 2020).

Pemilihan metode kualitatif deskriptif didasarkan pada tiga pertimbangan berikut: Rumusan masalah penelitian berbentuk pertanyaan “bagaimana”, bukan pertanyaan mengenai besar pengaruh atau hubungan antarvariabel, sehingga jawabannya berupa uraian dan bukan angka hasil pengujian statistik.

Data utama penelitian berupa catatan *Aircraft Maintenance Logbook* (AML), *Deferred Defect List* (DDL), dokumen teknis pabrikan, serta pengalaman personel perawatan. Jenis data seperti ini hanya dapat dimaknai melalui penelaahan isi, bukan melalui perhitungan statistik inferensial.

Jumlah objek penelitian terbatas, yaitu dua unit pesawat Boeing 737-8 MAX pada satu operator, sehingga penelitian diarahkan pada pemahaman mendalam atas kasus tersebut dan bukan pada penarikan generalisasi untuk seluruh populasi armada.

Langkah kerja metode kualitatif deskriptif dalam penelitian ini ditempuh secara berurutan, yaitu

- (1) menghimpun data kejadian dari AML dan DDL;
- (2) menyaring dan menggabungkan entri yang berasal dari satu rangkaian *troubleshooting* menjadi satu kasus;
- (3) menyajikan data dalam bentuk tabel rekapitulasi dan diagram;
- (4) menggambarkan pola yang muncul dari data tersebut;
- (5) memperdalam gambaran itu melalui wawancara dengan personel perawatan.
- (6) menarik kesimpulan secara induktif, yaitu dari temuan lapangan menuju pernyataan umum.

Sebagai kerangka analisis, penelitian deskriptif ini menggunakan pendekatan *Root Cause Analysis* (RCA) dengan strategi studi kasus. Pendekatan yang ditempuh bersifat eksploratif dan naturalistik. Bersifat eksploratif berarti penelitian diarahkan untuk menggali dan menemukan pemahaman baru mengenai suatu masalah yang akar penyebabnya belum diketahui secara pasti, sedangkan bersifat naturalistik berarti seluruh pengumpulan data dan pengamatan dilakukan pada kondisi nyata di lapangan (*natural setting*) tanpa manipulasi, rekayasa, maupun pengondisian variabel oleh peneliti. RCA sendiri merupakan metode untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan secara sistematis dengan menelusuri hubungan sebab-akibat hingga tingkat paling mendasar, sehingga yang ditemukan bukan sekadar penyebab langsung, melainkan juga faktor sistemik yang membuat kegagalan terus berulang (Doggett, 2005). Dalam penelitian ini RCA dioperasikan melalui tiga alat bantu, yaitu diagram Pareto, diagram *fishbone*, dan kerangka 5W+1H, sebagaimana diuraikan pada Sub-bab F. Rancangan studi kasus dipilih karena penelitian memusatkan perhatian pada satu peristiwa yang dibatasi secara jelas oleh objek, tempat, dan waktu tertentu (Baxter & Jack, 2008).

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Gambar III.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Sumber: Olahan penulis (2026)

Penelitian dilaksanakan di PT. Airfast Indonesia yang beralamat di Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta, Tangerang, Banten. Waktu pelaksanaan penelitian

No	Kegiatan	Tahun	2025 - 2026																											
		Bulan	September				Oktober				November				Desember				Januari				Februari				Maret			
		Minggu	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Observasi lapangan																													
2	Penyusunan Proposal Tugas Akhir																													
3	Seminar Proposal																													
4	Studi literatur																													
5	Pengambilan Data																													
6	Pengolahan Data																													

Gambar III 1 Jadwal Penelitian

Sumber : (Data Pribadi)

berlangsung selama enam bulan, yaitu sejak bulan September 2025 sampai dengan bulan Februari 2026, dengan rincian tahapan sebagaimana disajikan pada Gambar III.1.

C. Penentuan Objek Penelitian

Objek penelitian dalam Tugas Akhir ini adalah *autobrake system* pada pesawat Boeing 737-8 MAX yang dioperasikan PT. Airfast Indonesia, dengan dua unit pesawat sebagai sasaran pengamatan, yaitu PK-OFI dan PK-OFM. Penentuan objek didasarkan pada laporan awak pesawat (*pilot report*) dan catatan *Aircraft Maintenance Logbook* (AML) yang berulang kali mencatat kejadian *autobrake disarm illuminated after touchdown*. Berdasarkan *Minimum Equipment List* (MEL), kerusakan tersebut tergolong *Category C*, yaitu kategori kelaikan yang masih mengizinkan pesawat dioperasikan paling lama sepuluh hari kalender terhitung sejak kerusakan ditemukan, sepanjang seluruh pembatasan operasional yang dipersyaratkan dipenuhi. Batas waktu tersebut membuat kejadian ini berpotensi

mengganggu jadwal operasional apabila akar penyebabnya tidak segera ditemukan, sehingga diperlukan penelusuran akar masalah yang lebih terstruktur.

D. Sumber dan Jenis Data

Sumber pengumpulan data dapat dibagi atas 2, yaitu: data langsung dari lapangan sering disebut data primer, dan data sekunder

1. Data Primer

Data primer pada penelitian diperoleh dari hasil dengan melakukan observasi dan wawancara yang diperoleh penulis terhadap narasumber yang ditentukan oleh penulis adalah engineer di PT. Airfast Indonesia yang memiliki type rating Boeing 737 – 8 MAX.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang telah dikumpulkan dan dipublikasikan oleh pihak lain dan bukan oleh peneliti langsung untuk tujuan berbeda seperti laporan resmi, artikel ilmiah, atau arsip statistik.(Purba, 2025). Data diperoleh berupa data *Aircraft Maintenance Manual* (AMM), *Aircraft Maintenance Logbook* (AML), *Minimum Equipment List* (MEL) dan *Interactive Fault Isolation Manual* (IFIM).

Seluruh data primer maupun sekunder tersebut diolah dengan pendekatan kualitatif deskriptif, yaitu dikelompokkan menurut gejala dan fakta yang muncul, kemudian diuraikan apa adanya sehingga hasil yang diperoleh valid, reliabel, komprehensif, objektif, dan dapat diverifikasi kebenarannya (Priadana, 2021).

E. Teknik Pengumpulan Data

Dalam teknik mengumpulkan data pada penelitian ini, penulis menggunakan teknik pengumpulan data, diantaranya:

a. Studi Literatur

Studi literatur berfungsi sebagai dukungan, evidensi ilmiah yang relevan dengan masalah yang diteliti sebagai pemandu agar fokus penelitian sesuai dengan

kenyataan di lapangan (Sugiyono, 2019). Dalam hal ini penulis mendapatkan hasil data dari AMM, IFIM dan MEL

b. Studi Lapangan

Studi lapangan didapat berdasarkan observasi data yang diperoleh penulis yaitu dokumen kejadian dan dokumen operasional dengan melacak *airworthiness* pada pesawat seperti AML dan *Work Order* (WO)

c. Wawancara

Wawancara merupakan bagian dari metode kualitatif dapat berupa kuesioner dan wawancara dengan tujuan mendapatkan sudut pandang terhadap apa yang terjadi di lapangan dalam hal ini adalah kegagalan *autobrake system*. Wawancara dapat dilakukan secara langsung guna menganalisis dan mengkonstruksi objek yang diteliti dengan jelas bersumber dari teori, wawasan yang luas terhadap yang diwawancara (Priadana, 2021) Dalam penelitian ini penulis melakukan wawancara tidak terstruktur pada *engineer* pemegang AMEL dengan *type rating* boeing 737 – 8 Max sebanyak 3, terkait mengenai komponen yang akan diteliti. Wawancara tak terstruktur adalah wawancara bebas dimana peneliti tidak menggunakan pedoman wawancara yang sistematis dalam mengumpulkan informasi. (Sugiyono, 2019)

Tabel III.1 Daftar Narasumber Wawancara

Sumber: Olahan penulis (2026)

No.	Kode Narasumber	Jabatan	Kualifikasi
1.	Narasumber 1	<i>Supervisor Line Maintenance</i>	Pemegang AMEL dengan <i>type rating</i> Boeing 737-8 MAX
2.	Narasumber 2	<i>Engineer in Charge</i>	Pemegang AMEL dengan <i>type rating</i> Boeing 737-8 MAX
3.	Narasumber 3	<i>Aircraft Maintenance Engineer</i>	Pemegang AMEL dengan <i>type rating</i> Boeing 737-8 MAX

Identitas narasumber pada Tabel III.1 disamarkan dalam bentuk kode sesuai kesepakatan dengan pihak perusahaan. Ketiga narasumber dipilih secara *purposive*, yaitu dipilih dengan sengaja berdasarkan pertimbangan bahwa yang bersangkutan menguasai dan terlibat langsung dalam penanganan kejadian *autobrake disarm* pada Boeing 737-8 MAX.

F. Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Analisis data dalam penelitian kualitatif deskriptif dilakukan secara bertahap, dimulai dari penelaahan data secara menyeluruh, kemudian dipersempit pada bagian yang paling relevan dengan rumusan masalah. Tahapan tersebut mengikuti alur reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan (Sugiyono, 2019). Pada tahap reduksi data, seluruh entri AML dan DDL diseleksi serta digabungkan apabila berasal dari satu rangkaian *troubleshooting*. Pada tahap penyajian data, hasil seleksi disusun dalam bentuk tabel rekapitulasi dan diagram. Pada tahap penarikan kesimpulan, pola yang muncul ditafsirkan dengan bantuan pendekatan *Root Cause Analysis* melalui tiga alat berikut:

1. Diagram Pareto

Diagram Pareto digunakan pada tahap awal untuk mengelompokkan jenis kegagalan dan mengurutkannya dari yang paling sering terjadi di sisi kiri diagram sampai yang paling jarang terjadi di sisi kanan diagram. Jenis kegagalan dengan persentase terbesar selanjutnya dijadikan masukan bagi diagram *fishbone* untuk ditelusuri akar penyebabnya.

2. Diagram *fishbone*

Setelah teridentifikasinya faktor dominan dari masalah utama yang menyebabkan autobrake system disarm, selanjutnya dilakukan analisis penyebab terjadinya faktor dominan tersebut dengan menggunakan *fishbone* diagram analysis dengan data yang di dapatkan melalui wawancara dengan engineer yang memiliki sertifikasi untuk boeing 737 – 8 max. Dalam menggunakan diagram ini melibatkan faktor

man, machine, method, material, dan environment. Kemudian setelah mengetahui penyebab terjadinya faktor utama, dilakukan usulan perbaikan dengan metode 5W+1H.

3. 5W+1H

Kerangka 5W+1H digunakan pada tahap akhir untuk menyusun usulan tindakan perbaikan. Setiap akar penyebab yang ditemukan pada diagram *fishbone* dijabarkan ke dalam enam pertanyaan, yaitu *what* (apa yang diperbaiki), *why* (mengapa perlu diperbaiki), *how* (bagaimana cara memperbaikinya), *who* (siapa yang bertanggung jawab), *where* (di mana perbaikan dilakukan), dan *when* (kapan perbaikan dilakukan), sehingga menghasilkan rumusan *corrective action* yang aplikatif bagi perusahaan.

G. Uji Keabsahan Data

Agar data yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan, penulis melakukan pengujian keabsahan data melalui tiga cara berikut:

Triangulasi sumber,

yaitu membandingkan keterangan yang diperoleh dari ketiga narasumber pada Tabel III.1. Keterangan yang saling menguatkan digunakan sebagai temuan, sedangkan keterangan yang berbeda ditelusuri kembali melalui pertanyaan lanjutan.

Triangulasi teknik,

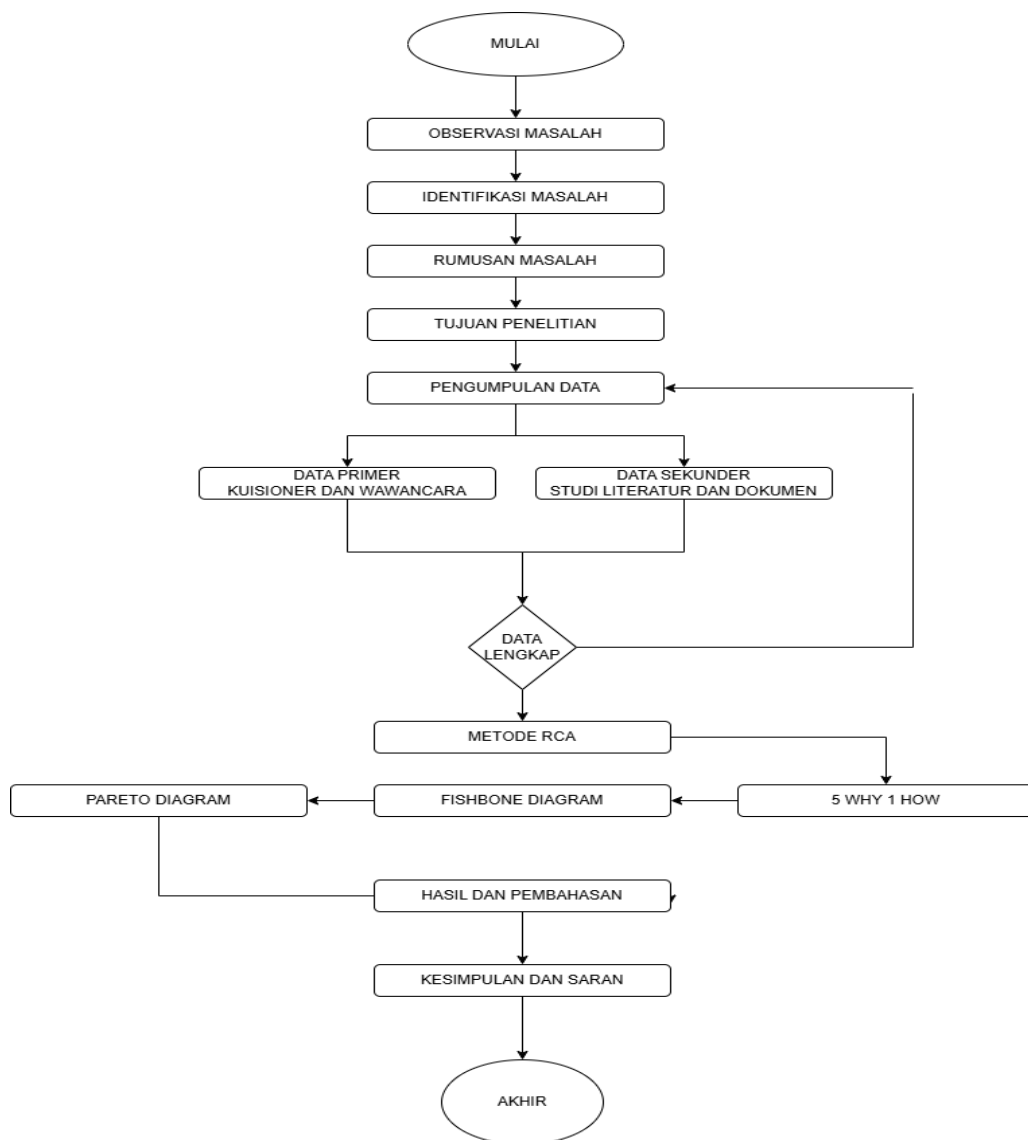
yaitu membandingkan hasil wawancara dengan dokumen tertulis berupa AML, DDL, IFIM, AMM, dan MEL, serta dengan hasil pengamatan langsung di area *line maintenance*.

Member check,

yaitu menyampaikan kembali rangkuman hasil wawancara dan kesimpulan sementara kepada narasumber untuk memastikan tidak terjadi salah tafsir sebelum data digunakan dalam analisis (Sugiyono, 2019; Doyle dkk., 2020).

H. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan model atau gambaran konseptual yang menjelaskan keterkaitan antarbagian dalam suatu penelitian (Priadana, 2021). Kerangka berpikir penelitian ini disusun mengikuti alur metode kualitatif deskriptif, yaitu dimulai dari fenomena di lapangan, pengumpulan data, penyajian data, analisis akar penyebab, sampai dengan perumusan tindakan perbaikan, sebagaimana disajikan pada Gambar III.2.



Gambar III.2 Kerangka Berpikir Penelitian
Sumber: Olahan penulis (2026)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Kegagalan Autobrake Disarm Illuminated After Touchdown

Data kegagalan *autobrake disarm illuminated after touchdown* merupakan data yang diperoleh dari unit *Engineering* dengan mengambil dari *Aircraft Maintenance Logbook* (AML) pada armada pesawat PK – OFI dan juga PK – OFM pada PT. Airfast Indonesia yang bertipe Boeing 737 – 8 Max. Data yang digunakan adalah data kejadian pada rentang waktu 16 Juni 2024 hingga 28 Juni 2026. Sejumlah entri AML yang berasal dari *troubleshooting* atau *Deferred Defect List* (DDL) yang sama menjadi satu kasus kegagalan, mengingat beberapa entri log merupakan catatan berulang dari satu rangkaian investigasi yang belum tuntas. Berdasarkan hasil konsolidasi tersebut, diperoleh 19 kasus kegagalan *autobrake disarm illuminated after touchdown* yang terdiri atas 16 kasus pada pesawat PK-OFI dan 3 kasus pada pesawat PK-OFM. Seluruh data yang digunakan merupakan data yang berasal dari sumber tanpa adanya perubahan substansi.

1. Rentang Waktu Pengambilan Data

Tabel IV.1 Rekapitulasi Kejadian *Autobrake System Disarm Illuminated After Touchdown* per Tahun dan Registrasi Pesawat

No	Tahun	registrasi	Registrasi AML/DDL	Jumlah Kasus
1.	2024	PK – OFI PK – OFM	AML JET-468; JET-831; DDL 07-07432; DDL 07-0743 DDL 07-07113; DDL 07-07124	7
2.	2025	PK – OFI	AML JET-2857; 3334; 3632; 3707; 3749; 3774;	11

			3798; 3843; 1308; 4159; 4162–4168	
3.	2026	PK – OFI PK – OFM	AML JET-4477 AML OFM-JET-4820	2
Total		19		

Sumber: Olahan penulis dari data AML dan DDL (2026)

Tabel IV.1 menunjukkan kejadian *autobrake disarm illuminated after touchdown* berdasarkan tahun dan registrasi pesawat pada rentang 16 Juni 2024 hingga 28 Juni 2026. Pesawat PK-OFI mendominasi jumlah kejadian dengan 16 dari 19 kasus (84,2%), sedangkan PK-OFM mencatatkan 3 kasus (15,8%). Perbedaan jumlah tersebut sejalan dengan selisih waktu mulai pencatatan pada data yang diperoleh, di mana PK-OFI pertama kali tercatat pada Juni 2024 sedangkan PK-OFM pada Agustus 2024, di samping kemungkinan perbedaan *flight cycle* kumulatif antar kedua pesawat yang belum dapat dipastikan tanpa data lebih lanjut. Meskipun demikian, kejadian yang tetap muncul pada kedua pesawat mengindikasikan bahwa permasalahan ini tidak terbatas pada satu unit tertentu, melainkan berpotensi bersifat sistemik pada tipe Boeing 737-8 MAX yang dioperasikan PT. Airfast Indonesia

2. Klasifikasi Jenis Kegagalan

Berdasarkan tabel IV.1 yang tersaji, selanjutnya diklasifikasikan berdasarkan hasil investigasi *troubleshooting* yang tercatat pada AML maupun DDL terkait, dengan mengacu pada prosedur *Interactive Fault Isolation Manual* (IFIM) Task 32-42-00-810-926 dan hasil pengujian mandiri *Built-In Test Equipment* (BITE) pada *Antiskid/Autobrake Control Unit* (AACU). BITE merupakan fitur uji mandiri yang tertanam di dalam AACU dan berfungsi menampilkan pesan kesalahan (*fault message*) yang tersimpan setelah suatu gangguan terjadi. Klasifikasi tersebut menghasilkan tiga kategori jenis kegagalan, yaitu *No Fault Found* (NFF)/Intermiten apabila prosedur *troubleshooting* tidak berhasil memastikan

komponen mana yang rusak, kerusakan *AB Solenoid Pressure Switch*, dan kerusakan *Pedal Switch* (S762 pada PK-OFI dan S763 pada PK-OFM). Rekapitulasi klasifikasi tersebut disajikan pada Tabel IV.2.

Tabel IV.2 Rekapitulasi Klasifikasi Kejadian *Autobrake Disarm Illuminated After Touchdown*

No.	Registrasi	Tanggal Kejadian	Nomor AML / DDL	Jenis Kegagalan
1.	PK – OFI	16-06-2024	AML JET-468	No Fault Found (NFF) / Intermitten
2.	PK – OFI	10-07-2024	AML JET-831	No Fault Found (NFF) / Intermitten
3.	PK – OFI	11-01-2024	DDL 07-07432	No Fault Found (NFF) / Intermitten
4.	PK – OFI	17-08-2024	DDL 07-07434	AB Solenoid Pressure Switch Rusak
5.	PK – OFM	06-09-2024	DDL 07-07113	No Fault Found (NFF) / Intermitten
6.	PK – OFM	27-10-2024	DDL 07-07124	Pedal Switch Rusak (S763)
7.	PK – OFI	17-02-2025	AML JET-2857	No Fault Found (NFF) / Intermitten
8.	PK – OFI	26-06-2025	AML JET-3334	No Fault Found (NFF) / Intermitten
9.	PK – OFI	12-08-2025	AML JET-3632	No Fault Found (NFF) / Intermitten
10.	PK – OFI	21-08-2025	AML JET-3707	No Fault Found (NFF) / Intermitten

No.	Registrasi	Tanggal Kejadian	Nomor AML / DDL	Jenis Kegagalan
11.	PK – OFI	03-09-2025	AML JET-3749	No Fault Found (NFF) / Intermitten
12.	PK – OFI	10-09-2025	AML JET-3774	No Fault Found (NFF) / Intermitten
13.	PK – OFI	15-09-2025	AML JET-3798	No Fault Found (NFF) / Intermitten
14.	PK – OFI	27-09-2025	AML JET-3843	AB Solenoid Pressure Switch Rusak
15.	PK – OFI	20-10-2025	AML JET-1308	No Fault Found (NFF) / Intermitten
16.	PK – OFI	16-11-2025	AML JET-4159	No Fault Found (NFF) / Intermitten
17.	PK – OFI	19-11-2025	AML JET-4162–4168	Pedal Switch Rusak (S762)
18.	PK – OFI	24-02-2026	AML JET-4477	No Fault Found (NFF) / Intermitten
19.	PK – OFM	28-06-2026	AML OFM-JET-4820	No Fault Found (NFF) / Intermitten

Sumber: Olahan penulis dari data AML dan DDL PK-OFI dan PK-OFM, 2024–2026

Dari 19 kasus pada Tabel IV.2, tiga kasus memiliki akar penyebab yang berhasil dikonfirmasi dan ditindaklanjuti dengan penggantian komponen, yaitu kasus No. 4 (DDL 07-07434) pada PK-OFI di mana hasil *BITE* menunjukkan pesan SOL P SW dan pemeriksaan lanjutan membuktikan tidak adanya kontinuitas pada AB *Solenoid Valve Pressure Switch*; kasus No. 14 (AML JET-3843) pada PK-OFI yang

menunjukkan gejala berulang pada dua penerbangan berturut-turut sehingga komponen yang sama diganti sebagai tindakan pencegahan; serta kasus No. 6 (DDL 07-07124) pada PK-OFM di mana *fault isolation* berhasil mengidentifikasi *Right Brake Pedal Switch S763* dalam kondisi *inoperative*. Kasus No. 17 (AML JET-4162–4168) pada PK-OFI turut menghasilkan penggantian *Left Pedal Switch S762* sebagai tindak lanjut meskipun *BITE* tidak menemukan kesalahan pada saat pemeriksaan. Kasus No. 19 merupakan kejadian terbaru pada PK-OFM (28 Juni 2026) dengan gejala yang sedikit berbeda, yaitu *brake* yang tetap *lock* meskipun lampu *autobrake disarm* menyala, dan baru kembali normal setelah *selector brake* dipindahkan ke posisi *manual off*; hasil *BITE AACU* pada kasus ini tidak menemukan kesalahan sehingga tetap diklasifikasikan sebagai NFF/Intermiten. Konteks tambahan atas kasus tersebut diuraikan lebih lanjut pada sub-bab B berdasarkan hasil wawancara narasumber.

