

Analisis Fuel Leak Repetitive Problem Pada Pesawat Boeing 737 di Maskapai ABC

Ahmad Al Muhraj^{1,*}, Mufti Arifin², Erna Shevilia³

Program Studi Teknik Penerbangan, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma
Jl. Protokol Halim Perdanakusuma-Jakarta Timur

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 17 Maret 2024
Direvisi: 19 April 2024
Diterima: 2 Mei 2024

Kata kunci:

Kebocoran Bahan Bakar
Komponen
Pesawat
Analisis

Keywords:

Fuel Leak
Component
Aircraft
Analyze

Penulis Korespondensi:

Ahmad Al Muhraj
Email:
almuhtaj@gmail.com

ABSTRAK

Masalah kebocoran bahan bakar pada mesin pesawat merupakan aspek krusial dalam menjaga keselamatan penerbangan dan efisiensi operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab dan dampak kebocoran bahan bakar yang terjadi secara berulang, serta memberikan solusi untuk mengurangi frekuensi dan dampak kebocoran tersebut. Metodologi penelitian yang digunakan mencakup pengumpulan data dari insiden sebelumnya, termasuk data pilot report Maskapai ABC tahun 2018-2020, menganalisis penyebab akar masalah, serta simulasi kondisi operasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola dan faktor yang berkontribusi terhadap masalah kebocoran. Dengan ini, keselamatan penerbangan dapat ditingkatkan dan kebocoran bahan bakar dapat diminimalisir. Dari hasil penelitian, ditemukan enam registrasi pesawat yang mengalami kebocoran bahan bakar berulang, salah satunya mengalami kebocoran bahan bakar berulang sebanyak tiga kali. Kebocoran tersebut disebabkan oleh berbagai faktor, yaitu keausan material, kesalahan dalam proses pemasangan, dan tidak adanya tindakan permanen. Adapun langkah-langkah yang dapat meminimalisir terjadinya kebocoran bahan bakar berulang seperti, melakukan inspeksi lebih sering pada komponen sistem bahan bakar, dan melakukan penggantian komponen berdasarkan rekomendasi pabrikan atau interval waktu yang sesuai meskipun komponen tidak menunjukkan tanda-tanda kerusakan.

The issue of fuel leaks in aircraft engines is a critical aspect of ensuring flight safety and operational efficiency. This thesis aims to analyze the causes and impacts of recurring fuel leaks, as well as provide solutions to reduce the frequency and impact of these leaks. The research methodology includes data collection from previous incidents, including pilot reports from ABC Airlines between 2018 and 2020, analyzing the root causes of the issues, and simulating operational conditions. It is hoped that this study will