3. Analisis Diagram Pareto Jenis Kegagalan Autobrake System

Berdasarkan hasil klasifikasi pada Tabel IV.2, data kemudian diolah menggunakan diagram Pareto untuk mengetahui jenis kegagalan yang paling dominan sebagaimana langkah-langkah yang diuraikan pada Bab II, yaitu menentukan permasalahan, mengurutkan frekuensi tiap kategori, menghitung persentase dan persentase kumulatif, kemudian menyajikannya dalam bentuk diagram. Hasil pengolahan data gabungan PK-OFI dan PK-OFM disajikan pada

Tabel IV.3 Tabel IV.3 Data Pareto Gabungan Jenis Kegagalan Autobrake Disarm (PK-OFI dan PK-OFM)

Jenis Kegagalan	Frekuensi	Persentase (%)	Frekuensi Kumulatif	Persentase Kumulatif (%)
No Fault Found (NFF) / Intermiten	15	78,9%	15	78,9%
AB Solenoid Pressure Switch Rusak	2	10,5%	17	89,5%
Pedal Switch Rusak (S762/S763)	2	10,5%	19	100,0%
Total		19	100,0%	

Sumber: Olahan penulis dari data AML dan DDL (2026)

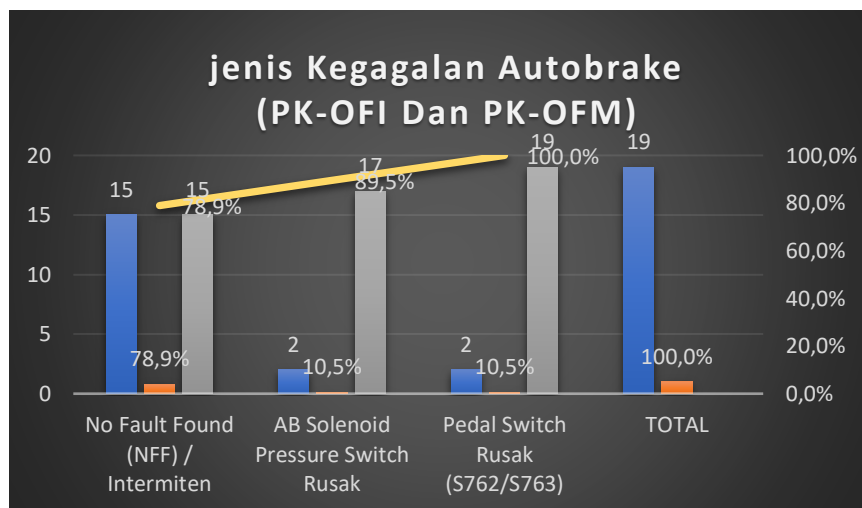
Tabel IV.4 Rincian Jenis Kegagalan per Registrasi Pesawat

Jenis Kegagalan	PK-OFI	PK-OFM	Total
No Fault Found (NFF) / Intermitten	13	2	15
AB Solenoid Pressure Switch Rusak	2	0	2
Pedal Switch Rusak (S762/S763)	1	1	2
Total	16	3	19

Sumber: Olahan penulis dari data AML dan DDL (2026)

Kategori "Pedal Switch Rusak" menggabungkan *Left Pedal Switch S762* (PK OFI) dan *Right Brake Pedal Switch S763* (PK-OFM) karena merupakan jenis komponen yang sama

Hasil pengolahan data pada Tabel IV.3 selanjutnya divisualisasikan dalam bentuk diagram Pareto pada Gambar IV.1 berikut



Gambar IV.1 Diagram Pareto Jenis Kegagalan *Autobrake Disarm Illuminated After Touchdown* (PK-OFI dan PK-OFM)

Sumber: Olahan penulis (2026)

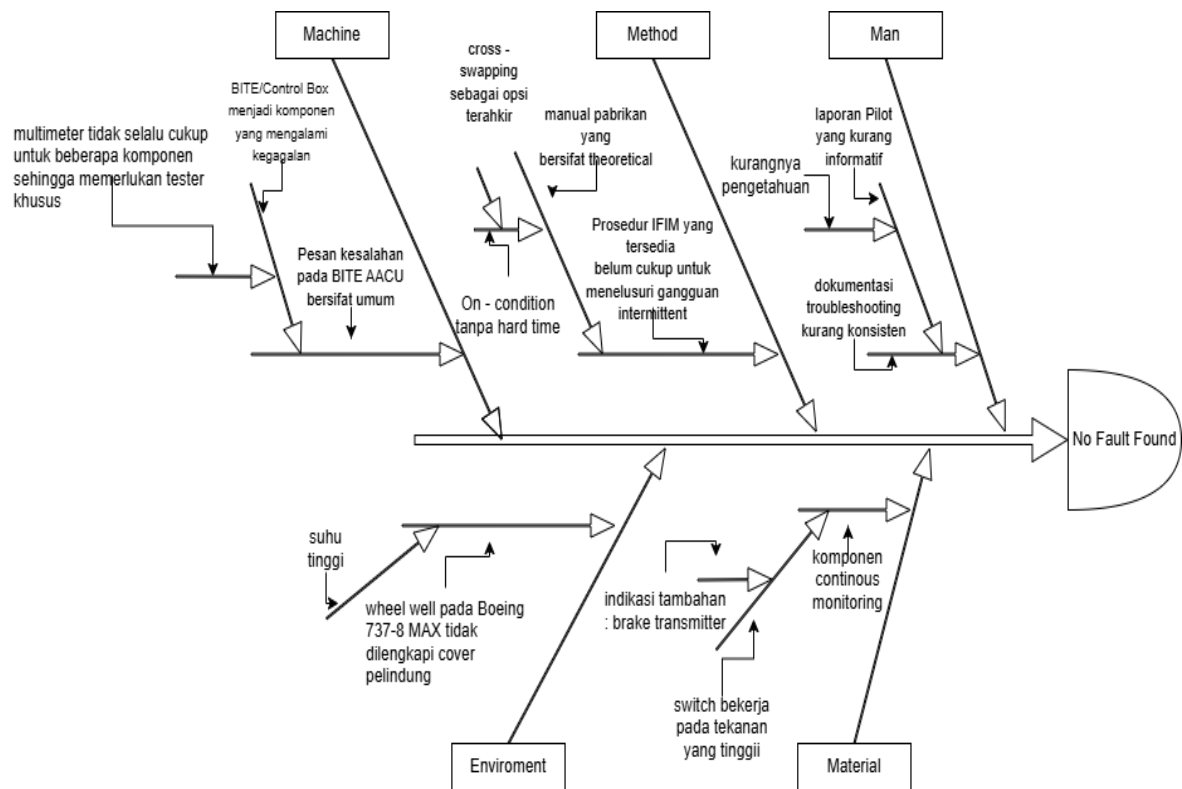
Berdasarkan Tabel IV.3 dan Gambar IV.1, kategori *No Fault Found (NFF)/Intermiten* merupakan hasil investigasi yang paling dominan dengan frekuensi 15 kasus atau 78,9% dari keseluruhan kejadian, mendekati proporsi dominan 80/20 yang menjadi prinsip dasar diagram Pareto sebagaimana diuraikan

pada Bab II. Temuan ini mengindikasikan bahwa sebagian besar laporan kegagalan *autobrake disarm illuminated after touchdown* tidak dapat dikonfirmasi penyebab pastinya melalui prosedur *BITE AACU* dan *IFIM Task 32-42-00-810-926* yang berlaku saat ini, sehingga sifat kegagalan yang *intermittent* dan sulit terdeteksi menjadi isu utama yang perlu ditelusuri lebih lanjut melalui diagram *fishbone*. Dua kategori lainnya, yaitu kerusakan *AB Solenoid Pressure Switch* dan kerusakan *Pedal Switch*, masing-masing berkontribusi 10,5% dan bersama-sama menyumbang 21,1% kasus yang akar penyebabnya berhasil dikonfirmasi dan ditindaklanjuti dengan penggantian komponen. Tabel IV.4 menunjukkan bahwa pola tersebut relatif konsisten pada kedua pesawat, dengan kategori NFF/*Intermiten* tetap mendominasi baik pada PK-OFI (13 dari 16 kasus) maupun PK-OFM (2 dari 3 kasus), yang mengindikasikan bahwa karakteristik kegagalan ini bersifat sistemik pada tipe pesawat Boeing 737-8 MAX dan bukan semata-mata disebabkan oleh kondisi unit pesawat tertentu. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada analisis akar penyebab dari jenis kegagalan tersebut, dengan penekanan utama pada faktor-faktor yang menyebabkan tingginya proporsi kasus yang tidak terkonfirmasi (NFF/*Intermiten*)

B. Analisis Penyebab Kegagalan dengan Diagram Fishbone

Berdasarkan hasil analisis diagram Pareto pada Sub-bab A, diketahui bahwa jenis kegagalan dengan frekuensi tertinggi adalah kasus yang tidak dapat dikonfirmasi penyebabnya atau *No Fault Found* akibat sifat gangguan yang *intermittent*. Oleh karena itu, analisis dilanjutkan dengan diagram *fishbone* untuk menelusuri akar penyebab tingginya proporsi temuan *No Fault Found* pada sistem *autobrake*. Agar data yang digunakan sah, penulis melakukan serangkaian wawancara dengan *Supervisor*, *Engineer in Charge*, dan *Aircraft Maintenance Engineer* yang memiliki *type rating* Boeing 737-8 MAX sebagaimana tercantum pada Tabel III.1. Hasil penelusuran tersebut disajikan pada Gambar IV.2.

Gambar IV.2 Diagram *Fishbone* Analisis Akar Penyebab *No Fault Found* pada Kejadian *Autobrake Disarm Illuminated After Touchdown*



Sumber: Olahan penulis (2026)

Berdasarkan hasil wawancara dan diskusi dengan para *engineer* sebagaimana dipetakan pada Gambar IV.2, penulis mengelompokkan akar penyebab tingginya temuan *No Fault Found* ke dalam lima faktor, yaitu *Man*, *Material*, *Method*, *Environment*, dan *Machine*. Uraian masing-masing faktor tersebut adalah sebagai berikut.

1. *Man*

Faktor *Man* berkaitan dengan personel yang terlibat dalam penanganan kejadian. Terdapat tiga temuan pada faktor ini. Pertama, dokumentasi langkah *troubleshooting* yang dicatat pada AML masih kurang terperinci, sehingga langkah yang telah ditempuh pada kejadian sebelumnya sulit ditelusuri kembali oleh teknisi berikutnya. Kedua, keterangan yang disampaikan awak pesawat melalui *pilot report* belum memuat parameter yang dibutuhkan, misalnya kecepatan pesawat, posisi *thrust lever*, dan

kondisi landasan pada saat lampu *disarm* menyala. Ketiga, pemahaman sebagian teknisi mengenai perilaku gangguan yang bersifat *intermittent* pada AACU masih terbatas, sehingga penelusuran cenderung berhenti ketika BITE tidak menampilkan pesan kesalahan.

2. *Material*

Faktor *Material* berkaitan dengan kondisi komponen. *Pressure switch* pada sistem *autobrake* bekerja menerima tekanan hidrolis tinggi secara berulang sepanjang umur pakainya, sementara kondisi komponen tersebut belum dipantau melalui pemantauan tren keandalan (*health trend monitoring*), yaitu pencatatan berkala atas parameter kerja komponen untuk mendeteksi gejala penurunan kinerja sebelum terjadi kerusakan. Akibatnya, gejala awal berupa indikasi yang berubah-ubah pada *brake transmitter* tidak terdeteksi sejak dini dan baru diketahui setelah muncul keluhan dari awak pesawat.

3. *Method*

Faktor *Method* berkaitan dengan prosedur kerja. Prosedur IFIM Task 32-42-00-810-926 yang tersedia masih bersifat umum dan belum menyediakan langkah khusus untuk menelusuri gangguan *intermittent* pada sistem *autobrake*. Selain itu, seluruh penggantian komponen kelistrikan *autobrake* masih menggunakan filosofi *on-condition*, yaitu komponen baru diganti apabila hasil pemeriksaan menunjukkan gejala kerusakan, tanpa disertai batas usia pakai tertentu (*hard time replacement*). Temuan ketiga berkaitan dengan pemahaman atas strategi *cross-swapping*, yaitu penukaran komponen sejenis antarpesawat untuk mengisolasi kerusakan. Berbeda dengan dugaan awal penulis, hasil wawancara menegaskan bahwa *cross-swapping* merupakan langkah terakhir yang hanya sah dilakukan apabila kedua komponen yang dipertukarkan belum terbukti rusak, bukan langkah pertama dalam penelusuran.

4. *Environment*

Faktor *Environment* merupakan kategori dengan tingkat ketidakpastian paling tinggi berdasarkan data wawancara yang diperoleh. Area *wheel well* pada Boeing 737-8 MAX tidak dilengkapi penutup (*cover*) pelindung, sehingga jalinan kabel dan konektor komponen kelistrikan di dalamnya terpapar langsung pada perubahan suhu, kelembapan udara, dan kotoran dari landasan. Meskipun demikian, PT. Airfast Indonesia belum mencatat data lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan kondisi landasan secara terstruktur pada setiap entri kejadian. Oleh karena itu, faktor lingkungan belum dapat disimpulkan sebagai akar penyebab yang pasti dan masih memerlukan pencatatan yang lebih sistematis pada waktu mendatang.

5. *Machine*

Faktor *Machine* berkaitan dengan keterbatasan perangkat diagnosis. Pesan kesalahan yang ditampilkan BITE AACU masih bersifat umum, sehingga sulit menunjuk komponen tertentu sebagai sumber gangguan. Di samping itu, sifat kegagalan yang *intermittent* membuat AACU tidak selalu sempat merekam gangguan sebelum sistem kembali ke kondisi normal. Kedua keterbatasan tersebut menyebabkan hasil pemeriksaan di darat sering kali dinyatakan *No Fault Found*.

C. Corrective Action

Setelah akar penyebab kegagalan ditelusuri melalui diagram *fishbone*, tahap berikutnya adalah menyusun usulan tindakan perbaikan (*corrective action*). Penyusunan usulan dilakukan dengan kerangka 5W+1H, yaitu dengan menjabarkan setiap akar penyebab ke dalam pertanyaan *what, why, how, who, where, dan when*, sehingga setiap usulan memiliki penanggung jawab, tempat pelaksanaan, dan tenggat waktu yang jelas. Rumusan lengkapnya disajikan pada Tabel IV.5.

Tabel IV.5 Rumusan *Corrective Action* dengan Kerangka 5W+1H
Sumber: Olahan penulis (2026)

Faktor	No.	What	Why	How	Who	Where	When
Man	1	Dokumentasi troubleshooting saat kejadian NFF/intermiten kurang detail	Belum ada form/checklist standar untuk mencatat kondisi saat troubleshooting kegagalan intermiten	Menyusun dan menerapkan form troubleshooting standar yang mewajibkan pencatatan fase penerbangan, kondisi runway, dan detail gejala	Engineering & Quality Assurance	Line Maintenance Station	Setiap kejadian baru, dievaluasi tiap 6 bulan
	2	Informasi yang diberikan pilot mengenai gejala disarm kurang lengkap	Belum ada standar pilot report khusus untuk kejadian autobrake disarm	Berkoordinasi dengan Flight Operation menyusun panduan pilot report yang memuat pertanyaan spesifik terkait autobrake disarm	Engineering & Flight Operation	Flight Operation Unit	Sebelum penerbangan berikutnya setelah kejadian dilaporkan
	3	Kurangnya pengetahuan teknisi mengenai karakteristik intermittent fault pada AACU B737-8 MAX	Belum ada pelatihan khusus mengenai sistem autobrake AACU pada varian Boeing 737-8 MAX	Mengadakan pelatihan/refresh training berkala mengenai sistem autobrake B737-8 MAX bagi teknisi dan engineer	Learning Center & Engineering	Training Center PT. Airfast Indonesia	Setiap 1 tahun sekali
Material	1	Switch bekerja pada tekanan tinggi terus-menerus sehingga timbul indikasi tambahan pada brake transmitter	Belum ada analisis keandalan (reliability) terhadap komponen switch yang bekerja pada tekanan tinggi berulang	Melakukan analisis reliability pada AB Solenoid Pressure Switch dan Pedal Switch untuk mengetahui batas usia pakai komponen	Engineering (Reliability Unit)	Engineering Unit	Saat tren kegagalan meningkat, evaluasi tahunan
	2	Belum ada monitoring kondisi (health trend) pada AB Solenoid Pressure Switch dan Pedal Switch	Program perawatan saat ini bersifat on condition tanpa data trend kondisi komponen	Memanfaatkan data BITE AACU untuk memantau tren parameter tekanan dan kondisi switch secara berkala	Engineering	Engineering Unit	Setiap A-Check
Method	1	Prosedur IFIM Task	IFIM belum mengakomodo	Mengajukan technical query	Engineering /	Engineering Unit	Setelah akumulasi

Faktor	No.	What	Why	How	Who	Where	When
		32-42-00-810-926 bersifat umum, kurang mendalam untuk troubleshooting intermiten	dasi karakteristik unik kegagalan intermiten pada tipe MAX	ke Boeing/Technical Services untuk penjabaran tambahan pada IFIM, serta menyusun local troubleshooting guide pelengkap	Technical Services		kasus NFF signifikan
	2	Penggantian komponen kelistrikan autobrake masih on condition tanpa interval hard time	Belum tersedia data reliability yang cukup untuk menetapkan interval hard time	Melakukan kajian Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk menentukan kebutuhan hard time replacement pada komponen kritis	Engineering (Reliability Unit)	Engineering Unit	Evaluasi program perawatan tahunan
	3	Kesalahpahaman prioritas strategi cross-swapping, dianggap langkah awal padahal opsi terakhir	Belum ada SOP tertulis yang menegaskan urutan prioritas troubleshooting sebelum cross-swap dilakukan	Menyusun dan menyosialisasikan SOP troubleshooting berjenjang yang menegaskan cross-swapping hanya dilakukan setelah komponen dipastikan belum terkonfirmasi rusak	Engineering & Quality Assurance	Briefing Room / Line Maintenance	Saat briefing sebelum pekerjaan troubleshooting
Environment	1	Area wheel well tidak memiliki cover pelindung sehingga komponen terpapar suhu dan kelembapan langsung	Merupakan karakteristik desain pesawat sehingga tidak dapat dimodifikasi operator	Melakukan inspeksi visual tambahan secara berkala pada wiring dan konektor di area wheel well, khususnya setelah operasi pada cuaca ekstrem	Certifying Staff / Line Maintenance	Wheel Well Area	Setiap transit check atau setelah cuaca ekstrem
	2	Belum ada pencatatan data lingkungan (suhu, kelembapan, kondisi runway) secara terstruktur	Format AML/DDL saat ini belum mewajibkan pencatatan parameter lingkungan	Menambahkan kolom pencatatan kondisi lingkungan pada form troubleshooting/AML setiap kejadian autobrake disarm	Engineering / Quality Assurance	Engineering Unit	Diterapkan mulai periode pelaporan berikutnya

Faktor	No.	What	Why	How	Who	Where	When
Machine	1	Pesan BITE AACU bersifat umum, sulit menunjuk komponen spesifik yang bermasalah	Desain BITE AACU tidak dirancang memberikan fault code granular pada level komponen	Menyampaikan feedback ke manufaktur terkait keterbatasan BITE, serta melengkapi pemeriksaan manual tambahan saat BITE menampilkan pesan umum	Engineering	Engineering Unit	Saat kejadian NFF berulang
	2	Sifat intermiten membuat AACU tidak sempat merekam gangguan sebelum sistem kembali normal	Keterbatasan sistem monitoring real-time pada BITE AACU yang ada saat ini	Mengarahkan flight crew agar segera menghubungi maintenance control saat kejadian terjadi sebelum reset, serta mengusulkan evaluasi upgrade software BITE ke Boeing	Flight Crew (koordinasi) & Engineering	Cockpit / Engineering Unit	Saat kejadian berlangsung

Berdasarkan Tabel IV.5, usulan *corrective action* yang dihasilkan mencakup perbaikan pada aspek dokumentasi dan pelatihan personel (*Man*), analisis keandalan komponen switch (*Material*), penyempurnaan prosedur troubleshooting dan kajian interval penggantian komponen (*Method*), peningkatan inspeksi serta pencatatan kondisi lingkungan pada area *wheel well* (*Environment*), dan penanganan keterbatasan sistem BITE AACU (*Machine*). Usulan tindakan ini diharapkan dapat mengurangi proporsi kasus *No Fault Found* (NFF)/*Intermiten* pada kejadian *autobrake disarm illuminated after touchdown* di PT. Airfast Indonesia pada armada Boeing 737-8 MAX.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab IV sebelumnya mengenai penyebab kegagalan yang terjadi pada autobrake system, didapatkan sebuah kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor teknis dan operasional penyebab kejadian *autobrake disarm illuminated after touchdown*. Hasil analisis terhadap 19 kasus pada pesawat PK-OFI dan PK-OFM selama periode 16 Juni 2024 sampai dengan 28 Juni 2026 menunjukkan bahwa jenis kegagalan yang paling dominan adalah *No Fault Found* (NFF)/Intermiten sebesar 78,9% atau 15 dari 19 kasus, diikuti kerusakan *AB Solenoid Pressure Switch* sebesar 10,5% dan kerusakan *Pedal Switch* (S762/S763) sebesar 10,5%. Dengan demikian, penyebab teknis yang berhasil dipastikan hanya mencakup 21,1% kasus, sedangkan sebagian besar sisanya merupakan gangguan yang bersifat sementara dan tidak terekam pada pengujian BITE di darat.
2. Efektivitas prosedur penanganan dan *troubleshooting* di lapangan. Prosedur yang berlaku saat ini, yaitu *Interactive Fault Isolation Manual* (IFIM) dan pengujian *Built-In Test Equipment* (BITE), belum cukup efektif untuk menelusuri gangguan yang bersifat *intermittent*, sebagaimana terlihat dari tingginya proporsi kasus *No Fault Found* (NFF). Selain itu, strategi *cross-swapping* (pengantian unit pesawat) yang seharusnya menjadi langkah terakhir masih kerap dipahami sebagai langkah awal penelusuran. Berdasarkan kerangka 5W+1H pada Tabel IV.5, penulis merumuskan tindakan perbaikan berupa penyusunan formulir *troubleshooting* baku, pengajuan *technical query* kepada Boeing untuk penjabaran tambahan pada IFIM, analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM) guna menetapkan *interval hard time replacement* pada komponen kritis, penyusunan SOP *troubleshooting*

berjenjang, serta penambahan kolom pencatatan kondisi lingkungan pada formulir *troubleshooting* dan *Aircraft Maintenance Logbook* (AML).

3. Peran faktor manusia (*human factor*). Hasil analisis diagram *fishbone* menunjukkan bahwa dari lima faktor yang ditelusuri, yaitu *Man*, *Material*, *Method*, *Environment*, dan *Machine*, faktor manusia memberikan kontribusi yang menonjol terhadap sulitnya penanganan kejadian ini. Kontribusi tersebut tampak pada dokumentasi *troubleshooting* yang kurang terperinci, keterangan *pilot report* yang belum memuat parameter kejadian secara lengkap, serta keterbatasan pemahaman teknisi mengenai sifat *intermittent fault* pada aacu Boeing 737-8 MAX. Ketiga hal tersebut turut memperbesar proporsi kasus yang tidak dapat dikonfirmasi penyebabnya pada saat pengujian BITE dilakukan.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, penulis menyampaikan saran yang diurutkan mulai dari pihak yang paling berkepentingan terhadap hasil penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi PT. Airfast Indonesia, disarankan menerapkan usulan *corrective action* pada Tabel IV.5, terutama penyusunan formulir *troubleshooting* yang mewajibkan pencatatan fase penerbangan, kondisi landasan, dan gejala yang teramati; penyelenggaraan pelatihan penyegaran berkala bagi teknisi mengenai sistem *autobrake* Boeing 737-8 MAX; serta penambahan kolom pencatatan kondisi lingkungan pada setiap entri AML.
2. Bagi unit *Engineering*, disarankan melakukan kajian keandalan lebih lanjut terhadap komponen *AB Solenoid Pressure Switch* dan *Pedal Switch*, serta disarankan untuk *engineering* mengajukan *technical query* kepada Boeing agar *Interactive Fault Isolation Manual* (IFIM) dilengkapi langkah khusus

penanganan gangguan *intermittent*, sehingga proporsi kasus *No Fault Found* dapat ditekan.

3. Bagi unit *Flight Operation*, disarankan menyusun panduan *pilot report* khusus untuk kejadian *autobrake disarm* agar keterangan yang disampaikan awak pesawat lebih terperinci dan dapat langsung digunakan sebagai data pendukung *troubleshooting*.
4. Bagi penelitian selanjutnya, disarankan melakukan penelitian lanjutan dengan periode data yang lebih panjang dan jumlah sampel pesawat yang lebih banyak, serta melengkapi data dengan pencatatan kondisi lingkungan secara kuantitatif agar faktor *Environment* dapat dianalisis lebih meyakinkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aero Guide. (2026). *Aircraft brakes* [Gambar]. Aircraft Systems. <https://www.aircraftsystemstech.com/>
- Airfast Indonesia. (2026). *Our fleet*. <https://www.airfastindonesia.com/ourfleet>
- Anchiby, F., Herwanto, D., & Kalbuana, N. (2026). Analisis kegagalan cabin rate of climb indicator P/N WL501RC1 pada Boeing 737-800 di PT. GMF AeroAsia Tbk. *Jurnal Teknik*, 6(1). <https://doi.org/10.55606/teknik.v6i1.8580>
- Antosz, K., & Stadnicka, D. (2020). [Judul artikel, nama jurnal, volume(nomor), halaman, dan DOI mohon dilengkapi penulis].
- Asmoko, H. (2013). *Teknik ilustrasi masalah: Fishbone diagram*. Balai Diklat Kepemimpinan, Badan Pendidikan dan Pelatihan Keuangan, Kementerian Keuangan Republik Indonesia.
- Baxter, P., & Jack, S. (2008). Qualitative case study methodology: Study design and implementation for novice researchers. *The Qualitative Report*, 13(4), 544–559. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2008.1573>
- Bimantara, B., Riyanti, L. E., & Herdianto, D. (2026). Analisis kegagalan brake servo valve hydraulic system blue pada main landing gear pesawat Airbus A330 dengan metode FMEA dan FTA di PT. XYZ. *Jurnal Teknik*, 6(1). <https://doi.org/10.55606/teknik.v6i1.8651>
- Boeing. (2018). *Boeing B737-600/700/800/900 (CFM56) to B737-7/8/9 (CFM LEAP-1B) differences: Landing gear* [Training manual]. The Boeing Company.
- Boeing. (2026). *737 MAX*. <https://www.boeing.com/commercial/737max>
- Brady, C. (n.d.). *The Boeing 737 technical site: Landing gear*. Diakses 7 April 2026, dari <http://www.b737.org.uk/landinggear.htm>
- Crane Aerospace & Electronics. (2026). *Autobrake systems*. <https://www.craneae.com/autobrakes>
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2000). *Civil Aviation Safety Regulation (CASR) Part 43: Maintenance, preventive maintenance, rebuilding and alteration*. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Doggett, A. M. (2005). Root cause analysis: A framework for tool selection. *Quality Management Journal*, 12(4), 34–45.
- Doyle, L., McCabe, C., Keogh, B., Brady, A., & McCann, M. (2020). An overview of the qualitative descriptive design within nursing research. *Journal of Research in Nursing*, 25(5), 443–455. <https://doi.org/10.1177/1744987119880234>

- Hansen, S. (2020). Investigasi teknik wawancara dalam penelitian kualitatif manajemen konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil*, 27(3), 283–294. <https://doi.org/10.5614/jts.2020.27.3.10>
- Hidayat, Z. (2019). Kajian perencanaan kebutuhan brake assy pesawat Boeing 737-400 di salah satu perusahaan penerbangan Indonesia. *Langit Biru: Jurnal Ilmiah Aviasi*, 12(2). <https://doi.org/10.54147/langitbiru.v12i2.168>
- International Civil Aviation Organization. (2025). *Safety report 2025 edition: State of global aviation safety*. ICAO. https://www.icao.int/sites/default/files/sp-files/safety/Documents/ICAO_SR_2025.pdf
- Jammal, P. (2025). Advancing aviation safety through predictive maintenance: A machine learning approach for carbon brake wear severity classification. *Aerospace*, 12(7), 602. <https://www.mdpi.com/2226-4310/12/7/602>
- Jiao, Z., Bai, N., Sun, D., Liu, X., Shang, Y., & Wu, S. (2021). A novel aircraft brake disturbance recognition model. *Aerospace Science and Technology*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1270963820310191>
- Kumar, S., dkk. (2013). [Judul artikel, nama jurnal, volume(nomor), halaman, dan DOI mohon dilengkapi penulis].
- Lesmana, dkk. (2024). [Judul artikel, nama jurnal, volume(nomor), halaman, dan DOI mohon dilengkapi penulis].
- Mendoza Lopetegui, J. J., Papa, G., & Tanelli, M. (2023). Active and data-driven health and usage monitoring of aircraft brakes. *IFAC-PapersOnLine*, 56(2), 6203–6208. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.10.735>
- Mofokeng, T., Mativenga, P. T., & Marnewick, A. (2020). Analysis of aircraft maintenance processes and cost. *Procedia CIRP*, 90, 467–472. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.01.115>
- Moleong, L. J. (2021). *Metodologi penelitian kualitatif* (Edisi revisi). PT Remaja Rosdakarya.
- Narvala, H., dkk. (2023). [Judul artikel, nama jurnal, volume(nomor), halaman, dan DOI mohon dilengkapi penulis].
- Nugraha, A., & Herlina. (2021). [Judul artikel, nama jurnal, volume(nomor), halaman, dan DOI mohon dilengkapi penulis].
- Priadana, M. S. (2021). *Metode penelitian kuantitatif*. Pascal Books.
- Purba, A. T. A. (2025). *Metodologi kuantitatif dan kualitatif: Teoritis dan praktis*. [Nama penerbit mohon dilengkapi penulis].
- Rachmawati, I. N. (2007). Pengumpulan data dalam penelitian kualitatif: Wawancara. *Jurnal Keperawatan Indonesia*, 11(1), 35–40. <https://doi.org/10.7454/jki.v11i1.184>

- Sandelowski, M. (2000). Whatever happened to qualitative description? *Research in Nursing & Health*, 23(4), 334–340. [https://doi.org/10.1002/1098-240X\(200008\)23:4<334::AID-NUR9>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/1098-240X(200008)23:4<334::AID-NUR9>3.0.CO;2-G)
- Scavarda, A. J., Bouzdine-Chameeva, T., Goldstein, S. M., Hays, J. M., & Hill, A. V. (2004). *A review of the causal mapping practice and research literature* [Working paper]. Second World Conference on POM and 15th Annual POM Conference.
- Setiawan, F., Sofyan, E., & Hadi, M. (2021). Perencanaan preventive maintenance ram air actuator pada pesawat Boeing 737 Next Generation menggunakan metode reliability di PT. GMF AeroAsia. *JAMERE*, 1(2). <https://doi.org/10.52158/jamere.v1i2.246>
- Shinde, D., dkk. (2014). [Judul artikel, nama jurnal, volume(nomor), halaman, dan DOI mohon dilengkapi penulis].
- Singh, S. K., Abbassi, H., & Tarasi, P. (2024). *3D investigation into the thermal behavior of the wet multi-disk axle brake of an off-highway machinery*. [Nama jurnal, volume(nomor), halaman, dan DOI mohon dilengkapi penulis].
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Taaqbier, M., Setiawan, F., & Anhar, M. (2022). Perencanaan preventive maintenance menggunakan metode reliability pada electrical system auxiliary power unit Boeing 737-500. *Injection*, 2(1). <https://doi.org/10.58466/injection.v2i1.1463>
- Vanden Heuvel, L. N., Lorenzo, D. K., Jackson, L. O., Hanson, W. E., Rooney, J. J., & Walker, D. A. (2005). *Root cause analysis handbook: A guide to effective incident investigation*. ABS Consulting.
- Vinsiya, A. M., Rohini Janaki, B., & Martina Kings, R. (2023). *Comparative structural and frictional analyses on various lightweight materials for aircraft disc brake*. [Nama jurnal, volume(nomor), halaman, dan DOI mohon dilengkapi penulis].
- Zhang, Y., dkk. (2025). [Judul artikel, nama jurnal, volume(nomor), halaman, dan DOI mohon dilengkapi penulis].

LAMPIRAN

Lampiran A Data Kerusakan *Autobrake System Disarm Illuminated After Touchdown* pada *Aircraft Maintenance Logbook* (AML) Berdasarkan Hasil Observasi

[illegible]

Lampiran B Data *Autobrake System Report* Berdasarkan AML pada PK-OFI

No	Date	A/C Registration	Aircraft Type	Report	Category
1	2024-06-16	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Autobrake disarm light illuminate after landing (fault code 32485300)	No Fault Found (NFF) / Intermiten
2	2024-07-10	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Autobrake disarm light illuminate immediately after touch down	No Fault Found (NFF) / Intermiten
3	2024-07-11 s/d 31	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Autobrake disarm light comes on during landing (berulang)	No Fault Found (NFF) / Intermiten
4	2024-08-01 s/d 17	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Autobrake disarm when touch down (berulang)	AB Solenoid Pressure Switch Rusak
5	2025-02-17	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Autobrake disarm light come on during landing	No Fault Found (NFF) / Intermiten
6	2025-06-26	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Autobrake disarm light comes on during landing	No Fault Found (NFF) / Intermiten
7	2025-08-12	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Fault code 324 853 00 (pilot report)	No Fault Found (NFF) / Intermiten
8	2025-08-21	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Fault code 324 853 00 (pilot report)	No Fault Found (NFF) / Intermiten
9	2025-09-03	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Autobrake disarm light illuminated after touch down	No Fault Found (NFF) / Intermiten
10	2025-09-10	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Autobrake disarm light comes on during landing (90 kts)	No Fault Found (NFF) / Intermiten
11	2025-09-15	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Autobrake disarm light illuminate after touch down	No Fault Found (NFF) / Intermiten
12	2025-09-27	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Autobrake disarm light illuminated immediately after touchdown (2 flight berturut-turut)	AB Solenoid Pressure Switch Rusak
13	2025-10-20	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Autobrake disarm light illuminated after touchdown	No Fault Found (NFF) / Intermiten
14	2025-11-16	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Autobrake disarm light illuminated during touch down	No Fault Found (NFF) / Intermiten
15	2025-11-18 s/d 19	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Uncommanded autobrake disarm, occurred immediately after touchdown	Pedal Switch Rusak (S762/S763)
16	2026-02-24	PK-OFI	Boeing 737 - 8 MAX	Autobrake sulit di-disarm pada sisi pedal kiri	No Fault Found (NFF) / Intermiten

Lampiran C Data *Autobrake System Report* Berdasarkan AML pada PK-OFM

No	Date	A/C Registration	Aircraft Type	Report	Category
1	2024-08-06 s/d 09	PK-OFM	Boeing 737 - 8 MAX	Autobrake disarm illuminated after touchdown for landing	No Fault Found (NFF) / Intermitten
2	2024-10-22 s/d 27	PK-OFM	Boeing 737 - 8 MAX	Autobrake disarm illuminate in flight, fault code 324 853 00	Pedal Switch Rusak (S762/S763)
3	2026-06-28	PK-OFM	Boeing 737 - 8 MAX	Brake still lock even though autobrake disarm light illuminate; after selector brake manual OFF, brake works normal	No Fault Found (NFF) / Intermitten



This view is for airplane 1A314 (TBD 206) only

TBD 206

AUTOBRAKE DISARM Light Comes On During Landing - Fault Isolation

[for fault code 324 853 00]

CORRECTIVE ACTION SUMMARY

- Do Action Specified in AMM Inspection
- Replace Autothrottle Switchpack Assembly (Engine 1) [M1766]
- Replace Autothrottle Switchpack Assembly (Engine 2) [M1767]
- Repair Wiring D15998E-D1040A
- Repair Wiring D15998E-D1040B
- Repair Wiring D1040B-D2564
- Repair Wiring D1040A-D2566
- Repair Wiring D11130-D1040A
- Repair Wiring D11130-D1040B
- Repair Wiring D11134-D1040A
- Repair Wiring D11134-D1040B

TBD 206-207

- Repair Wiring D13791-D1040B

TBD ALL

- Repair Wiring D2570-D1040A
- Repair Wiring D2574-D1040A
- Repair Wiring D2576-1040B
- Repair Wiring D2576-D1040A
- Replace Left Brake Pedal Switch [S762]
- Replace Right Brake Pedal Switch [S763]
- Replace Spoiler Control Electronics [M2940]
- Replace Autobrake Valve Module [V122]
- Replace Antiskid/Autobrake Control Unit [M162]
- Replace Left Autobrake Shuttle Valve
- Replace Right Autobrake Shuttle Valve

A. Description

- (1) The Autobrake Disarm and the AUTO BRAKE DISARM light will come ON when one or more of these conditions occur
 - (a) The Selector Switch is in position OFF or to an invalid switch position
 - (b) The Speedbrake is ARMED and the SPD BRK lever is in the DOWN position
 - (c) One of the two Brake Pedal Pressure Switches (S762 or S763) shows pressure more than 750 psi (5171 kPa)
 - (d) One or more Thrust Lever Switches show an advanced condition
 - 1) Note: This disarm condition is prevented for the first three seconds after one of the two air/ground systems first show ground.
 - (e) A fault in the Antiskid System

All data on page is Boeing Proprietary.

- (f) A fault in the Autobrake System
- (g) ADIRU input not valid

B. Fault Isolation Procedure

(1) Inspect the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:

- Antiskid/Autobrake Control Unit BITE Procedure, AMM TASK 32-42-00-740-801.

(a) If you find a problem during the inspection, then do these steps:

- 1) Do the corrective action specified in the AMM task.
- 2) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.

(b) If you do not find a problem during the inspection, then continue.

(2) Do this check of the thrust levers (engine 1) switchpack switches:

- (a) Disconnect connector D11130 from the autothrottle switchpack assembly (engine 1), M1766.
- (b) You will use two multimeters to examine the operation of the switches while you move the thrust levers. COM-1793 is an acceptable multimeter.

NOTE: Analog multimeters are recommended.

- 1) Put one multimeter on autothrottle switchpack switch 2.
- 2) Put one multimeter on autothrottle switchpack switch 3.



MAKE SURE THAT YOU OPEN THE CIRCUIT BREAKER FOR THE WEATHER RADAR SYSTEM. THE FORWARD MOVEMENT OF A THRUST LEVER CAN CAUSE THE AUTOMATIC OPERATION OF THE SYSTEM. THE OPERATION OF THIS SYSTEM CAN CAUSE SERIOUS INJURY TO PERSONS AND DAMAGE TO EQUIPMENT IN THE AREA OF THE NOSE RADOME.

(c) Open this circuit breaker: C120, WEATHER RADAR RT [P6-1, D13].

(d) Monitor the two multimeters while you do these steps to make sure that autothrottle switchpack switch 2 (engine 1) and autothrottle switchpack switch 3 (engine 1) operate the same:

- 1) Move the thrust levers (engine 1) to the full forward position.
- 2) Wait a minimum of 10 minutes but no longer than 30 minutes.
- 3) Move the thrust levers (engine 1) to the idle position. While you move the thrust levers (engine 1) back, monitor the two multimeters.
- 4) Do this test a minimum of three times. There is a problem with the switches if they do not operate the same in each of the tests.

(e) If you find a problem during the test, then do these steps:

- 1) Replace the bad switchpack switch. These are the tasks:
 - Autothrottle Switchpack Assembly Removal, AMM TASK G76-11-07-020-801-G00,
 - Autothrottle Switchpack Assembly Installation, AMM TASK G76-11-07-400-802-G00.
- 2) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.

(f) If you do not find a problem during the test, then continue.

(3) Do this check of the thrust levers (engine 2) switchpack switches:

- (a) Disconnect connector D11134 from the autothrottle switchpack assembly (engine 2), M1767.
- (b) You will use two multimeters to examine the operation of the switches while you move the thrust levers. COM-1793 is an acceptable multimeter.

(5) Do this check of the wiring:

- (a) Do a wiring check between this pin of connector D15998E at the E3-2 rack and this pin of connector D1040B at the E1-3 rack (WDM 27-62-11):

D15998E		D1040B
pin E12	-----	pin C11

- (b) If you find a problem with the wiring, then do these steps:

- 1) Repair the wiring.
- 2) Re-install the spoiler control electronics, M2940. This is the task:
 - Spoiler Control Electronics Unit Installation, AMM TASK 27-61-45-400-801.
- 3) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
- 4) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.

- (c) If you do not find a problem with the wiring, then continue.

- (d) Re-install the spoiler control electronics, M2940. This is the task:

- Spoiler Control Electronics Unit Installation, AMM TASK 27-61-45-400-801.

(6) Do this check of the wiring:

- (a) Disconnect connector D2564 from the left brake pedal switch, S762.

- (b) Do a wiring check between these pins of connector D1040B at the E1-3 rack and these pins of connector D2564 at the left brake pedal switch (WDM 32-42-11):

D1040B		D2564
pin B8	-----	pin 2
pin A9	-----	pin 3

- (c) If you find a problem with the wiring, then do these steps:

- 1) Repair the wiring.
- 2) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
- 3) Re-connect connector D2564 to the left brake pedal switch, S762.
- 4) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.

- (d) If you do not find a problem with the wiring, then continue.

- (e) Re-connect connector D2564 to the left brake pedal switch, S762.

(7) Do this check of the wiring:

- (a) Disconnect connector D2566 from the right brake pedal switch, S763.

- (b) Do a wiring check between these pins of connector D1040A at the E1-3 rack and these pins of connector D2566 at the right brake pedal switch (WDM 32-42-11):

D1040A		D2566
pin A10	-----	pin 2
pin B10	-----	pin 3

- (c) If you find a problem with the wiring, then do these steps:

- 1) Repair the wiring.
- 2) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.

- 3) Re-connect connector D2566 to the right brake pedal switch, S763.
- 4) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (d) If you do not find a problem with the wiring, then continue.
- (e) Re-connect connector D2566 to the right brake pedal switch, S763.

(8) Do this check of the wiring:

- (a) Disconnect connector D11130 from the autothrottle switchpack assembly (engine 1), M1766.
- (b) Do a wiring check between this pin of connector D11130 at the autothrottle switchpack assembly (engine 1) and this pin of connector D1040A at the E1-3 rack (WDM 32-42-11):

D11130		D1040A
pin 2	-----	pin A7

- (c) If you find a problem with the wiring, then do these steps:
 - 1) Repair the wiring.
 - 2) Re-connect connector D11130 to the autothrottle switchpack assembly (engine 1), M1766.
 - 3) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
 - 4) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.

(d) If you do not find a problem with the wiring, then continue.

(9) Do this check of the wiring:

- (a) Do a wiring check between these pins of connector D11130 at the autothrottle switchpack assembly (engine 1) and these pins of connector D1040B at the E1-3 rack (WDM 32-42-11):

D11130		D1040B
pin 3	-----	pin A4
pin 5	-----	pin B9
pin 6	-----	pin A7

- (b) If you find a problem with the wiring, then do these steps:
 - 1) Repair the wiring.
 - 2) Re-connect connector D11130 to the autothrottle switchpack assembly (engine 1), M1766.
 - 3) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
 - 4) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.

(c) If you do not find a problem with the wiring, then continue.

(d) Re-connect connector D11130 to the autothrottle switchpack assembly (engine 1), M1766.

(10) Do this check of the wiring:

- (a) Disconnect connector D11134 from the autothrottle switchpack assembly (engine 2), M1767.
- (b) Do a wiring check between this pin of connector D11134 at the autothrottle switchpack assembly (engine 2) and this pin of connector D1040A at the E1-3 rack (WDM 32-42-11):

D11134		D1040A
pin 2	-----	pin A7

- (c) If you find a problem with the wiring, then do these steps:

- 1) Repair the wiring.
 - 2) Re-connect connector D11134 to the autothrottle switchpack assembly (engine 2), M1767.
 - 3) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
 - 4) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (d) If you do not find a problem with the wiring, then continue.
- (11) Do this check of the wiring:
- (a) Do a wiring check between these pins of connector D11134 at the autothrottle switchpack assembly (engine 2) and these pins of connector D1040B at the E1-3 rack (WDM 32-42-11):
- | D11134 | | D1040B |
|---------------|-------|---------------|
| pin 3 | ----- | pin D6 |
| pin 5 | ----- | pin B9 |
| pin 6 | ----- | pin A2 |
- (b) If you find a problem with the wiring, then do these steps:
 - 1) Repair the wiring.
 - 2) Re-connect connector D11134 to the autothrottle switchpack assembly (engine 2), M1767.
 - 3) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
 - 4) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
 - (c) If you do not find a problem with the wiring, then continue.
 - (d) Re-connect connector D11134 to the autothrottle switchpack assembly (engine 2), M1767.
- (12) Do this check of the wiring:
- (a) Disconnect connector D13791 from the forward electronics panel, P9.
 - (b) Do a wiring check between these pins of connector D13791 at the forward electronics panel and these pins of connector D1040B at the E1-3 rack (WDM 32-42-11):
- | D13791 | | D1040B |
|---------------|-------|---------------|
| pin 32 | ----- | pin D7 |
| pin 33 | ----- | pin D8 |
| pin 34 | ----- | pin D9 |
| pin 35 | ----- | pin D10 |
| pin 36 | ----- | pin D12 |
| pin 37 | ----- | pin C10 |
- (c) Do a wiring check to make sure that pin 38 of D13791 has continuity to ground.
 - (d) If you find a problem with the wiring, then do these steps:
 - 1) Repair the wiring.
 - 2) Re-connect connector D13791 to the forward electronics panel, P9.
 - 3) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
 - 4) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
 - (e) If you do not find a problem with the wiring, then continue.
 - (f) Re-connect connector D13791 to the forward electronics panel, P9.

- (g) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:
- Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.

(13) Do this check of the wiring:

- (a) Disconnect connector D2570 from the autobrake valve module, V122.
- (b) Do a wiring check between this pin of connector D2570 at the autobrake valve module and this pin of connector D1040A at the E1-3 rack (WDM 32-42-11):

D2570	-----	D1040A
pin 2		pin B8

- (c) If you find a problem with the wiring, then do these steps:
- 1) Repair the wiring.
 - 2) Re-connect connector D2570 to the autobrake valve module, V122.
 - 3) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
 - 4) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (d) If you do not find a problem with the wiring, then continue.
- (e) Re-connect connector D2570 to the autobrake valve module, V122.

(14) Do this check of the wiring:

- (a) Disconnect connector D2574 from the autobrake valve module, V122.
- (b) Do a wiring check between these pins of connector D2574 at the autobrake valve module and these pins of connector D1040A at the E1-3 rack (WDM 32-42-11):

D2574	-----	D1040A
pin 1		pin C9
pin 2	-----	pin D9

- (c) If you find a problem with the wiring, then do these steps:
- 1) Repair the wiring.
 - 2) Re-connect connector D2574 to the autobrake valve module, V122.
 - 3) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
 - 4) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (d) If you do not find a problem with the wiring, then continue.
- (e) Re-connect connector D2574 to the autobrake valve module, V122.

(15) Do this check of the wiring:

- (a) Disconnect connector D2576 from the autobrake valve module, V122.
- (b) Do a wiring check between this pin of connector D2576 at the autobrake valve module and this pin of connector 1040B at the E1-3 rack (WDM 32-42-11):

D2576	-----	1040B
pin 2		pin A10

- (c) If you find a problem with the wiring, then do these steps:
- 1) Repair the wiring.
 - 2) Re-connect connector D2576 to the autobrake valve module, V122.
 - 3) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:

- Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
- 4) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (d) If you do not find a problem with the wiring, then continue.
- (16) Do this check of the wiring:
- (a) Do a wiring check between this pin of connector D2576 at the autobrake valve module and this pin of connector D1040A at the E1-3 rack (WDM 32-42-11):
- | | | |
|--------------|-------|---------------|
| D2576 | ----- | D1040A |
| pin 3 | | pin C7 |
- (b) If you find a problem with the wiring, then do these steps:
- 1) Repair the wiring.
 - 2) Re-connect connector D2576 to the autobrake valve module, V122.
 - 3) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
 - 4) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (c) If you do not find a problem with the wiring, then continue.
- (d) Re-connect connector D2576 to the autobrake valve module, V122.
- (e) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
- (17) Replace the left brake pedal switch, S762. These are the tasks:
- Autobrake Shuttle Valve Removal, AMM TASK 32-42-71-000-801,
 - Autobrake Shuttle Valve Installation, AMM TASK 32-42-71-400-801.
- (a) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (b) If the observed fault symptom shows on the next flight, then continue.
- (18) Replace the right brake pedal switch, S763. These are the tasks:
- Autobrake Shuttle Valve Removal, AMM TASK 32-42-71-000-801,
 - Autobrake Shuttle Valve Installation, AMM TASK 32-42-71-400-801.
- (a) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (b) If the observed fault symptom shows on the next flight, then continue.
- (19) Replace the spoiler control electronics, M2940. These are the tasks:
- Spoiler Control Electronics Unit Removal, AMM TASK 27-61-45-000-801,
 - Spoiler Control Electronics Unit Installation, AMM TASK 27-61-45-400-801.
- (a) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (b) If the observed fault symptom shows on the next flight, then continue.
- (20) Replace the autobrake valve module, V122. These are the tasks:
- Autobrake Pressure Control Module Valve Removal, AMM TASK 32-42-81-000-801,
 - Autobrake Pressure Control Module Valve Installation, AMM TASK 32-42-81-400-801.
- (a) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.

- Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
- 4) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (d) If you do not find a problem with the wiring, then continue.
- (16) Do this check of the wiring:
- (a) Do a wiring check between this pin of connector D2576 at the autobrake valve module and this pin of connector D1040A at the E1-3 rack (WDM 32-42-11):
- | | | |
|--------------|-------|---------------|
| D2576 | | D1040A |
| pin 3 | ----- | pin C7 |
- (b) If you find a problem with the wiring, then do these steps:
- 1) Repair the wiring.
 - 2) Re-connect connector D2576 to the autobrake valve module, V122.
 - 3) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
 - 4) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (c) If you do not find a problem with the wiring, then continue.
- (d) Re-connect connector D2576 to the autobrake valve module, V122.
- (e) Re-install the antiskid/autobrake control unit, M162. This is the task:
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
- (17) Replace the left brake pedal switch, S762. These are the tasks:
- Autobrake Shuttle Valve Removal, AMM TASK 32-42-71-000-801,
 - Autobrake Shuttle Valve Installation, AMM TASK 32-42-71-400-801.
- (a) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (b) If the observed fault symptom shows on the next flight, then continue.
- (18) Replace the right brake pedal switch, S763. These are the tasks:
- Autobrake Shuttle Valve Removal, AMM TASK 32-42-71-000-801,
 - Autobrake Shuttle Valve Installation, AMM TASK 32-42-71-400-801.
- (a) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (b) If the observed fault symptom shows on the next flight, then continue.
- (19) Replace the spoiler control electronics, M2940. These are the tasks:
- Spoiler Control Electronics Unit Removal, AMM TASK 27-61-45-000-801,
 - Spoiler Control Electronics Unit Installation, AMM TASK 27-61-45-400-801.
- (a) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (b) If the observed fault symptom shows on the next flight, then continue.
- (20) Replace the autobrake valve module, V122. These are the tasks:
- Autobrake Pressure Control Module Valve Removal, AMM TASK 32-42-81-000-801,
 - Autobrake Pressure Control Module Valve Installation, AMM TASK 32-42-81-400-801.
- (a) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.

- (b) If the observed fault symptom shows on the next flight, then continue.
- (21) Replace the antiskid/autobrake control unit, M162. These are the tasks:
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Removal, AMM TASK 32-42-21-000-801,
 - Antiskid/Autobrake Control Unit Installation, AMM TASK 32-42-21-400-801.
- (a) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (b) If the observed fault symptom shows on the next flight, then continue.
- (22) Replace the left autobrake shuttle valve. These are the tasks:
 - Autobrake Shuttle Valve Removal, AMM TASK 32-42-71-000-801,
 - Autobrake Shuttle Valve Installation, AMM TASK 32-42-71-400-801.
- (a) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.
- (b) If the observed fault symptom shows on the next flight, then continue.
- (23) Replace the right autobrake shuttle valve. These are the tasks:
 - Autobrake Shuttle Valve Removal, AMM TASK 32-42-71-000-801,
 - Autobrake Shuttle Valve Installation, AMM TASK 32-42-71-400-801.
- (a) If the observed fault symptom does not show on the next flight, then you corrected the fault.

Lampiran E, Lembar Validasi Instrumen Penelitian

INSTRUMEN WAWANCARA

**Analisis Kegagalan Autobrake Disarm Illuminated After Touchdown
Pada Pesawat Boeing 737-8 MAX di PT. Airfast Indonesia**

A. IDENTITAS NARASUMBER

Nama Lengkap	:	
Jenis Kelamin	:	
Jabatan / Posisi	:	
Type Rating yang Dimiliki	:	
Masa Kerja di PT. Airfast Indonesia	:	
Pengalaman Menangani Sistem Autobrake	:	
Tanggal Wawancara	:	

B. PETUNJUK WAWANCARA

1. Wawancara ini bertujuan untuk menggali pengetahuan, pengalaman, dan pandangan narasumber terkait akar penyebab (root cause) kegagalan autobrake disarm illuminated after touchdown pada pesawat Boeing 737-8 MAX di PT. Airfast Indonesia.
2. Pewawancara mengajukan pertanyaan sesuai aspek yang telah ditentukan (mengikuti kategori fishbone, Man, Material, Environment, Method, Machine serta diagram Pareto), dan narasumber dimohon menjawab berdasarkan pengalaman dan kompetensi teknis masing-masing.
3. Jawaban dan catatan narasumber dicantumkan pada kolom yang tersedia di bawah setiap pertanyaan.
4. Referensi teori dan literatur yang menjadi dasar setiap aspek dicantumkan di bagian akhir masing-masing aspek.
5. Kerahasiaan identitas narasumber akan dijaga sepenuhnya sesuai etika penelitian.



C. DAFTAR PERTANYAAN WAWANCARA

Aspek 1 : Pengalaman Umum Dan Pembahasan Sistem Autobrake (Pertanyaan Pembuka)

No	Pertanyaan	Validasi			Saran dan Komentar
		Relevan	Cukup Relevan	Tidak Relevan	
1.	Bisa Bapak/Ibu ceritakan secara singkat tugas dan tanggung jawab sehari-hari sebagai engineer dengan type rating Boeing 737-8 MAX di PT. Airfast Indonesia? [1]	✓			Pertanyaan pembuka yang baik untuk mengonfirmasi kualifikasi, wewenang teknis, dan <i>scope of work</i> narasumber.
2.	Sudah berapa lama Bapak/Ibu menangani perawatan sistem pengereman dan autobrake pada pesawat Boeing 737-8 MAX, dan apakah ada perbedaan signifikan dengan penanganan pada varian sebelumnya (seperti 737-800)? [2]	✓			Relevan untuk mengukur <i>familiarity</i> . Disarankan narasumber menekankan perbedaan arsitektur modul AACU dan integrasi <i>display</i> pada varian MAX dibanding NG.
3.	Sejauh mana pemahaman Bapak/Ibu terhadap cara kerja sistem autobrake pada Boeing 737-8 MAX (terutama mekanisme disarm dan indikasi lampu peringatan), serta apakah ada pelatihan khusus	✓			Sangat tepat untuk mengukur tingkat kompetensi pemahaman sistem teoritis serta keterikatan <i>continuation training</i> narasumber.

f

	atas kegagalan intermittent? [12]				<i>corrective action</i>).
4.	Bagaimana program keandalan (reliability program) memformulasikan parameter ukur untuk memitigasi percepatan degradasi komponen di wilayah beriklim ekstrem? [19]	✓			Tepat untuk mengevaluasi peran dan efektivitas <i>Reliability Control Board (RCB)</i> di PT Airfast Indonesia.
5.	Bagaimana Anda menjembatani adanya kesenjangan (gap) yang mungkin timbul antara instruksi tertulis di manual (AMM) dengan kendala teknis nyata di fasilitas pemeliharaan? [11]	✓			Sangat relevan untuk menggali inisiatif teknis yang aman (<i>Engineering Order / Technical Notice</i>) sesuai koridor regulasi kelaikudaraan.



	terkait sistem ini yang pernah diikuti? [3]				
4.	Bapak/Ibu, seberapa sering kejadian autobrake disarm illuminated after touchdown terjadi pada armada Boeing 737-8 MAX di PT. Airfast Indonesia dalam beberapa tahun terakhir? [4]	✓			Relevan untuk mendapatkan gambaran awal tren frekuensi insiden (<i>historical trend</i>) berdasarkan pengamatan empiris teknisi.

Aspek 2 : Identifikasi Masalah & Komponen – What (apa)

No	Pertanyaan	Validasi			Saran dan Komentar
		Relevan	Cukup Relevan	Tidak Relevan	
1.	Apa definisi operasional dari kegagalan autobrake disarm illuminated after touchdown pada Boeing 737-8 MAX menurut pemahaman Anda di lapangan? [3][6]	✓			Tepat untuk menyelaraskan definisi teknis baku pada AMM dengan fenomena aktual yang diamati teknisi di lapangan.
2.	Apa saja indikasi visual, peringatan sistemis, atau perilaku pesawat yang spesifik terlihat di kokpit saat kejadian kegagalan ini berlangsung? [3][6]	✓			Relevan. Perlu dipastikan apakah indikasi hanya berupa lampu <i>AUTO BRAKE DISARM</i> menyala atau disertai <i>fault message</i> pada PFD/MFD.
3.	Apa perbedaan utama secara teknis	✓			Sangat relevan untuk memisahkan

do

	antara disarm yang dikehendaki (commanded) dan yang tidak dikehendaki (uncommanded) pada sistem ini? [6]	✓			kegagalan akibat interupsi normal (misal: <i>pilot override/thrust lever movement</i>) dengan malfungsi murni sistem.
4.	Apa komponen utama pada sistem pengereman (seperti solenoid valve, pressure switch, atau AACU) yang paling sering teridentifikasi mengalami malfungsi pada kasus ini? [11][17]	✓			Sangat krusial. Minta narasumber membedakan kerusakan pada komponen mekanis/hidrolik versus komponen sensorik/kelistrikan.
5.	Apa dampak langsung terhadap aspek keselamatan dan operasional pesawat ketika indikasi peringatan ini menyala setelah mendarat? [13]	✓			Relevan untuk mengidentifikasi tingkat keparahan (<i>severity level</i>) insiden terhadap <i>ground handling</i> dan potensi <i>operational delay</i> .
6.	Apa jenis mode of failure (kerusakan spesifik) yang biasanya memicu munculnya kode kesalahan (fault code) pada Bite Test di sistem kelistrikan atau hidrolik landing gear? [7][8]	✓			Relevan. Tambahkan pertanyaan eksploratif jika <i>BITE test</i> memberikan hasil <i>No Fault Found</i> (NFF) meskipun indikasi menyala.

Aspek 3 : Lokasi & Kondisi Lingkungan – Where (dimana)

No	Pertanyaan	Validasi	
----	------------	----------	--

		Relevan	Cukup Relevan	Tidak Relevan	Saran dan Komentar
1.	Di stasiun operasi penerbangan (base/transit) mana saja insiden autobrake disarm ini paling sering atau dominan dilaporkan terjadi? [10][11]	✓			Relevan untuk memetakan keterkaitan lokasi geografis/stasiun operasi PT Airfast Indonesia dengan pola kegagalan.
2.	Di bagian/zona mana pada struktur pesawat (area main landing gear, wheel well, atau avionics compartment) sumber kegagalan fisik ini sering bermula? [5][18]	✓			Sangat baik. Penjelasan spesifik per zona (<i>Wheel Well vs E/E Bay</i>) membantu mengisolasi apakah masalah berada di lingkungan terbuka atau terkontrol.
3.	Di lingkungan operasional dengan karakteristik seperti apa (kelembapan tinggi, suhu ekstrem, debu) yang paling memengaruhi laju degradasi komponen autobrake? [11][18]	✓			Relevan. Lingkungan berdebu, lembab, atau berudara asin sangat berpengaruh pada laju korosi konektor dan sensitivitas sensor.
4.	Di titik sambungan instalasi elektrik yang mana teknisi kerap menemukan insiden tegangan terputus yang mengakibatkan kegagalan intermittent? [9]	✓			Relevan. Disarankan memfokuskan pada titik sambungan <i>wiring harness/pigtail connector</i> di area yang sering bergerak

✍

					(Landing Gear Leg).
5.	Di mana biasanya titik kesulitan (blind spot) terbesar bagi teknisi dalam memantau tanda-tanda awal keausan pada komponen pengereman saat inspeksi pre-flight? [14]	✓			Sangat baik untuk mengevaluasi keterbatasan visual inspeksi rutin di apron sebelum penerbangan.
6.	Di mana proses troubleshooting dan perbaikan mendalam (seperti penggantian atau kalibrasi AACU) paling efektif diselesaikan, apakah di line maintenance atau base maintenance? [4][12]	✓			Tepat untuk mengukur kecukupan fasilitas, waktu, dan kapabilitas perbaikan pada tingkatan <i>Line vs Base Maintenance</i> .

Aspek 4 : Waktu, Fase, Dan Frekuensi – When (Kapan)

No	Pertanyaan	Validasi			Saran dan Komentar
		Relevan	Cukup Relevan	Tidak Relevan	
1.	Kapan tepatnya indikasi lampu peringatan tersebut biasa muncul: saat touchdown, fase deselerasi maksimum, atau ketika pesawat masuk ke fase taxi? [6]	✓			Pertanyaan krusial. <i>Timing</i> munculnya indikasi membantu mempersempit analisis (<i>wheel speed spin-up, hydraulic pressurization, atau manual override</i>).

2

2.	Kapan (pada bulan atau musim tertentu) kecenderungan insiden malfungsi ini memperlihatkan tren kenaikan yang signifikan berdasarkan Aircraft Maintenance Logbook? [7]	✓			Relevan untuk melihat korelasi musim (misal: musim hujan/landasan basah) terhadap tren kenaikan laporan kegagalan.
3.	Kapan teknisi mengambil keputusan pasti untuk mengubah kategori kerusakan dari kegagalan isolated menjadi kejadian berulang (repetitive problem)? [9]	✓			Tepat. Jawaban harus dikaitkan dengan kriteria <i>repetitive defect control procedure</i> yang berlaku di PT Airfast Indonesia.
4.	Kapan evaluasi interval penggantian komponen preventif (hard time replacement) untuk modul kelistrikan autobrake terakhir kali disesuaikan? [19]	✓			Relevan untuk menilai efektivitas penyesuaian <i>Reliability Program</i> terhadap masa pakai komponen di lapangan.
5.	Kapan waktu yang paling memadai (dalam batas jeda transit) bagi teknisi untuk menjalankan instruksi kerja IFIM Task tanpa menyebabkan delay penerbangan? [12]	✓			Sangat baik untuk memotret realita keterbatasan <i>ground time</i> penerbangan transit terhadap kedalaman <i>troubleshooting</i> .
6.	Kapan strategi cross-swapping (tukar silang komponen) antar pesawat diterapkan, dan pada kondisi seperti apa tindakan tersebut dinilai valid? [21]	✓			Relevan. Mengonfirmasi kepatuhan pelaksanaan <i>component swap</i> terhadap MPM 4.7 PT

L

					Airfast Indonesia.
--	--	--	--	--	-----------------------

Aspek 5 : Keterlibatan Personel & Human Factor – Who (Siapa)

No	Pertanyaan	Validasi			Saran dan Komentar
		Relevan	Cukup Relevan	Tidak Relevan	
1.	Siapa saja personel yang berkewajiban mencatat, memvalidasi, dan meneruskan laporan pertama atas insiden malfungsi ini ke unit teknis? [4], [12]	✓			Relevan untuk mengevaluasi alur koordinasi awal (<i>Pilot-to-Maintenance Reporting Flow</i>).
2.	Siapa (peran/divisi) yang memegang otoritas akhir dalam menentukan skenario troubleshooting lanjutan setelah metode awal di line maintenance gagal menemukan masalah (No Fault Found)? [4], [14]	✓			Relevan untuk mengidentifikasi peran <i>Engineering Services/Technical Support</i> saat penanganan kasus NFF yang berulang.
3.	Siapa yang bertanggung jawab dalam melaksanakan dan mendokumentasikan inspeksi ganda (<i>independent inspection / double check</i>) pasca intervensi di sistem kritis ini? [4]	✓			Sangat penting untuk menjamin kepatuhan terhadap regulasi <i>Critical Maintenance Task / Independent Inspection</i> (CASR 145.211).

2

4.	Siapa yang menganalisis tren reliabilitas armada terkait kejadian ini dan bagaimana mereka mendiseminasikan temuan tersebut kepada seluruh engineer B737-8 MAX? [19]	✓			Tepat untuk menilai efektivitas <i>feedback loop</i> dari <i>Reliability Department</i> kepada seluruh personel pemeliharaan.
5.	Apakah ada perbedaan penyelesaian masalah ditinjau dari siapa yang menanginya (pengalaman teknisi senior vs junior), dan aspek kompetensi mana yang paling membedakannya? [15]	✓			Relevan dalam konteks <i>Human Factors</i> , mengukur pengaruh jam terbang dan <i>troubleshooting skill set</i> teknisi.
6.	Siapa yang mengawasi efektivitas program pelatihan berkesinambungan (continuation training) untuk meminimalisasi human error atau complacency di lapangan? [4]	✓			Relevan untuk memastikan komitmen bagian <i>Quality Assurance / Training</i> sesuai regulasi CASR 145.163.

Aspek 6 : Analisis Akar Penyebab – WHY (Mengapa)

No	Pertanyaan	Validasi			Saran dan Komentar
		Relevan	Cukup Relevan	Tidak Relevan	
MAN					
1.	Mengapa kurangnya pemahaman tentang human factor (seperti	✓			

	complacency) kerap menjadi penyebab tertundanya diagnosis yang akurat di lapangan?[13],[14],[15]				
2.	Mengapa terkadang ada kecenderungan teknisi lapangan untuk mengambil jalan pintas (shortcut) atau melewati tahapan prosedur tertentu saat melakukan troubleshooting?[4], [12], [14]	✓			
3.	Mengapa koordinasi teknis antara Pilot, Line Maintenance, dan Engineering terkadang tidak berjalan optimal dalam melacak sumber kegagalan intermittent ini? [12], [13]	✓			
MATERIAL					
1.	Mengapa komponen seperti A/B Solenoid Valve atau Pressure Switch memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap keausan atau degradasi prematur? [17], [18]	✓			Relevan. Tambahkan aspek pertanyaan mengenai dampak kontaminasi cairan hidrolik (Skydrol) pada material <i>diaphragm/seal</i> .
2.	Mengapa ketersediaan suku cadang kritis (seperti AACU atau sensor) sering kali mengalami keterlambatan pengiriman dalam rantai pasok perawatan (MRO)? [20]	✓			Relevan untuk mengidentifikasi kendala rantai pasok (<i>supply chain</i>) suku cadang spesifik B737-8 MAX.
3.	Mengapa beberapa material/komponen sistem pengereman tidak mampu bertahan	✓			Tepat. Disarankan menggali dampak <i>operational stress</i> atau beban

J

	hingga batas waktu perawatannya (hard time replacement) di operasi harian? [17], [19]				pengereman frekuensi tinggi pada rute pendek (<i>short-haul</i>).
ENVIROMENT					
1.	Mengapa faktor lingkungan seperti suhu ekstrem dan kelembapan udara yang tinggi di stasiun tertentu (misal: Timika) mampu mempercepat laju korosi konektor? [11], [18]	✓			Sangat relevan dan spesifik dengan kondisi jaringan rute penerbangan PT Airfast Indonesia.
2.	Mengapa paparan partikel debu kotoran di area wheel well sangat memengaruhi sensitivitas sensor dan katup pada sistem autobrake? [18]	✓			Relevan. Hasil jawaban dapat dijadikan masukan untuk prosedur pembersihan (<i>cleaning/washing routine</i>) area wheel well.
3.	Mengapa insiden malfungsi autobrake ini cenderung dilaporkan lebih sering terjadi pada kondisi pendaratan saat hujan atau landasan basah (<i>wet runway</i>)? [7], [11]	✓			Sangat relevan untuk mendeteksi potensi <i>water ingress</i> pada soket kabel <i>wheel speed sensor</i> atau <i>landing gear wiring</i> .
METHOD					
1.	Mengapa panduan pemecahan masalah pada AMM/IFIM terkadang dinilai belum cukup komprehensif untuk mengisolasi akar masalah berstatus No Fault Found (NFF)? [5], [9], [11]	✓			Relevan untuk melihat keterbatasan alur <i>FIM logic tree</i> baku terhadap kasus <i>intermittent fault</i> .

J

2.	Mengapa metode cross-swapping komponen AACU sering kali diterapkan lebih awal sebelum teknisi melakukan analisis keandalan (reliability) secara menyeluruh? [21]	✓			
3.	Mengapa pelaksanaan inspeksi ganda (<i>independent inspection</i>) pasca tindakan <i>troubleshooting</i> kritis terkadang kurang terdokumentasi dengan sempurna di AML? [4], [11]	✓			
MACHINE					
1.	Mengapa sistem komputer pesawat (BITE test) terkadang gagal mengidentifikasi atau tidak menyimpan fault code historis spesifik saat insiden kegagalan autobrake terjadi? [5], [9], [16]	✓			Sangat relevan. Menggali keterbatasan memori penyimpanan BITE terhadap kegagalan berdurasi sangat singkat (<i>transient fault</i>).
2.	Mengapa alat uji kelistrikan yang standar (seperti multimeter) seringkali dianggap tidak cukup sensitif untuk mendeteksi fluktuasi arus pada kasus intermittent fault? [4], [9]	✓			Relevan untuk mendorong pembahasan kebutuhan alat ukur khusus seperti <i>Breakout Box</i> atau <i>Harness Tester</i> .
3.	Mengapa ketersediaan dan kalibrasi				Tepat untuk menilai kesiapan

J

perlengkapan uji khusus (bench test equipment) di lapangan sering kali menjadi kendala operasional bagi tim teknisi? [4], [10]				fasilitas <i>special tools</i> dan kalibrasinya di <i>outstation/line base</i> .
--	--	--	--	--

Aspek 7 : Penanganan, Prosedur, Dan Rekomendasi – How (Bagaimana)

No	Pertanyaan	Validasi			Saran dan Komentar
		Relevan	Cukup Relevan	Tidak Relevan	
1.	Bagaimana urutan/langkah sistematis yang Bapak/Ibu lakukan secara aktual di lapangan ketika menghadapi laporan malfungsi autobrake disarm pertama kali? [16]	✓			Sangat relevan untuk memetakan alur kerja aktual (<i>actual workflow</i>) teknisi saat penanganan awal (<i>initial troubleshooting</i>).
2.	Bagaimana perusahaan memastikan bahwa ketersediaan dan kalibrasi perlengkapan uji (tools & bench test equipment) untuk sistem ini selalu dalam kondisi prima? [4]	✓			Relevan untuk mengonfirmasi kepatuhan terhadap standar <i>Tool Control & Calibration System CASR Part 145</i> .
3.	Bagaimana metode koordinasi lintas departemen (Pilot, Line Maintenance, Engineering) dijalankan untuk menyusun tindakan korektif pencegahan	✓			Relevan. Sangat baik untuk menggambarkan alur komunikasi penanganan masalah secara komprehensif (<i>closed-loop</i>)

D. KESIMPULAN DAN SARAN AHLI

Secara keseluruhan, apa rekomendasi utama Bapak/Ibu untuk PT. Airfast Indonesia guna mencegah terulangnya kegagalan autobrake disarm illuminated after touchdown pada Boeing 737-8 MAX? Apakah ada dokumen, catatan teknis, data lain, atau aspek relevan lainnya yang belum tercakup namun penting untuk diketahui peneliti? Mohon sampaikan kesimpulan dan saran perbaikan jika diperlukan.

E. TANDA TANGAN

Dosen Pembimbing

Validator



Iwan Engkus K, S.ST, MS, ASM
NIP. 199002042010121003



Dr. Ego Widoro, ST, S.SiT., MT
NIP. 198103282002121004

Lampiran F, Lembar Penelitian Dan Validasi Data

Jl. Marsekal Suryadarma No. 8, Tangerang 15129 Indonesia
Tel: 62-21-5200696, Fax: 62-21-5202557; 62-21-5200731
E-mail: charter@airfastindonesia.com
Website: http://www.airfastindonesia.com

Tangerang, 22 Juli 2026
No.: 338/AI/HRD/VII/2026

Kepada Yth.
Capt. Megi H. Helmiadi
Direktur
Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

Perihal : **Tanggapan atas Permohonan Izin Penelitian Tugas Akhir**

Dengan hormat,

Menunjuk kepada Surat Saudara no. LT.404/2/17/PPIC/2026 tertanggal 26 Juni 2026 mengenai proposal permohonan izin penelitian untuk keperluan Tugas Akhir Perkuliahan.

Bersama ini kami beritahukan bahwa kami bersedia menerima mahasiswa dibawah ini :

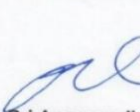
No	Nama	NIT
1	Evan Bramandito Prawiguna	16022230004
2	Muhammad Rafli	16022230010
3	Izza Deriyant Haq	16022130039

untuk melaksanakan penelitian dalam melengkapi penyusunan Tugas Akhir di Departemen *Technical*.

Mahasiswa tersebut akan berada di bawah pengawasan Bapak Yandi Daniel Daniel Sibuea (*Jet Maintenance Supervisor*).

Demikian kami sampaikan dan terima kasih atas kepercayaan yang diberikan terhadap Perusahaan kami.

Hormat kami,
PT. AIRFAST Indonesia


Pri Anggorodi
HR & GA Manager

Tembusan:
- Dept. Technical

EXCELLENCE, CUSTOMER FOCUS, INTEGRITY, TEAMWORK, SAFE & LEGAL

Lampiran G, Dokumentasi Dan Hasil Wawancara Dengan Engineer PT Airfast Indonesia



link transkrip wawancara :

https://drive.google.com/file/d/1SvObKdOBkPTpvJIeN1ZM9C9cAj_lq_74/view?usp=drive_link

INSTRUMEN WAWANCARA

Analisis Kegagalan Autobrake Disarm Illuminated After Touchdown Pada Pesawat Boeing 737-8 MAX

A. IDENTITAS NARASUMBER

Nama Lengkap	:	Andi Wisnu Aji
Jenis Kelamin	:	Laki – Laki
Jabatan / Posisi	:	Engineer
Type Rating yang Dimiliki	:	Boeing 737 NG, Boeing 737 – 8 Max
Masa Kerja di PT. Airfast Indonesia	:	2023 - 2026
Tanggal Wawancara	:	18 – 07 – 2026

B. PETUNJUK WAWANCARA

1. Wawancara ini bertujuan untuk menggali pengetahuan, pengalaman, dan pandangan narasumber terkait akar penyebab (root cause) kegagalan autobrake disarm illuminated after touchdown pada pesawat Boeing 737-8 MAX di PT. Airfast Indonesia.
2. Pewawancara mengajukan pertanyaan sesuai aspek yang telah ditentukan (mengikuti kategori fishbone, Man, Material, Environment, Method, Machine), dan narasumber dimohon menjawab berdasarkan pengalaman dan kompetensi teknis masing-masing.
3. Jawaban dan catatan narasumber dicantumkan pada kolom yang tersedia di bawah setiap pertanyaan.
4. Referensi teori dan literatur yang menjadi dasar setiap aspek dicantumkan di bagian akhir masing-masing aspek.
5. Kerahasiaan identitas narasumber akan dijaga sepenuhnya sesuai etika penelitian.

C. DAFTAR PERTANYAAN WAWANCARA

Aspek 1 : Pengalaman Umum

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Bisa Bapak/Ibu ceritakan secara singkat latar belakang pendidikan serta perjalanan karier Bapak/Ibu hingga menjadi engineer di PT. Airfast Indonesia? [22]	Saya join di Airfast dari tahun 2023. Sebelumnya saya tahun 2008 lulus SMK Penerbangan, terus join jadi mekanik di Lion Air dulu. Jadi mekanik lulus SMK, belum punya basic. 2009 ada sekolah BAM (<i>Basic Aircraft Maintenance</i>) yang bisa ambil <i>basic lisanse</i> di Lion. masuk BAM buat ambil basic. Lulus tahun 2011, jadi 2011 itu punya basic A1 A4. kemudian dapat type rating pertama, type rating engine B737 NG itu di 2011 itu. Terus jadi AMELnya di 2012, terus upgrade jadi engineer. Terus differences MAX di 2018 langsung endorse ke AMEL. Jadi di AMEL ada NG (<i>Next Generation</i>) sama MAX, resign dari Lion 2023 kemudian join ke Airfast
2.	Sudah berapa lama Bapak/Ibu bekerja sebagai engineer di PT. Airfast Indonesia, dan apa saja tugas serta tanggung jawab yang dijalankan sehari-hari? [2]	Di Airfast gabung pada 2023. Dari bulan sampai sekarang. Tapi waktu itu belum ada MAX, jadi mekanik handle MD, assist engineer MD sampai Januari. Pada Januari 2024 MAX datang, Saya handle ke MAX jadinya. Di MD assist, jadi <i>routine check</i> ; 48 hours, <i>daily check</i> kalau MD. Jika ada <i>troubleshoot</i> , assist ke engineer sih kalau waktu itu pakai MD. Untuk MAX, jobnya g yaitu <i>routine check</i> , <i>phase check</i> , <i>preflight check</i> , terus ikut EOB (Engineer On Board) juga Cengkareng ke Timika dan sebaliknya. Troubleshoot jika ada trouble, dan ada defect.
3.	Pelatihan teknis atau type rating apa saja yang pernah Bapak/Ibu ikuti selama berkarier di bidang perawatan pesawat udara? [22]	Ya, tadi type ratingnya Boeing NG (Next Generation), sama Boeing 737 - 8 MAX kalau di AMEL. AP. (Airframe Powerplant)
4.	Secara umum, bagaimana kesan dan pengalaman Bapak/Ibu selama menangani pekerjaan perawatan	Supportnya luar biasa, kita tinggal ikutin prosedur yang benar, kerja yang benar, nanti dari kantor bisa support. Misal kita butuh tool,

	pesawat Boeing 737-8 MAX di PT. Airfast Indonesia? [2], [23]	kita ada kendala tool, dari kantor pasti di support. Dan juga Enggak ada pemaksaan dalam bekerja.
--	--	---

Aspek 2 : Identifikasi Masalah & Komponen – What (apa)

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Menurut pemahaman Anda berdasarkan praktik di lapangan, bagaimana kegagalan autobrake disarm illuminated after touchdown pada Boeing 737-8 MAX didefinisikan secara operasional? [3][6]	Auto brake, auto brake disarm ini kan, warning light yang ada di kokpit Jadi kalau nyala berarti terjadi kegagalan di sistem auto brake itu sendiri. Tapi kalau during touchdown itu bisa jadi ada dua kemungkinan
2.	Apa saja indikasi visual, peringatan sistemis, atau perilaku pesawat yang spesifik terlihat di kokpit saat kejadian kegagalan ini berlangsung? [3][6]	Di kokpit itu auto brake disarm light, itu nyala yang di display. Kadang muncul di OMF kalau kita nge-bite test.
3.	Apa perbedaan utama secara teknis antara disarm yang dikehendaki (commanded) dan yang tidak dikehendaki (uncommanded) pada sistem ini? [6]	Itu pilot. Lebih ke flight crew yang mengoperasikan . Bisa jadi dia nggak sadar.. Nggak sadar mencet si manual brake Hingga terjadi fault. dari sisi teknis bisa lihat reportnya si flight crew itu.
4.	Apa komponen utama pada sistem pengereman (seperti solenoid valve, pressure switch, atau AACU) yang paling sering teridentifikasi mengalami malfungsi pada kasus ini? [11][17]	AACU sama pressure switch,
5.	Apa dampak langsung terhadap kinerja pengereman dan keselamatan operasional pesawat ketika sistem	dampaknya pilot, ke operasional. jadi pilot harus lebih aware. Kalau manual brake pilotnya sendiri. Lebih harus fokus ke brake.

	autobrake mengalami disarm yang tidak dikehendaki setelah pesawat mendarat? [13]	Kalau autobrake bisa lebih percaya ke sistem gitu. Bisa memperhatikan hal lainnya.
6.	Apa jenis mode of failure (kerusakan spesifik) pada komponen sistem autobrake yang biasanya memicu munculnya kode kesalahan [7][8]	AB. AB power itu dari shutter valve. Tapi kalau diukur bagus. Itu yang sering terjadi biasanya repetitive itu. Gak sesuai message di AACU sama yang sebenarnya terjadi. Kalau AACU itu kayak lebih general jadi kita harus troubleshoot lebih mendalam lagi gitu.

Aspek 3 : Lokasi & Kondisi Lingkungan – Where (dimana)

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Di stasiun operasi penerbangan (base/transit) mana saja insiden autobrake disarm ini paling sering atau dominan dilaporkan terjadi? [10][11]	Di stasiun Cengareng
2.	Pada bagian atau zona struktur pesawat yang mana (misalnya area main landing gear, wheel well, atau avionic compartment) sumber kegagalan ini umumnya berawal? [5][18]	Di wheel well
3.	Di lingkungan operasional dengan karakteristik seperti apa (kelembapan tinggi, suhu ekstrem, debu) yang paling memengaruhi laju degradasi komponen autobrake? [11][18]	Kemungkinan terjadi karena kelembapan dan juga debu, tapi belum bisa dipastikan
4.	Di titik sambungan instalasi elektrik yang mana teknisi kerap menemukan insiden tegangan terputus yang mengakibatkan kegagalan intermittent? [9]	Di Pressure Switch
5.	Di mana biasanya titik kesulitan (blind spot) terbesar bagi teknisi dalam memantau tanda-tanda awal	Tidak ada, hanya pada waktu yang terbatas, apalagi untuk wire routing

	keausan pada komponen pengereman saat inspeksi pre-flight? [14]	
6.	Di mana proses troubleshooting dan perbaikan mendalam (seperti penggantian atau kalibrasi AACU) paling efektif diselesaikan, apakah di line maintenance atau base maintenance? [4][12]	Di line maintenance waktu inspeksi 48 hours

Aspek 4 : Waktu, Fase, Dan Frekuensi – When (Kapan)

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Kapan tepatnya indikasi lampu peringatan tersebut biasa muncul: saat touchdown, fase deselerasi maksimum, atau ketika pesawat masuk ke fase taxi? [6]	sering <i>during touchdown</i> .
2.	Kapan (pada bulan atau musim tertentu) kecenderungan insiden malfungsi ini memperlihatkan tren kenaikan yang signifikan berdasarkan Aircraft Maintenance Logbook? [7]	Biasanya terjadi untuk waktu yang belum pasti karena kejadian intermittent.
3.	Kapan teknisi mengambil keputusan pasti untuk mengubah kategori kerusakan dari kegagalan isolated menjadi kejadian berulang (repetitive problem)? [9]	di Airfast tuh udah menentukan kalau itu repetitif tuh dalam lima belas, lima belas cycle. Dalam lima belas cycle itu maksimal tiga kali.
4.	Kapan evaluasi interval penggantian komponen preventif (hard time replacement) untuk modul kelistrikan autobrake terakhir kali disesuaikan? [19]	di autobrake itu belum ada interval hard time. lebih ke unschedule. Jadinya on – condition,
5.	Kapan waktu yang paling memadai (dalam batas jeda transit) bagi teknisi untuk menjalankan instruksi kerja	Saat pesawat sedang on – ground

	IFIM Task tanpa menyebabkan delay penerbangan? [12]	
6.	Kapan strategi cross-swapping (tukar silang komponen) antar pesawat diterapkan, dan pada kondisi seperti apa tindakan tersebut dinilai valid? [21]	biasanya terjadi kalau kita ada suspect, suspect komponen. nggak ada spare di store. Terus malfunction ini udah repetitif. Tetapi malfunction ini udah di mail dari DDL harus di troubleshoot untuk segera request barang.

Aspek 5 : Keterlibatan Personel & Human Factor – Who (Siapa)

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Siapa saja personel yang berkewajiban mencatat, memvalidasi, dan meneruskan laporan pertama atas insiden malfungsi ini ke unit teknis? [4], [12]	pilot, pilot report kemudian dari Engineer
2.	Siapa (peran/divisi) yang memegang otoritas akhir dalam menentukan skenario troubleshooting lanjutan setelah metode awal di line maintenance gagal menemukan masalah (No Fault Found)? [4], [14]	Di technical, di line maintenance
3.	Siapa yang bertanggung jawab dalam melaksanakan dan mendokumentasikan inspeksi ganda (independent inspection / double check) pasca intervensi di sistem kritis ini? [4]	Lebih ke personel. Yang lebih bertanggung jawab dalam melaksanakan dan mendokumentasikan.
4.	Siapa yang menganalisis tren reliabilitas armada terkait kejadian ini dan bagaimana mereka mendiseminasikan temuan tersebut kepada seluruh engineer B737-8 MAX? [19]	di Airfast tuh punya reliability engineering. Jadi dia yang monitor, close monitor tentang repetitif gitu-gitu. Data-data yang mendukung itu reliability

5.	Apakah ada perbedaan penyelesaian masalah ditinjau dari siapa yang menanganinya (pengalaman teknisi senior vs junior), dan aspek kompetensi mana yang paling membedakannya? [15]	skill-nya. Maksudnya seperti contohnya jika troubleshoot ke electrical itu lebih ke avionic ya.
6.	Siapa yang mengawasi efektivitas program pelatihan berkesinambungan (continuation training) untuk meminimalisasi human error atau complacency di lapangan? [4]	Ada bagian training , training department.

Aspek 6 : Analisis Akar Penyebab – WHY (Mengapa)

No	Pertanyaan	Jawaban
MAN		
1.	Menurut Bapak/Ibu, mengapa faktor manusia, misalnya rasa terlalu percaya diri atau lengah (complacency), bisa membuat penyebab masalah pada sistem autobrake menjadi lebih lama ditemukan? [13], [14], [15]	bisa jadi
2.	Bisa Bapak/Ibu jelaskan, mengapa terkadang ada teknisi yang memilih cara cepat atau melewati beberapa langkah prosedur ketika sedang mencari penyebab masalah pada sistem autobrake? [4], [12], [14]	Dikarenakan karena waktu
3.	Mengapa komunikasi antara pilot, teknisi di lapangan (line maintenance), dan bagian engineering terkadang kurang lancar ketika bersama-sama mencari penyebab gangguan autobrake yang muncul hilang-timbul? [12], [13]	Dari pilot ke engineer bisa karena kurang detail untuk reportnya kurang detail.

MATERIAL		
1.	Saya ingin memahami, mengapa komponen pada sistem autobrake seperti solenoid valve dan pressure switch bisa lebih cepat aus atau rusak dibandingkan komponen lainnya? [17], [18]	Bisa jadi karena sensitif terhadap pressure sama resistance.
2.	Mengapa suku cadang penting untuk sistem autobrake, seperti AACU dan sensor, sering datang terlambat ketika sedang dibutuhkan untuk perbaikan? [20]	Di awal-awal aja iya. Sekarang sudah punya spare
3.	Mengapa ada komponen sistem autobrake yang sudah rusak lebih dulu padahal belum sampai pada jadwal waktu penggantian (hard time replacement)? [17], [19]	Karena ya tadi dia bekerja di pressure yang tinggi ya di tiga ribu PSI. Komponennya sendiri kurang terlalu variable gitu.
ENVIRONMENT		
1.	Apakah benar kondisi udara yang sangat panas dan lembap di bandara tertentu (misalnya Timika) bisa membuat sambungan kelistrikan sistem autobrake lebih cepat berkarat, dan mengapa hal itu dapat terjadi? [11], [18]	Bisa aja terjadi
2.	Mengapa debu dan kotoran yang menempel di area ruang roda pendaratan (wheel well) dapat mengganggu kerja sensor dan katup pada sistem autobrake? [18]	Bisa saja mengganggu continuity electrical itu terjadi
3.	Mengapa gangguan pada sistem autobrake dikatakan lebih sering muncul ketika pesawat mendarat dalam kondisi hujan atau di landasan yang basah (wet runway)? [7], [11]	Tidak pernah dan belum di pastikan
METHOD		
1.	Mengapa buku panduan perbaikan dari pabrik pesawat (AMM/IFIM) terkadang belum bisa membantu menemukan penyebab masalah	kita udah ngikutin IFIM. IFIM kan simple ya di IFIM auto brake itu. Makanya potensi terjadi repetitif itu besar di auto brake system

	autobrake, sehingga hasil pemeriksaan dinyatakan tidak ditemukan kerusakan (No Fault Found)? [5], [9], [11]	
2.	Saya pernah mendengar istilah tukar-pasang komponen antar pesawat (cross-swapping) pada unit AACU. Mengapa cara ini sering dilakukan lebih dulu sebelum ada analisis yang mendalam terhadap komponen tersebut? [21]	Untuk di Airfast itu sendiri tidak pernah dilakukan dan hanya menjadi last option
3.	Mengapa pemeriksaan ulang oleh petugas kedua (independent inspection) setelah perbaikan penting pada sistem autobrake terkadang tidak tercatat secara lengkap di buku catatan perawatan pesawat (AML)? [4], [11]	Setiap personel sudah di haruskan untuk pencatatan karena Ya untuk mencegah terjadi repetitive problem.
MACHINE		
1.	Mengapa komputer pesawat yang bertugas memeriksa kerusakan (BITE Test) terkadang tidak dapat menunjukkan atau menyimpan catatan kode kesalahan ketika gangguan pada sistem autobrake terjadi? [5], [9], [16]	Karena autobrakennya itu, jadi karena itu intermittent. Jadi munculnya itu sebentar di AACU-nya belum sempat ngerekam tapi udah balik ke normal lagi gitu.
2.	Mengapa alat ukur listrik biasa seperti multimeter dikatakan kurang mampu menangkap gangguan listrik yang muncul hilang-timbul (intermittent fault) pada sistem autobrake? [4], [9]	Kalau untuk multimeter sih cukup membantu sih, Van, buat troubleshoot
3.	Mengapa ketersediaan dan kalibrasi alat uji khusus (bench test equipment) untuk memeriksa komponen sistem autobrake sering menjadi hambatan bagi para teknisi di lapangan? [4], [10]	Ketersediaan. Kalau di Airfast sih kalau multimeter belum pernah ya. udah punya banyak cadangan

Aspek 7 : Penanganan, Prosedur, Dan Rekomendasi – How (Bagaimana)

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Bagaimana urutan/langkah sistematis yang Bapak/Ibu lakukan secara aktual di lapangan ketika menghadapi laporan malfungsi autobrake disarm pertama kali? [16]	pertama kali ya ikuti follow prosedur di IFIM itu sendiri
2.	Bagaimana perusahaan memastikan bahwa ketersediaan dan kalibrasi perlengkapan uji (tools & bench test equipment) untuk sistem ini selalu dalam kondisi prima? [4]	Menjaga si calibration tool itu. Terus dia kayak contohnya kayak multimeter lah. Jadi dia punya dua atau tiga. Jadi satu kalibrasi masih punya satu. Kalau dipakai masih ada
3.	Bagaimana metode koordinasi lintas departemen (Pilot, Line Maintenance, Engineering) dijalankan untuk menyusun tindakan korektif pencegahan atas kegagalan intermittent? [12]	Dari pilotnya harus lebih detail lagi mendeskripsikan si malfunction yang terjadi dan juga Dari engineer-nya benar-benar merecord apa yang mereka kerjakan sehingga terjadi kesinambungan.
4.	Bagaimana program keandalan (reliability program) memformulasikan parameter ukur untuk memitigasi percepatan degradasi komponen di wilayah beriklim ekstrem? [19]	Dari pihak reability department sudah pasti memiliki caranya tersendiri agar bisa memperhitungkan
5.	Bagaimana Anda menjembatani adanya kesenjangan (gap) yang mungkin timbul antara instruksi tertulis di manual (AMM) dengan kendala teknis nyata di fasilitas pemeliharaan? [11]	Kalau dari saya tuh kan sering kan troubleshoot-troubleshoot itu jadi mungkin bisa dipakai troubleshoot.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

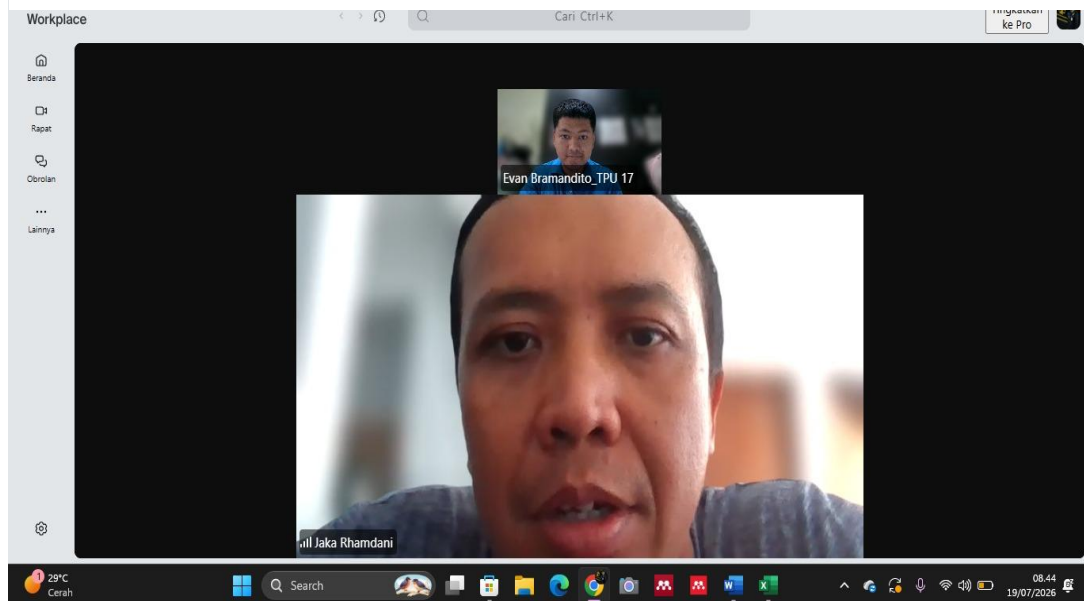
Secara keseluruhan, apa rekomendasi utama Bapak/Ibu untuk PT. Airfast Indonesia guna mencegah terulangnya kegagalan autobrake disarm illuminated after touchdown pada Boeing 737-8 MAX? Apakah ada dokumen, catatan teknis, data lain, atau aspek relevan lainnya yang belum tercakup namun penting untuk diketahui peneliti? Mohon sampaikan kesimpulan dan saran perbaikan jika diperlukan.

Tangerang, 18 – 07 – 2026
Narasumber



Andi Wisnu Aji

Lampiran H, Dokumentasi Dan Hasil Wawancara Dengan Engineer PT Airfast Indonesia



link transkrip wawancara :

https://drive.google.com/file/d/1SvObKdOBkPTpvJIeN1ZM9C9cAj_lq_74/view?usp=drive_link

INSTRUMEN WAWANCARA

Analisis Kegagalan Autobrake Disarm Illuminated After Touchdown Pada Pesawat Boeing 737-8 MAX

A. IDENTITAS NARASUMBER

Nama Lengkap	:	Jaka Rhamdani
Jenis Kelamin	:	Laki – Laki
Jabatan / Posisi	:	Engineer In Charge
Type Rating yang Dimiliki	:	MD 80, MD 90, Boeing 737 NG, Boeing 737 – 8 Max
Masa Kerja di PT. Airfast Indonesia	:	2023 - 2026
Tanggal Wawancara	:	18 – 07 – 2026

B. PETUNJUK WAWANCARA

1. Wawancara ini bertujuan untuk menggali pengetahuan, pengalaman, dan pandangan narasumber terkait akar penyebab (*root cause*) kegagalan *autobrake disarm illuminated after touchdown* pada pesawat Boeing 737-8 MAX.
2. Pewawancara mengajukan pertanyaan sesuai aspek yang telah ditentukan (mengikuti kategori *fishbone*, *Man*, *Material*, *Environment*, *Method*, *Machine*), dan narasumber dimohon menjawab berdasarkan pengalaman dan kompetensi teknis masing-masing.
3. Jawaban dan catatan narasumber dicantumkan pada kolom yang tersedia di bawah setiap pertanyaan.
4. Referensi teori dan literatur yang menjadi dasar setiap aspek dicantumkan di bagian akhir masing-masing aspek.
5. Kerahasiaan identitas narasumber akan dijaga sepenuhnya sesuai etika penelitian.

C. DAFTAR PERTANYAAN WAWANCARA

Aspek 1 : Pengalaman Umum

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Bisa Bapak/Ibu ceritakan secara singkat latar belakang pendidikan serta perjalanan karier Bapak/Ibu hingga menjadi engineer di PT. Airfast Indonesia? [22]	Perkenalkan, nama saya Jaka Ramdani. Saat ini saya menjabat sebagai engineer di PT Airfast Indonesia. Karier saya dimulai di Lion Air pada tahun 2003 sebagai mekanik. Satu tahun kemudian, saya mengikuti pendidikan Basic Aircraft Mechanic di STPI Curug selama empat bulan. Selanjutnya, pada tahun 2006 saya mengikuti pendidikan type rating untuk pesawat MD-80 Series, dan pada tahun 2009 untuk Boeing 737 NG. Nomor AMEL saya adalah 5442.
2.	Sudah berapa lama Bapak/Ibu bekerja sebagai engineer di PT. Airfast Indonesia, dan apa saja tugas serta tanggung jawab yang dijalankan sehari-hari? [2]	Saya bekerja sebagai mekanik dari tahun 2003 hingga 2006, selama kurang lebih dua tahun. Selanjutnya, saya menjabat sebagai engineer sejak tahun 2006 hingga sekarang, dengan posisi saat ini sebagai Engineer in Charge..
3.	Pelatihan teknis atau type rating apa saja yang pernah Bapak/Ibu ikuti selama berkarier di bidang perawatan pesawat udara? [22]	Pelatihan yang pernah saya ikuti antara lain Basic Aircraft Mechanic pada tahun 2004, type rating MD-80 Series pada tahun 2006, dan type rating Boeing 737 NG pada tahun 2009. Selain itu, saya juga mengikuti beberapa type rating course di dalam dan luar negeri untuk engine run-up, serta pelatihan Structure Repair Manual (SRM) untuk pembacaan dokumen SRM. Pada tahun 2023, saya mengikuti ONS Training di Amerika Serikat mengenai sistem jaringan (network) terbaru pada pesawat Boeing 737 MAX, serta pelatihan type rating Boeing 737 MAX di Air France Indonesia pada tahun yang sama..

4.	Secara umum, bagaimana kesan dan pengalaman Bapak/Ibu selama menangani pekerjaan perawatan pesawat Boeing 737-8 MAX di PT. Airfast Indonesia? [2], [23]	Secara umum, di PT Airfast Indonesia prosedur dan keselamatan kerja menjadi prioritas utama. Tidak terdapat tekanan dalam pelaksanaan pekerjaan, sehingga segala sesuatu dilaksanakan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Sebagai engineer, kami memiliki kewenangan untuk memutuskan apakah suatu permasalahan memungkinkan pesawat untuk tetap beroperasi atau tidak, sehingga proses pengambilan keputusan dapat dilakukan dengan lebih tenang.
----	---	--

Aspek 2 : Identifikasi Masalah & Komponen – What (apa)

No	Pertanyaan	Jawaban
----	------------	---------

1.	Menurut pemahaman Anda berdasarkan praktik di lapangan, bagaimana kegagalan autobrake disarm illuminated after touchdown pada Boeing 737-8 MAX didefinisikan secara operasional? [3][6]	Secara operasional, sistem ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu Anti-Skid dan Autobrake. Anti-Skid berfungsi untuk touchdown protection, sedangkan Autobrake berfungsi sebagai proteksi pada saat landing, yaitu ketika kecepatan pesawat berada di bawah 60 knot. Selain itu, terdapat pula fungsi Autobrake untuk Rejected Take-Off (RTO), sehingga terdapat dua jenis autobrake, yaitu autobrake landing dan autobrake take-off. Pada saat landing, terdapat empat posisi pengaturan, yaitu 1, 2, 3, dan 4, atau disebut juga MAX, dengan prinsip kerja dasar yang sama pada seluruh posisi tersebut. Pada saat landing gear diturunkan, seluruh logic sistem mulai bekerja sehingga posisi wheel dibuat tidak dalam kondisi brake (di-loss). Kondisi ini bekerja bersamaan dengan sistem Anti-Skid yang mencakup touchdown protection dan wheel not turning. Meskipun terdapat perbedaan pada masing-masing tipe pesawat, prinsip dasarnya tetap sama. Pada saat touchdown, autobrake mengontrol metering fluid (hidrolik) yang dialirkan menuju brake. Perputaran roda (wheel rotation) pada saat touchdown umumnya berbeda-beda kecepatannya, sehingga sistem dirancang untuk menyamakan kondisi tersebut. Seiring pesawat mencapai kondisi Weight On Wheels (WOW) setelah touchdown, kecepatan mulai dikendalikan melalui pemberian tekanan (pressure) secara bertahap oleh autobrake hingga kecepatan berada di bawah 60 knot, kecuali apabila di-override oleh pilot. Ketika pilot mengaplikasikan brake sebelum atau pada saat kecepatan di bawah 60 knot, sistem akan melepaskan diri secara otomatis sehingga menimbulkan indikasi illuminated. Kondisi illuminated tersebut dapat terjadi akibat override oleh pilot maupun akibat malfunction pada sistem, misalnya pada transducer atau transmitter. Pada kejadian terbaru, ditemukan brake pressure yang tidak merata pada keempat sisi roda, sebagaimana terekam pada Flight Data Recorder (FDR). Data FDR menunjukkan tekanan pada roda nomor 1 berfluktuasi dan tidak dapat mempertahankan tekanan pada 3000 psi, yang mengindikasikan permasalahan pada brake transmitter. Selain itu, kejadian sebelumnya juga pernah disebabkan oleh throttle switch atau pedal switch.
----	--	---

2.	Apa saja indikasi visual, peringatan sistemis, atau perilaku pesawat yang spesifik terlihat di kokpit saat kejadian kegagalan ini berlangsung? [3][6]	Indikasi yang muncul di kokpit adalah menyalanya (illuminated) lampu Autobrake Disarm.
3.	Apa perbedaan utama secara teknis antara disarm yang dikehendaki (commanded) dan yang tidak dikehendaki (uncommanded) pada sistem ini? [6]	Disarm yang dikehendaki (commanded) terjadi akibat override oleh pilot, yaitu ketika pilot menilai kecepatan sudah cukup rendah (di bawah 60 knot) dan memutuskan untuk melakukan override terhadap sistem brake, sehingga indikator illuminated menyala sebagai akibat tindakan tersebut. Sementara itu, disarm yang tidak dikehendaki (uncommanded) terjadi akibat adanya malfunction pada sistem, yang dapat disebabkan oleh berbagai komponen, seperti transducer maupun Autobrake Control Box.
4.	Apa komponen utama pada sistem pengereman (seperti solenoid valve, pressure switch, atau AACU) yang paling sering teridentifikasi mengalami malfungsi pada kasus ini? [11][17]	Komponen yang paling sering teridentifikasi mengalami malfungsi adalah pedal switch, yang ditandai dengan komponen bekerja sebelum waktunya, yaitu aktif secara tiba-tiba padahal seharusnya baru bekerja ketika kecepatan berada di bawah 60 knot.
5.	Apa dampak langsung terhadap kinerja pengereman dan keselamatan operasional pesawat ketika sistem autobrake mengalami disarm yang tidak dikehendaki setelah pesawat mendarat? [13]	Pada kejadian terbaru di pesawat objek penelitian, saat landing, indikator autobrake disarm menyala meskipun pilot belum menyentuh pedal switch. Pesawat kemudian berhenti seolah-olah seluruh brake terkunci (lock). Pilot kemudian mencoba melakukan switch off pada autobrake, dan setelah dikembalikan ke posisi on, pesawat dapat kembali bergerak. Penyebab pasti dari kejadian tersebut belum dapat ditentukan karena baru terjadi satu kali, dan setelah dilakukan pengujian bypass di apron, permasalahan tidak muncul kembali sehingga belum dapat dilakukan troubleshooting lanjutan. Berdasarkan pengalaman sebelumnya, permasalahan serupa umumnya berkaitan dengan brake pedal switch, yang pernah diganti, maupun brake metering valve yang memiliki beberapa switch pengendali di dalamnya. Komponen tersebut dapat diganti secara keseluruhan (assy) maupun per unit.,
6.	Apa jenis mode of failure (kerusakan spesifik) pada komponen sistem autobrake yang biasanya memicu munculnya kode kesalahan [7][8]	Sistem di kokpit tidak terhubung langsung dengan Onboard Maintenance System (OMS) atau Onboard Maintenance Function, karena sistem autobrake memiliki BITE test tersendiri dengan daftar pengujian yang cukup banyak. Ketika terjadi permasalahan, teknisi harus mengakses Autobrake Control Box terlebih dahulu untuk melakukan self-test guna memperoleh kode kesalahan (fault code). Daftar kode kesalahan tersebut dapat ditemukan pada

		Fault Isolation Manual (FIM).
--	--	-------------------------------

Aspek 3 : Lokasi & Kondisi Lingkungan – Where (dimana)

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Di stasiun operasi penerbangan (base/transit) mana saja insiden autobrake disarm ini paling sering atau dominan dilaporkan terjadi? [10][11]	Insiden ini paling sering dilaporkan terjadi di tiga stasiun operasi utama, yaitu Jakarta, Timika, dan Denpasar..
2.	Pada bagian atau zona struktur pesawat yang mana (misalnya area main landing gear, wheel well, atau avionic compartment) sumber kegagalan ini umumnya berawal? [5][18]	Sumber kegagalan umumnya berawal dari pedal switch, yang berlokasi di E-Compartment.
3.	Di lingkungan operasional dengan karakteristik seperti apa (kelembapan tinggi, suhu ekstrem, debu) yang paling memengaruhi laju degradasi komponen autobrake? [11][18]	Kondisi lingkungan dengan temperatur tinggi merupakan faktor yang paling memengaruhi laju degradasi komponen autobrake. Sistem autobrake bersifat otomatis sehingga rentan terhadap temperatur tinggi. Oleh karena itu, E-Compartment dilengkapi dengan sistem pendingin (cooling) tersendiri, karena apabila kondisi fisik ruangan tidak dijaga, seluruh sistem berpotensi mengalami overheat. Kondisi overheat tersebut dapat menyebabkan degradasi fungsi sistem, yang pada akhirnya memunculkan berbagai fault pada indikator kokpit

4.	Di titik sambungan instalasi elektrik yang mana teknisi kerap menemukan insiden tegangan terputus yang mengakibatkan kegagalan intermittent? [9]	Insiden tegangan terputus yang mengakibatkan kegagalan intermittent pernah ditemukan pada throttle switch. Pada pedal switch, terdapat plug yang ketika diperiksa masih menunjukkan power sesuai standar, sehingga permasalahan dapat berasal dari unit switch itu sendiri. Pemeriksaan switch dapat dilakukan menggunakan pengukuran continuity, karena setiap switch memiliki titik sambungan yang dapat diukur resistansinya. Apabila resistansi yang terukur berada di bawah nilai minimum yang ditetapkan dalam FIM, misalnya pada 200 ohm, maka hal tersebut menjadi indikasi bahwa switch mengalami permasalahan, karena tidak dapat mempertahankan nilai resistansi atau tegangan sesuai standar.
5.	Di mana biasanya titik kesulitan (blind spot) terbesar bagi teknisi dalam memantau tanda-tanda awal keausan pada komponen pengereman saat inspeksi pre-flight? [14]	Titik kesulitan terbesar bagi teknisi terletak pada kasus intermittent failure, yang cenderung sulit dideteksi. Sebagai contoh, pada suatu kejadian landing, indikator illuminated muncul secara tiba-tiba dan menyebabkan pesawat terhenti (blocking runway). Langkah yang dilakukan adalah mengikuti prosedur sesuai FIM. Apabila hasil pemeriksaan menunjukkan seluruh parameter berada dalam kondisi normal, baik dari sisi resistansi, tegangan, maupun pengujian operasional, maka langkah selanjutnya adalah melakukan penggantian komponen satu per satu berdasarkan komponen yang paling sering mengalami kerusakan. Pelaksanaan penggantian tersebut juga bergantung pada ketersediaan spare part di perusahaan. Kesulitan utama terletak pada kondisi intermittent failure yang penyebabnya tidak dapat dikonfirmasi secara pasti, sehingga langkah penggantian komponen menjadi pendekatan yang umum dilakukan apabila hasil pemeriksaan FIM tidak menunjukkan kelainan.

6.	Di mana proses troubleshooting dan perbaikan mendalam (seperti penggantian atau kalibrasi AACU) paling efektif diselesaikan, apakah di line maintenance atau base maintenance? [4][12]	Proses troubleshooting dan perbaikan mendalam untuk kasus intermittent failure yang tidak dapat diselesaikan di line maintenance akan lebih efektif diselesaikan di base maintenance, mengingat ketersediaan peralatan (tools) yang lebih lengkap. Pada base maintenance, komponen dapat dilepas (remove) dan dikirim ke shop untuk dilakukan bench test. Pelaksanaan di line maintenance dapat dilakukan namun hasilnya kurang maksimal, sehingga penggantian komponen tetap menjadi solusi akhir.
----	--	---

Aspek 4 : Waktu, Fase, Dan Frekuensi – When (Kapan)

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Kapan tepatnya indikasi lampu peringatan tersebut biasa muncul: saat touchdown, fase deselerasi maksimum, atau ketika pesawat masuk ke fase taxi? [6]	Apabila kerusakan telah terdeteksi, indikator autobrake disarm dapat menyala sejak saat touchdown, yang mengindikasikan adanya malfunction pada sistem internal. Namun, apabila indikator muncul setelah kecepatan berada di bawah 60 knot, kemungkinan penyebabnya adalah override oleh pilot maupun permasalahan internal sistem. Indikator tersebut juga dapat muncul sejak posisi awal, misalnya pada posisi 1, apabila autobrake mengalami kegagalan total (totally fail), sehingga pilot beralih menggunakan manual braking.
2.	Kapan (pada bulan atau musim tertentu) kecenderungan insiden malfungsi ini memperlihatkan tren	Kecenderungan peningkatan insiden umumnya terjadi pada peak season, karena intensitas penggunaan pesawat dan jam terbang (flight hours) yang lebih tinggi. Semakin sering pesawat dioperasikan, semakin cepat pula potensi munculnya permasalahan.

3.	Kapan teknisi mengambil keputusan pasti untuk mengubah kategori kerusakan dari kegagalan isolated menjadi kejadian berulang (repetitive problem)? [9]	Apabila permasalahan tidak dapat terdeteksi meskipun telah dilakukan pengujian dan tidak ditemukan kelainan, maka kondisi tersebut dikategorikan sebagai intermittent failure. Berdasarkan ketentuan peraturan DSKU, terdapat batas evaluasi selama 15 kali flight cycle. Apabila permasalahan muncul sebanyak tiga kali dalam rentang 15 cycle tersebut, maka kemunculan keempat wajib dimasukkan ke dalam Minimum Equipment List (MEL) dan dikategorikan sebagai repetitive problem, sehingga sistem terkait harus dideaktivasi sesuai prosedur.
4.	Kapan evaluasi interval penggantian komponen preventif (hard time replacement) untuk modul kelistrikan autobrake terakhir kali disesuaikan? [19]	Untuk pesawat Boeing 737 MAX, tidak terdapat hard time component karena mengacu pada konsep Maintenance Steering Group (MSG-3). Berbeda dengan MSG-2 yang masih menerapkan hard time component dengan interval waktu atau cycle tertentu untuk penggantian, MSG-3 menerapkan pendekatan on-condition monitoring, sehingga functional test dilakukan lebih intensif selama pengoperasian di PT Airfast Indonesia. Komponen hanya akan diganti apabila mengalami kegagalan (fail) pada saat functional test, sedangkan apabila kondisi komponen tetap baik, komponen tersebut akan terus dimonitor hingga jadwal functional test berikutnya. Dengan demikian, konsep hard time replacement sudah tidak diberlakukan pada MSG-3.
5.	Kapan waktu yang paling memadai (dalam batas jeda transit) bagi teknisi untuk menjalankan instruksi kerja IFIM Task tanpa menyebabkan delay penerbangan? [12]	Berdasarkan pengalaman, apabila permasalahan muncul pada saat transit, troubleshooting sesuai FIM tetap dilaksanakan tanpa adanya tekanan waktu dari perusahaan. Apabila permasalahan belum dapat diselesaikan namun masih dapat dikategorikan dalam MEL, penanganan akan di-hold sesuai ketentuan MEL. Pada rentang waktu 48 jam, troubleshooting akan dimaksimalkan hingga permasalahan terselesaikan
6.	Kapan strategi cross-swapping (tukar silang komponen) antar pesawat diterapkan, dan pada kondisi seperti apa tindakan tersebut dinilai valid? [21]	Strategi cross-swapping umumnya diterapkan pada kondisi intermittent failure yang belum terkonfirmasi penyebabnya dan ketika spare part tidak tersedia. Apabila spare part masih tersedia, tindakan tersebut jarang dilakukan. Secara legal, cross-swapping diperbolehkan sesuai ketentuan perusahaan, dengan syarat kedua komponen yang terlibat belum dapat

		dikonfirmasi kondisinya dan masih dianggap serviceable. Namun, apabila komponen yang dilepas telah dipastikan mengalami kerusakan, tindakan cross-swapping tidak diperbolehkan.
--	--	---

Aspek 5 : Keterlibatan Personel & Human Factor – Who (Siapa)

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Siapa saja personel yang berkewajiban mencatat, memvalidasi, dan meneruskan laporan pertama atas insiden malfungsi ini ke unit teknis? [4], [12]	Personel pertama yang mencatat insiden adalah pilot melalui Aircraft Maintenance Log (AML). Selanjutnya, engineer yang bertugas, baik Engineer On Board (EOB) maupun Engineer in Charge di base Cengkareng, akan merujuk pada Fault Isolation Manual (FIM). Pada base Cengkareng, keputusan penanganan didiskusikan dan diputuskan oleh Engineer in Charge, sedangkan pada posisi EOB, keputusan diambil langsung oleh EOB yang bersangkutan. Apabila permasalahan tidak dapat diselesaikan dan harus dimasukkan ke dalam MEL, EOB wajib berkoordinasi dengan Maintenance Control Center (MCC) untuk pelaporan item MEL. Di Cengkareng, apabila permasalahan dapat diselesaikan melalui penggantian komponen, penanganan diambil alih oleh Engineer in Charge beserta koordinasi dengan MCC. Dengan demikian, alur pelaporan dimulai dari pilot, kemudian divalidasi oleh engineer, dan dilanjutkan dengan proses troubleshooting sesuai FIM.

2.	Siapa (peran/divisi) yang memegang otoritas akhir dalam menentukan skenario troubleshooting lanjutan setelah metode awal di line maintenance gagal menemukan masalah (No Fault Found)? [4], [14]	Otoritas awal berada pada divisi Line Maintenance. Apabila permasalahan tidak dapat diselesaikan dan dikategorikan MEL, penanganan dilanjutkan di base maintenance. Apabila permasalahan masih belum terselesaikan, Engineer in Charge akan berkoordinasi dengan MCC untuk meminta advice dari Technical Service. Apabila Technical Service tidak dapat memberikan solusi, permintaan advice akan diteruskan kepada pihak Boeing melalui Boeing Communication System (BCS). Boeing akan memberikan feedback atas pertanyaan yang diajukan, yang kemudian disampaikan kembali kepada Line Maintenance untuk ditindaklanjuti.
3.	Siapa yang bertanggung jawab dalam melaksanakan dan mendokumentasikan inspeksi ganda (independent inspection / double check) pasca intervensi di sistem kritis ini? [4]	Engineer in Charge bertanggung jawab mengumpulkan seluruh data troubleshooting dan menyampaikannya kepada MCC. Inisiatif penanganan awal berasal dari Line Maintenance, baik melalui Engineer in Charge, hasil diskusi dengan engineer, maupun supervisor. Meskipun demikian, tanggung jawab pendokumentasian tetap berada pada Engineer in Charge, karena yang bersangkutan memegang pencatatan (recording) data. MCC turut mencatat proses tersebut sebagai bentuk komunikasi satu arah mengenai tahapan troubleshooting yang telah dilaksanakan.
4.	Siapa yang menganalisis tren reliabilitas armada terkait kejadian ini dan bagaimana mereka mendiseminasikan temuan tersebut kepada seluruh engineer B737-8 MAX? [19]	Analisis tren reliabilitas armada dilakukan oleh divisi Reliability Engineering, yang berada di bawah Technical Service. Hasil analisis dan tinjauan mingguan terhadap permasalahan repetitif, permasalahan yang masih berstatus hold, maupun yang telah closed, akan dipublikasikan dan disampaikan pada MCC meeting setiap minggu..

5.	Apakah ada perbedaan penyelesaian masalah ditinjau dari siapa yang menanganinya (pengalaman teknisi senior vs junior), dan aspek kompetensi mana yang paling membedakannya? [15]	Terdapat perbedaan dalam penanganan permasalahan antara teknisi senior dan junior, terutama dari sisi pengalaman. Teknisi senior cenderung lebih aktif memberikan kontribusi terhadap penyelesaian masalah secara lebih cepat. Selain itu, aspek mental dalam menghadapi permasalahan juga menjadi pembeda, di mana teknisi senior umumnya memiliki ketenangan yang lebih baik berdasarkan pengalaman yang telah dimiliki.
6.	Siapa yang mengawasi efektivitas program pelatihan berkesinambungan (continuation training) untuk meminimalisasi human error atau complacency di lapangan? [4]	Pengawasan efektivitas program pelatihan berkesinambungan dilakukan oleh supervisor dari sisi performance masing-masing personel. Program pelatihan terbagi menjadi pelatihan wajib (mandatory), seperti persyaratan Human Factor untuk AMEL dan type rating recurrent course setiap tiga tahun sekali, serta pelatihan tambahan, seperti engine run-up, yang bertujuan mendukung pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Program pelatihan wajib disusun oleh Departemen Training.

Aspek 6 : Analisis Akar Penyebab – WHY (Mengapa)

No	Pertanyaan	Jawaban
MAN		
1.	Menurut Bapak/Ibu, mengapa faktor manusia, misalnya rasa terlalu percaya diri atau lengah	Faktor overconfidence, serta lack of knowledge dan lack of experience, dapat menyebabkan penyebab masalah menjadi lebih lama ditemukan. Faktor overconfidence, serta lack of knowledge dan lack of experience, dapat menyebabkan penyebab masalah menjadi lebih lama ditemukan.

	(complacency), bisa membuat penyebab masalah pada sistem autobrake menjadi lebih lama ditemukan? [13], [14], [15]	
2.	Bisa Bapak/Ibu jelaskan, mengapa terkadang ada teknisi yang memilih cara cepat atau melewati beberapa langkah prosedur ketika sedang mencari penyebab masalah pada sistem autobrake? [4], [12], [14]	Pemilihan cara yang lebih cepat dalam pencarian penyebab masalah umumnya didasari oleh pertimbangan efektivitas waktu serta biaya, dan juga dipengaruhi oleh tingkat pengalaman dan pengetahuan teknisi yang bersangkutan.
3.	Mengapa komunikasi antara pilot, teknisi di lapangan (line maintenance), dan bagian engineering terkadang kurang lancar ketika bersama-sama mencari penyebab gangguan autobrake yang muncul hilang-timbul? [12], [13]	Komunikasi yang kurang lancar dapat terjadi apabila pilot hanya mencatat permasalahan tanpa menyampaikan informasi mengenai gejala (symptom) secara lebih rinci. Ketidaklengkapan informasi tersebut menyebabkan proses analisis menjadi lebih lambat.
MATERIAL		
1.	Saya ingin memahami, mengapa komponen pada sistem autobrake seperti solenoid valve dan pressure switch bisa lebih cepat aus atau rusak dibandingkan komponen lainnya? [17], [18]	Komponen seperti switch dan solenoid lebih cepat mengalami kerusakan karena bekerja secara continuous dan terus dimonitor, berbeda dengan metering valve yang perintah kerjanya (command) berasal dari switch. Komponen seperti transducer, yang bekerja secara terus-menerus dalam memberikan input baik ke kokpit, Autobrake Control Box, maupun ke sistem interface lainnya, cenderung lebih cepat mengalami kerusakan. Secara umum, komponen yang bekerja secara continuous monitoring memiliki tingkat kerusakan yang lebih cepat.

2.	Mengapa suku cadang penting untuk sistem autobrake, seperti AACU dan sensor, sering datang terlambat ketika sedang dibutuhkan untuk perbaikan? [20]	Keterlambatan spare part dapat terjadi karena ketersediaan stok yang tidak selalu ada. PT Airfast Indonesia menerapkan tiga skema pengadaan komponen, yaitu KLM Pooling, Main Base Kit (MBK), dan stok tersedia (available stock). Pada skema KLM Pooling, PT Airfast Indonesia tidak menyimpan stok, melainkan melakukan pertukaran (exchange) komponen dengan KLM. Skema MBK diterapkan untuk komponen dengan harga tinggi atau tingkat ketersediaan terbatas dari pabrik, dengan jumlah stok yang dibatasi dan hanya tersedia di base besar, seperti Cengkareng dan Timika. Sementara itu, skema available stock diterapkan untuk komponen dengan kebutuhan rutin, seperti lampu.
3.	Mengapa ada komponen sistem autobrake yang sudah rusak lebih dulu padahal belum sampai pada jadwal waktu penggantianannya (hard time replacement)? [17], [19]	Evaluasi Mean Time Between Overhaul (MTBO) dilakukan bersama pihak Boeing untuk menentukan kebutuhan modifikasi pada komponen yang sering mengalami kegagalan, misalnya pada internal switch, agar diganti dengan komponen yang lebih tahan dan reliable. Namun, apabila Boeing belum dapat menyediakan komponen dengan kualitas yang lebih baik, solusi yang diterapkan adalah penggantian komponen secara berkala hingga diperoleh komponen dengan kondisi yang lebih baik.
ENVIRONMENT		
1.	Apakah benar kondisi udara yang sangat panas dan lembap di bandara tertentu (misalnya Timika) bisa membuat sambungan kelistrikan sistem autobrake lebih cepat berkarat, dan mengapa hal itu dapat terjadi? [11], [18]	Apabila sistem cooling pada pesawat berfungsi dengan baik, pengaruh temperatur udara panas relatif jarang menimbulkan permasalahan. Kondisi udara panas lebih memengaruhi komponen yang bersifat sensor. Pada sistem engine, misalnya proses motoring, temperatur ambient yang tinggi dapat menyebabkan proses motoring berlangsung lebih lama sebelum mencapai kondisi sustain.
2.	Mengapa debu dan kotoran yang menempel di area ruang roda pendaratan (wheel well) dapat mengganggu kerja sensor dan katup pada sistem autobrake? [18]	Debu relatif jarang ditemukan sebagai penyebab gangguan pada sensor maupun katup sistem autobrake. Faktor temperatur lebih berpengaruh, karena semakin tinggi temperatur, semakin berat pula beban kerja komponen, sehingga tingkat kegagalannya menjadi lebih tinggi.

1.	Mengapa komputer pesawat yang bertugas memeriksa kerusakan (BITE Test) terkadang tidak dapat menunjukkan atau menyimpan catatan kode kesalahan ketika gangguan pada sistem autobrake terjadi? [5], [9], [16]	Kondisi tersebut pernah dialami, yaitu Autobrake Control Box tidak dapat menunjukkan kode kegagalan (fault) yang dibutuhkan meskipun kerusakan sebenarnya berasal dari Control Box itu sendiri, sehingga permasalahan tampak berasal dari komponen lain. Kondisi tersebut juga disebutkan dalam manual troubleshooting sebagai salah satu kemungkinan penyebab.
2.	Mengapa alat ukur listrik biasa seperti multimeter dikatakan kurang mampu menangkap gangguan listrik yang muncul hilang-timbul (intermittent fault) pada sistem autobrake? [4], [9]	Sebagian komponen dapat dideteksi menggunakan avometer atau multimeter, namun beberapa komponen lain memerlukan tester khusus yang mampu melakukan pengujian secara lebih mendalam. Multimeter hanya dapat menunjukkan nilai tegangan dan resistansi, sedangkan tester dapat menguji fungsi komponen secara menyeluruh. Dengan demikian, multimeter tidak selalu memadai untuk mendeteksi intermittent fault, sehingga penggunaan tester tetap diperlukan.
3.	Mengapa ketersediaan dan kalibrasi alat uji khusus (bench test equipment) untuk memeriksa komponen sistem autobrake sering menjadi hambatan bagi para teknisi di lapangan? [4], [10]	Ketersediaan bench test equipment di PT Airfast Indonesia relatif memadai. Apabila kalibrasi peralatan yang dibutuhkan telah kedaluwarsa (expired), perusahaan akan meminjam peralatan dari perusahaan lain. Kondisi tersebut relatif jarang terjadi, dan pelaksanaan task tidak akan dilakukan apabila peralatan yang dibutuhkan tidak tersedia.

Aspek 7 : Penanganan, Prosedur, Dan Rekomendasi – How (Bagaimana)

No	Pertanyaan	Jawaban
----	------------	---------

1.	Bagaimana urutan/langkah sistematis yang Bapak/Ibu lakukan secara aktual di lapangan ketika menghadapi laporan malfungsi autobrake disarm pertama kali? [16]	Langkah pertama yang dilakukan adalah menerima laporan dari pilot melalui AML, kemudian meninjau laporan tersebut untuk memastikan kejelasan informasi yang disampaikan. Apabila informasi belum memadai, dilakukan wawancara lanjutan dengan pilot untuk memperoleh gejala (symptom) atau data tambahan, mengingat informasi yang lebih rinci akan mempercepat proses troubleshooting. Sebagai contoh, apabila kegagalan autobrake terjadi pada kecepatan di bawah 60 knot, kemungkinan penyebabnya adalah override oleh pilot atau permasalahan pada pedal switch. Namun, apabila kegagalan terjadi sebelum kecepatan mencapai 60 knot, kemungkinan penyebabnya adalah Autobrake Control Box atau transducer. Apabila laporan pilot hanya menyebutkan "autobrake fail during landing sequence" tanpa keterangan lebih lanjut, diperlukan konfirmasi tambahan untuk menentukan fase kegagalan secara lebih spesifik.
2.	Bagaimana perusahaan memastikan bahwa ketersediaan dan kalibrasi perlengkapan uji (tools & bench test equipment) untuk sistem ini selalu dalam kondisi prima? [4]	PT Airfast Indonesia menggunakan ALKIP System untuk mengontrol tools dan material. Meskipun pada tahap awal penerapannya belum optimal karena personel belum sepenuhnya familier dengan sistem tersebut, sistem ini pada dasarnya telah berfungsi dengan baik dalam memberikan notifikasi menjelang masa kedaluwarsa (expired) suatu tools, termasuk notifikasi ketika terdapat dua tools dengan masa kedaluwarsa yang bersamaan, sehingga dapat diatur penjadwalan (stagger) guna menghindari kekosongan peralatan. Sistem tersebut juga mengontrol ketersediaan spare part material dan memberikan notifikasi reorder apabila stok telah habis
3.	Bagaimana metode koordinasi lintas departemen (Pilot, Line Maintenance, Engineering) dijalankan untuk menyusun tindakan korektif pencegahan atas kegagalan intermittent? [12]	Koordinasi lintas departemen dilakukan melalui pelaksanaan troubleshooting sesuai manual dan FIM, yang setiap tahapannya dilaporkan oleh Engineer in Charge kepada MCC. MCC mencatat seluruh proses troubleshooting yang telah dilaksanakan. Apabila proses tersebut belum memberikan solusi, permasalahan akan ditinjau oleh Technical Service, dan apabila belum terselesaikan, akan diteruskan kepada pihak Boeing., dia akan meminta bantuan Boeing.

4.	Bagaimana program keandalan (reliability program) memformulasikan parameter ukur untuk memitigasi percepatan degradasi komponen di wilayah beriklim ekstrem? [19]	Program reliability dikelola oleh divisi Reliability Engineering, yang menganalisis komponen dengan tingkat kerusakan tertinggi melalui penyusunan data statistik. Berdasarkan data tersebut, disusun langkah preventive terkait ketersediaan spare part sebelum memasuki periode rawan kerusakan. Koordinasi dilakukan antara Reliability Engineering dan Material Planner, yang selanjutnya diinformasikan kepada MCC untuk memperoleh persetujuan (approval).
5.	Bagaimana Anda menjembatani adanya kesenjangan (gap) yang mungkin timbul antara instruksi tertulis di manual (AMM) dengan kendala teknis nyata di fasilitas pemeliharaan? [11]	Ketika terjadi kesenjangan atau ketidakjelasan komunikasi mengenai proses troubleshooting yang telah dilaksanakan, langkah yang dilakukan adalah menghubungi langsung personel terkait untuk memperoleh informasi mengenai tahapan yang telah dan belum dilaksanakan. Hal tersebut bertujuan menjaga kesinambungan proses troubleshooting.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Secara keseluruhan, apa rekomendasi utama Bapak/Ibu untuk PT. Airfast Indonesia guna mencegah terulangnya kegagalan autobrake disarm illuminated after touchdown pada Boeing 737-8 MAX? Apakah ada dokumen, catatan teknis, data lain, atau aspek relevan lainnya yang belum tercakup namun penting untuk diketahui peneliti? Mohon sampaikan kesimpulan dan saran perbaikan jika diperlukan.

Divisi Engineering melakukan peninjauan terhadap seluruh permasalahan yang terjadi dan menyusun data statistik, yang selanjutnya dikoordinasikan dengan Material Planner apabila diperlukan penyimpanan stok komponen dalam jumlah lebih besar, mengingat adanya komponen yang cenderung lebih cepat mengalami kerusakan. Terkait proses troubleshooting, alur penanganan telah tercakup secara jelas, yaitu melalui koordinasi dengan MCC, dilanjutkan dengan Technical Service, dan apabila diperlukan, diteruskan kepada pihak Boeing. Rekomendasi utama lebih diarahkan kepada divisi Reliability untuk memanfaatkan data dari Boeing Service System Analytics, yang mencakup data seluruh airline pengguna pesawat sejenis di dunia, sebagai dasar penyusunan langkah pencegahan (preventive) dalam bentuk ringkasan (summary) analisis.

Tangerang, 18 – 07 – 2026
Narasumber



Jaka Rhamdani

Lampiran I, Dokumentasi Dan Hasil Wawancara Dengan Engineer PT Airfast Indonesia



link transkrip wawancara :

https://drive.google.com/file/d/1SvObKdOBkPTpvJleN1ZM9C9cAj_lq_74/view?usp=drive_link

INSTRUMEN WAWANCARA

Analisis Kegagalan Autobrake Disarm Illuminated After Touchdown Pada Pesawat Boeing 737-8 MAX

A. IDENTITAS NARASUMBER

Nama Lengkap	:	Yandi Daniel Sibuea
Jenis Kelamin	:	Laki – Laki
Jabatan / Posisi	:	supervisor
Type Rating yang Dimiliki	:	MD 80, MD 90, Boeing 737 NG, Boeing 737 – 8 Max
Masa Kerja di PT. Airfast Indonesia	:	2021 - 2026
Tanggal Wawancara	:	20 – 07 – 2026

B. PETUNJUK WAWANCARA

1. Wawancara ini bertujuan untuk menggali pengetahuan, pengalaman, dan pandangan narasumber terkait akar penyebab (root cause) kegagalan autobrake disarm illuminated after touchdown pada pesawat Boeing 737-8 MAX di PT. Airfast Indonesia.
2. Pewawancara mengajukan pertanyaan sesuai aspek yang telah ditentukan (mengikuti kategori fishbone, Man, Material, Environment, Method, Machine), dan narasumber dimohon menjawab berdasarkan pengalaman dan kompetensi teknis masing-masing.
3. Jawaban dan catatan narasumber dicantumkan pada kolom yang tersedia di bawah setiap pertanyaan.
4. Referensi teori dan literatur yang menjadi dasar setiap aspek dicantumkan di bagian akhir masing-masing aspek.
5. Kerahasiaan identitas narasumber akan dijaga sepenuhnya sesuai etika penelitian.

C. DAFTAR PERTANYAAN WAWANCARA

Aspek 1 : Pengalaman Umum

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Bisa Bapak/Ibu ceritakan secara singkat latar belakang pendidikan serta perjalanan karier Bapak/Ibu hingga menjadi engineer di PT. Airfast Indonesia? [22]	Saya menempuh pendidikan di Curug, angkatan PTPU 7, mulai tahun 1999 dan lulus pada tahun 2002. Setelah lulus, saya langsung bergabung dengan Lion Air pada tahun 2002 sebagai mekanik. Satu tahun kemudian, saya diangkat menjadi engineer dengan type rating MD-80 series. Selama bertugas sebagai engineer di Lion Air, saya memiliki type rating MD-80, MD-90, dan Boeing 737 NG. Pada tahun 2011, saya mengundurkan diri dan bergabung dengan maskapai Dana di Nigeria, tempat saya menangani pesawat MD-80 series hingga tahun 2020. Selanjutnya, pada tahun 2021 saya bergabung dengan PT. Airfast Indonesia karena pada saat itu perusahaan membutuhkan engineer dengan type rating MD-80. Saya kemudian dipromosikan menjadi Engineer in Charge pada tahun 2022. Pada tahun 2024, PT. Airfast Indonesia melakukan pembaruan armada dari MD-80 menjadi Boeing 737 MAX 8, dan pada bulan Juli 2024 saya dipercaya untuk menjabat sebagai Supervisor di Engineering Boeing 737-8 MAX.
2.	Sudah berapa lama Bapak/Ibu bekerja sebagai engineer di PT. Airfast Indonesia, dan apa saja tugas serta tanggung jawab yang dijalankan sehari-hari? [2]	Saat ini saya dipercaya menjabat sebagai supervisor yang bertanggung jawab memimpin tim engineer, khususnya untuk memantau roster kerja mereka, termasuk jadwal engineer on board (EOB), penugasan di Cengkareng, dan penugasan di Timika. Saya juga memantau seluruh pekerjaan, baik yang bersifat scheduled maupun non-scheduled. Selain itu, saya berkoordinasi dengan bagian PPC (Production Planning and Control) terkait perencanaan pekerjaan yang

		akan dilaksanakan pada pesawat, serta berkomunikasi dengan bagian Quality mengenai legalitas otorisasi dan kompetensi (capability) para engineer. Sebagai supervisor, saya juga menyampaikan laporan langsung kepada Technical Manager. Dengan demikian, saya memantau seluruh aktivitas perawatan (maintenance) pada armada Boeing 737 MAX ini.
3.	Pelatihan teknis atau type rating apa saja yang pernah Bapak/Ibu ikuti selama berkarier di bidang perawatan pesawat udara? [22]	Type rating yang saya miliki dimulai dari MD-80 series sejak tahun 2003/2004, kemudian dilanjutkan dengan MD-90 series, Boeing 737, dan Boeing 737 MAX.
4.	Secara umum, bagaimana kesan dan pengalaman Bapak/Ibu selama menangani pekerjaan perawatan pesawat Boeing 737-8 MAX di PT. Airfast Indonesia? [2], [23]	Di PT. Airfast Indonesia, seluruh pekerjaan wajib dilaksanakan secara ketat sesuai dengan manual (strict to the manual). Semua pekerjaan harus sesuai dengan apa yang tertulis pada manual, baik itu AMM (Aircraft Maintenance Manual), IPC (Illustrated Parts Catalog) untuk seluruh part, Wiring Diagram Manual, SRM (Structural Repair Manual), maupun manual lainnya. Seluruh manual tersebut dapat diakses secara langsung melalui MyBoeingFleet sehingga efektivitasnya dapat terjamin karena kami memperoleh manual tersebut secara daring (online). Oleh karena itu, seluruh pekerjaan dilaksanakan sesuai dengan tahapan (step-by-step) yang tertulis pada manual, termasuk penyediaan material. Seluruh material harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum pekerjaan dimulai, termasuk peralatan khusus (special tool) maupun peralatan biasa. Selain itu, kami bersyukur karena di PT. Airfast Indonesia tidak terdapat tekanan (pressure) bagi engineer, khususnya dalam pekerjaan perawatan (maintenance), sehingga pekerjaan dapat dilaksanakan dengan lebih fleksibel dan tidak terburu-buru, tanpa mengurangi kedisiplinan kerja. Seluruh ketentuan kerja juga telah diatur dengan baik, misalnya jam kerja tidak boleh melebihi 12 jam per hari dan setiap pekerja wajib memperoleh satu hari libur dalam seminggu. Peralatan khusus yang tersedia juga cukup banyak dan lengkap, demikian pula dengan ketersediaan part dan material yang sangat didukung oleh perusahaan. Dengan demikian, seluruh fasilitas tersebut membuat kami dapat

	bekerja dengan tenang karena semuanya telah tersedia.
--	---

Aspek 2 : Identifikasi Masalah & Komponen – What (apa)

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Menurut pemahaman Anda berdasarkan praktik di lapangan, bagaimana kegagalan autobrake disarm illuminated after touchdown pada Boeing 737-8 MAX didefinisikan secara operasional? [3][6]	Autobrake merupakan salah satu fitur pada pesawat Boeing 737 MAX yang berfungsi untuk melakukan pengereman secara otomatis, baik setelah mendarat (after landing) maupun pada saat rejected take-off. Pada sistem autobrake ini, terdapat pilihan pengaturan 1, 2, 3, dan MAX sebelum pesawat mendarat. Semakin tinggi tingkatannya, semakin besar pula tekanan pengereman yang diberikan, mulai dari 1, 2, 3, hingga MAX. Pilot akan memilih pengaturan autobrake sesuai kebutuhan, misalnya MAX untuk landasan pacu (runway) yang pendek, 2 atau 3 untuk landasan pacu yang sedang, dan 1 untuk landasan pacu yang panjang. Penentuan tersebut sepenuhnya menjadi kewenangan pilot sesuai kondisi yang dihadapi. Tujuan dari fitur ini adalah agar proses pengereman pada saat pendaratan maupun rejected take-off dapat dilakukan secara otomatis. Pada saat pesawat touchdown, sistem akan mendeteksi putaran roda dan memberikan input ke Anti-Skid/Autobrake System sehingga proses pengereman berjalan secara otomatis hingga kecepatan pesawat menurun sesuai dengan pengaturan yang dipilih. Autobrake dapat dibatalkan (disarm) apabila brake tidak lagi digunakan atau dibatalkan dari sistem, yaitu ketika pilot menekan pedal rem yang ada di kokpit. Pada kejadian yang pernah kami alami, autobrake disarm tidak terdeteksi oleh komputer Anti-Skid/Autobrake System. Setelah ditelusuri, ternyata sistem membaca kondisi seolah-olah pilot menekan pedal rem.

		pilot harus selalu siap menghadapi kondisi apabila autobrake tidak berfungsi.
4.	Apa komponen utama pada sistem pengereman (seperti solenoid valve, pressure switch, atau AACU) yang paling sering teridentifikasi mengalami malfungsi pada kasus ini? [11][17]	Sebelumnya, permasalahan yang pernah kami alami hanya terjadi pada pressure switch. Sementara itu, Anti-Skid/Autobrake Control Unit (AACU) belum pernah mengalami masalah sejak mulai dioperasikan. Permasalahan hanya terjadi pada pressure switch.
5.	Apa dampak langsung terhadap kinerja pengereman dan keselamatan operasional pesawat ketika sistem autobrake mengalami disarm yang tidak dikehendaki setelah pesawat mendarat? [13]	Sebagaimana telah disampaikan sebelumnya, pilot harus selalu siap menghadapi kondisi tanpa autobrake. Fitur ini disediakan untuk membantu memudahkan pilot pada saat take-off (RTO) maupun landing. Meskipun demikian, tanpa fitur atau sistem ini pun sebenarnya tidak terdapat masalah bagi operasional pesawat.
6.	Apa jenis mode of failure (kerusakan spesifik) pada komponen sistem autobrake yang biasanya memicu munculnya kode kesalahan [7][8]	Kode kesalahan tersebut berada pada unit sistem, baik yang berasal dari solenoid maupun valve. Seluruh kode kesalahan akan ditampilkan pada autobrake system.

Aspek 3 : Lokasi & Kondisi Lingkungan – Where (dimana)

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Di stasiun operasi penerbangan (base/transit) mana saja insiden autobrake disarm ini paling sering atau dominan dilaporkan terjadi? [10][11]	Kejadian tersebut bersifat intermittent sehingga tidak dapat ditentukan lokasi kejadiannya secara spesifik, karena gangguan pada sistem dapat terjadi di mana saja. Tidak terdapat stasiun operasi tertentu yang menjadi lokasi dominan, baik di Cengkareng maupun Makassar. Dengan demikian, lokasi kejadian tidak dapat ditentukan secara pasti.
2.	Pada bagian atau zona struktur pesawat yang mana (misalnya area main landing gear, wheel well, atau avionic compartment) sumber kegagalan ini umumnya berawal? [5][18]	Sumber kegagalan berasal dari area wheel well, tempat switch tersebut berada. Pada bagian main landing gear wheel sendiri tidak terdapat masalah, karena seluruh komponen pengontrol, komputer, dan valve berada di wheel well.

3.	Di lingkungan operasional dengan karakteristik seperti apa (kelembapan tinggi, suhu ekstrem, debu) yang paling memengaruhi laju degradasi komponen autobrake? [11][18]	Selama ini, permasalahan hanya terjadi pada switch. Kami tidak dapat menyimpulkan secara langsung apakah penyebabnya adalah cuaca (weather), suhu panas, kelembapan, atau debu. Permasalahan ini murni merupakan kegagalan komponen (component failure).
4.	Di titik sambungan instalasi elektrik yang mana teknisi kerap menemukan insiden tegangan terputus yang mengakibatkan kegagalan intermittent? [9]	Kegagalan yang bersifat intermittent tersebut sebenarnya bukan disebabkan oleh kelistrikan, kabel, atau konektor, melainkan berasal dari pressure switch itu sendiri.
5.	Di mana biasanya titik kesulitan (blind spot) terbesar bagi teknisi dalam memantau tanda-tanda awal keausan pada komponen pengereman saat inspeksi pre-flight? [14]	Pada saat pre-flight atau 48 hours inspection, biasanya tidak ditemukan indikasi apa pun, karena pressure switch ini mendeteksi tekanan pedal pilot secara intermittent saat digunakan. Kesulitan yang dihadapi teknisi adalah sifatnya yang intermittent, sehingga cara mengidentifikasinya adalah dengan mengukur nilai resistance komponen tersebut.
6.	Di mana proses troubleshooting dan perbaikan mendalam (seperti penggantian atau kalibrasi AACU) paling efektif diselesaikan, apakah di line maintenance atau base maintenance? [4][12]	Proses troubleshooting dapat dilakukan di mana saja. Petunjuk (clue) yang paling baik adalah informasi yang akurat dari pilot, kemudian dilanjutkan dengan pemeriksaan pada komputer Anti-Skid/Autobrake Unit. Apabila tidak terdeteksi pada komputer, langkah selanjutnya adalah memahami sistem secara menyeluruh dan melakukan pemeriksaan wiring (wiring check).

Aspek 4 : Waktu, Fase, Dan Frekuensi – When (Kapan)

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Kapan tepatnya indikasi lampu peringatan tersebut biasa muncul: saat touchdown, fase deselerasi	Pada saat taxi, autobrake disarm tidak akan terjadi karena sistem memang sudah dalam kondisi disarm, mengingat pilot tidak menggunakan autobrake saat taxi. Kejadian

	maksimum, atau ketika pesawat masuk ke fase taxi? [6]	autobrake disarm selalu terjadi pada saat touchdown.
2.	Kapan (pada bulan atau musim tertentu) kecenderungan insiden malfungsi ini memperlihatkan tren kenaikan yang signifikan berdasarkan Aircraft Maintenance Logbook? [7]	Tidak terdapat kecenderungan tersebut karena kejadian ini tidak bergantung pada musim tertentu.
3.	Kapan teknisi mengambil keputusan pasti untuk mengubah kategori kerusakan dari kegagalan isolated menjadi kejadian berulang (repetitive problem)? [9]	Apabila kejadian tersebut berulang hingga tiga kali secara berurutan, kerusakan dapat dikategorikan sebagai repetitive. Untuk menanggulangnya, kami langsung mentransfer permasalahan tersebut ke DDL (Deferred Defect List) berdasarkan MEL (Minimum Equipment List) agar kejadian berulang tidak terjadi kembali.
4.	Kapan evaluasi interval penggantian komponen preventif (hard time replacement) untuk modul kelistrikan autobrake terakhir kali disesuaikan? [19]	Pada sistem autobrake, saat ini belum terdapat interval hard time untuk penggantian komponen. Penggantian komponen lebih bersifat unscheduled, yaitu dilakukan berdasarkan kondisi (on-condition).
5.	Kapan waktu yang paling memadai (dalam batas jeda transit) bagi teknisi untuk menjalankan instruksi kerja IFIM Task tanpa menyebabkan delay penerbangan? [12]	Pada saat transit, teknisi dapat melaksanakan instruksi kerja IFIM sesuai standar prosedur, seperti reset CB, BITE test, atau operational test. Namun, apabila diperlukan wiring check atau penggantian part yang kompleks dan membutuhkan waktu lama, pekerjaan tersebut akan di-defer sesuai dengan MEL agar tidak menyebabkan keterlambatan penerbangan (delay).
6.	Kapan strategi cross-swapping (tukar silang komponen) antar pesawat diterapkan, dan pada kondisi seperti apa tindakan tersebut dinilai valid? [21]	Strategi cross-swapping umum dilakukan di lingkungan maskapai penerbangan (airline), tetapi konsekuensinya harus dipertimbangkan secara saksama. Sebelum melakukan cross-swapping, perlu diketahui terlebih dahulu prosedur removal and installation, ketersediaan tools, serta kecukupan waktu. Oleh karena itu, terdapat banyak aspek yang harus dipertimbangkan, tidak hanya sekadar melakukan pertukaran komponen.

Aspek 5 : Keterlibatan Personel & Human Factor – Who (Siapa)

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Siapa saja personel yang berkewajiban mencatat, memvalidasi, dan meneruskan laporan pertama atas insiden malfungsi ini ke unit teknis? [4], [12]	Seluruh engineer wajib segera menyampaikan laporan atas kejadian tersebut. Informasi tersebut harus disampaikan kepada seluruh pihak terkait, dan seluruh laporan akan diteruskan kepada MCC (Maintenance Control Center). Apabila diperlukan bantuan dari Technical Service, kami akan meminta bantuan tersebut. Namun, selama permasalahan masih dapat ditangani, engineer akan menyelesaikannya secara mandiri.
2.	Siapa (peran/divisi) yang memegang otoritas akhir dalam menentukan skenario troubleshooting lanjutan setelah metode awal di line maintenance gagal menemukan masalah (No Fault Found)? [4], [14]	Pada bagian technical dan line maintenance, seluruh keputusan ditentukan oleh engineer, karena engineer yang menangani pesawat secara langsung dan memahami kondisi pesawat tersebut.
3.	Siapa yang bertanggung jawab dalam melaksanakan dan mendokumentasikan inspeksi ganda (independent inspection / double check) pasca intervensi di sistem kritis ini? [4]	Seluruh pekerjaan yang dilaksanakan tercatat pada AML (Aircraft Maintenance Log). Dengan demikian, seluruh pihak, baik engineer, PPC, MCC, maupun Technical Service, dapat memahami pekerjaan yang telah dilaksanakan karena seluruh tahapan pekerjaan dituliskan secara lengkap.
4.	Siapa yang menganalisis tren reliabilitas armada terkait kejadian ini dan bagaimana mereka mendiseminasikan temuan tersebut kepada seluruh engineer B737-8 MAX? [19]	Pihak yang menganalisis tren reliabilitas armada adalah Technical Service, khususnya bagian Reliability. Bagian tersebut akan memeriksa jumlah permasalahan yang terjadi pada pesawat dan melaporkannya secara berkala setiap minggu.
5.	Apakah ada perbedaan penyelesaian masalah ditinjau dari siapa yang menanganinya (pengalaman teknisi senior vs junior), dan aspek kompetensi mana yang paling membedakannya? [15]	Di PT. Airfast Indonesia, tidak terdapat perbedaan tersebut karena seluruh penyelesaian masalah harus mengacu pada manual (by manual). Seluruh teknisi wajib mengikuti prosedur yang tercantum dalam manual.
6.	Siapa yang mengawasi efektivitas program pelatihan berkesinambungan (continuation training) untuk	Terdapat bagian Training yang saat ini berada di bawah bagian Quality. Bagian tersebut

	meminimalisasi human error atau complacency di lapangan? [4]	memantau jadwal pelaksanaan recurrent training bagi seluruh personel.
--	--	---

Aspek 6 : Analisis Akar Penyebab – WHY (Mengapa)

No	Pertanyaan	Jawaban
MAN		
1.	Menurut Bapak/Ibu, mengapa faktor manusia, misalnya rasa terlalu percaya diri atau lengah (complacency), bisa membuat penyebab masalah pada sistem autobrake menjadi lebih lama ditemukan? [13], [14], [15]	Faktor tersebut tidak berpengaruh. Penyelesaian permasalahan ini memerlukan waktu yang cukup lama karena sifatnya yang intermittent, di mana permasalahan dapat muncul dan hilang. Setelah dilakukan troubleshooting, kami harus menunggu untuk memastikan apakah permasalahan tersebut masih muncul atau tidak. Sifat intermittent inilah yang menjadi penyebab kesulitan utama dalam menemukan sumber permasalahan.
2.	Bisa Bapak/Ibu jelaskan, mengapa terkadang ada teknisi yang memilih cara cepat atau melewati beberapa langkah prosedur ketika sedang mencari penyebab masalah pada sistem autobrake? [4], [12], [14]	Kami tidak dapat menggunakan cara yang lebih cepat. Seluruh proses harus dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang tercantum dalam manual, yaitu dengan mengikuti prosedur IFIM.
3.	Mengapa komunikasi antara pilot, teknisi di lapangan (line maintenance), dan bagian engineering terkadang kurang lancar ketika bersama-sama mencari penyebab gangguan autobrake yang muncul hilang-timbul? [12], [13]	Di PT. Airfast Indonesia, tidak pernah terjadi kendala komunikasi antara pilot dan engineer, karena kedua belah pihak senantiasa saling memberikan informasi. Akan tetapi, terkadang pilot kurang memberikan informasi secara detail.
MATERIAL		
1.	Saya ingin memahami, mengapa komponen pada sistem autobrake seperti solenoid valve dan pressure switch bisa lebih cepat aus atau rusak	Kejadian tersebut hanya terjadi pada switch, dan jumlahnya bukan hanya satu, melainkan dua. Sebagaimana telah disampaikan sebelumnya, kami tidak dapat menilai secara

	dibandingkan komponen lainnya? [17], [18]	pasti faktor penyebabnya. Menurut pandangan pribadi saya, kemungkinan penyebabnya berasal dari komponen itu sendiri.
2.	Mengapa suku cadang penting untuk sistem autobrake, seperti AACU dan sensor, sering datang terlambat ketika sedang dibutuhkan untuk perbaikan? [20]	Di PT. Airfast Indonesia, ketersediaan barang telah disiapkan, baik di Cengkareng maupun di Timika. Apabila terdapat komponen tertentu yang tidak tersedia, kami bekerja sama dengan pihak eksternal yang akan menyediakan komponen tersebut pada saat dibutuhkan.
3.	Mengapa ada komponen sistem autobrake yang sudah rusak lebih dulu padahal belum sampai pada jadwal waktu penggantian (hard time replacement)? [17], [19]	Belum terdapat hard time pada komponen tersebut sehingga belum ditentukan waktu penggantian.
ENVIRONMENT		
1.	Apakah benar kondisi udara yang sangat panas dan lembap di bandara tertentu (misalnya Timika) bisa membuat sambungan kelistrikan sistem autobrake lebih cepat berkarat, dan mengapa hal itu dapat terjadi? [11], [18]	Tidak terdapat masalah yang berkaitan dengan kelembapan maupun faktor lingkungan lainnya.
2.	Mengapa debu dan kotoran yang menempel di area ruang roda pendaratan (wheel well) dapat mengganggu kerja sensor dan katup pada sistem autobrake? [18]	Tidak, seluruh sambungan tertutup rapat dan telah dirancang agar tahan terhadap kondisi cuaca (weather), termasuk paparan udara maupun air hujan.
3.	Mengapa gangguan pada sistem autobrake dikatakan lebih sering muncul ketika pesawat mendarat dalam kondisi hujan atau di landasan yang basah (wet runway)? [7], [11]	Faktor tersebut tidak berpengaruh.
METHOD		
1.	Mengapa buku panduan perbaikan dari pabrik pesawat (AMM/IFIM) terkadang belum bisa membantu menemukan penyebab masalah autobrake, sehingga hasil pemeriksaan dinyatakan tidak	Karena permasalahan tidak ditemukan melalui BITE test, kami melanjutkan pemeriksaan melalui Wiring Diagram Manual.

	ditemukan kerusakan (No Fault Found)? [5], [9], [11]	
2.	Saya pernah mendengar istilah tukar-pasang komponen antar pesawat (cross-swapping) pada unit AACU. Mengapa cara ini sering dilakukan lebih dulu sebelum ada analisis yang mendalam terhadap komponen tersebut? [21]	Di PT. Airfast Indonesia, praktik swap jarang dilakukan dan bukan merupakan pilihan utama. Kami lebih memilih untuk mengganti komponen agar permasalahan dapat diketahui secara jelas. Meskipun swap merupakan cara yang lebih cepat, hasilnya belum tentu dapat menyelesaikan masalah dengan cepat pula.
3.	Mengapa pemeriksaan ulang oleh petugas kedua (independent inspection) setelah perbaikan penting pada sistem autobrake terkadang tidak tercatat secara lengkap di buku catatan perawatan pesawat (AML)? [4], [11]	Tidak, seluruh kegiatan tersebut harus dicatat pada AML.
MACHINE		
1.	Mengapa komputer pesawat yang bertugas memeriksa kerusakan (BITE Test) terkadang tidak dapat menunjukkan atau menyimpan catatan kode kesalahan ketika gangguan pada sistem autobrake terjadi? [5], [9], [16]	Tidak seluruh kerusakan dapat terdeteksi, termasuk permasalahan pada pressure switch yang tidak terdeteksi oleh sistem.
2.	Mengapa alat ukur listrik biasa seperti multimeter dikatakan kurang mampu menangkap gangguan listrik yang muncul hilang-timbul (intermittent fault) pada sistem autobrake? [4], [9]	Sifat intermittent tersebut disebabkan oleh ketidakpastian kondisi komponen. Gangguan yang bersifat intermittent memang sulit dideteksi. Pada saat komponen diperiksa, hasil pemeriksaan dapat menunjukkan kondisi baik, tetapi kami tidak dapat memastikan apakah kondisi tersebut benar-benar baik atau tidak.
3.	Mengapa ketersediaan dan kalibrasi alat uji khusus (bench test equipment) untuk memeriksa komponen sistem autobrake sering menjadi hambatan bagi para teknisi di lapangan? [4], [10]	Tidak menjadi hambatan, karena alat ukur berupa multimeter selalu tersedia.

Aspek 7 : Penanganan, Prosedur, Dan Rekomendasi – How (Bagaimana)

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Bagaimana urutan/langkah sistematis yang Bapak/Ibu lakukan secara aktual di lapangan ketika menghadapi laporan malfungsi autobrake disarm pertama kali? [16]	Seluruh proses dilaksanakan sesuai dengan prosedur IFIM dan dikerjakan dengan cara yang paling efektif, baik melalui reset CB, BITE test, maupun BITE pada sistem AACU. Apabila penyebab masalah belum ditemukan, langkah selanjutnya adalah melakukan wiring test.
2.	Bagaimana perusahaan memastikan bahwa ketersediaan dan kalibrasi perlengkapan uji (tools & bench test equipment) untuk sistem ini selalu dalam kondisi prima? [4]	Di PT. Airfast Indonesia, seluruh peralatan kalibrasi dikirimkan untuk dikalibrasi dua minggu sebelum jatuh tempo (due date). Selain itu, apabila terdapat lebih dari satu unit tool yang sedang dalam proses kalibrasi, kami telah menyediakan unit cadangan lainnya.
3.	Bagaimana metode koordinasi lintas departemen (Pilot, Line Maintenance, Engineering) dijalankan untuk menyusun tindakan korektif pencegahan atas kegagalan intermittent? [12]	Pada praktiknya, pihak terkait akan melaporkan kejadian yang terjadi, dan penanganan dilakukan pada saat itu juga.
4.	Bagaimana program keandalan (reliability program) memformulasikan parameter ukur untuk memitigasi percepatan degradasi komponen di wilayah beriklim ekstrem? [19]	Program reliability memiliki perhitungan tersendiri. Apabila kejadian hanya terjadi satu kali pada satu penerbangan dan satu pesawat, hal tersebut belum dapat dikategorikan sebagai kegagalan. Namun, apabila kejadian tersebut terjadi secara berulang, maka dapat disimpulkan terdapat permasalahan pada komponen tersebut. Sebaliknya, apabila kejadian hanya terjadi satu kali, hal tersebut belum dapat dinilai sebagai masalah yang berlaku untuk seluruh komponen pada pesawat.
5.	Bagaimana Anda menjembatani adanya kesenjangan (gap) yang mungkin timbul antara instruksi tertulis di manual (AMM) dengan kendala teknis nyata di fasilitas pemeliharaan?	AMM merupakan panduan standar (guidance) bagi engineer. Apabila Technical Service tidak dapat menjawab permasalahan yang ada, pihak tersebut akan melanjutkan dengan

	[11]	menanyakan langsung kepada OEM, dalam hal ini pihak Boeing.
--	------	---

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Secara keseluruhan, apa rekomendasi utama Bapak/Ibu untuk PT. Airfast Indonesia guna mencegah terulangnya kegagalan autobrake disarm illuminated after touchdown pada Boeing 737-8 MAX? Apakah ada dokumen, catatan teknis, data lain, atau aspek relevan lainnya yang belum tercakup namun penting untuk diketahui peneliti? Mohon sampaikan kesimpulan dan saran perbaikan jika diperlukan.

Seluruh permasalahan atau defect yang ditemukan dikerjakan berdasarkan IFIM dengan mengikuti prosedur yang berlaku. Apabila seluruh langkah pada IFIM telah dilaksanakan dan tidak ditemukan permasalahan, pemeriksaan dilanjutkan melalui wiring diagram. Bahkan, pada IFIM sendiri telah tersedia panduan untuk memeriksa wiring diagram sehingga seluruh proses tersebut sebenarnya telah tercakup di dalam IFIM.

Tangerang, 20 – 07 – 2026
Narasumber



Yandi Daniel Sibuea

Lampiran J Hasil Pemeriksaan Kemiripan (*Turnitin*) Tugas Akhir

Naskah TA_EVAN Bramandito.docx

ORIGINALITY REPORT

14%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	repository.ppicurug.ac.id Internet	534 words — 4%
2	www.coursehero.com Internet	100 words — 1%
3	repository.uin-suska.ac.id Internet	97 words — 1%
4	repository.poltekbangplg.ac.id Internet	81 words — 1%
5	repository.ub.ac.id Internet	76 words — 1%
6	repository.its.ac.id Internet	64 words — < 1%
7	repository.radenintan.ac.id Internet	59 words — < 1%
8	adekhaerudin.files.wordpress.com Internet	52 words — < 1%
9	journal.unsika.ac.id Internet	44 words — < 1%
10	adoc.pub Internet	43 words — < 1%
11	repository.unissula.ac.id Internet	33 words — < 1%
12	etd.iain-padangsidempuan.ac.id Internet	30 words — < 1%

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



EVAN BRAMANDITO PRAWIGUNA, lahir pada tanggal 24 November 2004 di Klaten, Jawa Tengah. Anak pertama dari 3 bersaudara yang lahir dari pasangan Bapak Moch Arief dan Ibu Ani Setyawati, penulis menganut agama Katolik dan berdomilisi di Kav Dki Blok D 15 no 11, Malaka Sari, Duren Sawit, Jakarta Timur. Menempuh pendidikan sekolah dasar di Strada Van Lith II dan lulus pada tahun 2016, dan dilanjutkan dengan pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 195 Jakarta Timur dan lulus pada tahun 2019. Kemudian melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Santo Agustinus Budhaya II yang mulai memasuki masa pandemi Covid 19 dan lulus pada tahun 2022. Setelah lulus penulis melanjutkan pendidikan dengan mendaftar dan diterima di Politeknik Penerbangan Indonesia Curug dengan program studi Diploma IV Teknik Pesawat Udara Angkatan 17. Pada tahun 2025 melaksanakan *On The Job Training* (OJT) di base maintenance dan juga line maintenance pada 6 bulan pertama di PT Aeronusantara Indonesia dan Balai Besar Kalibrasi Fasilitas Perhubungan kemudian pada 6 bulan berikutnya dilaksanakan di PT Airfast Indonesia.

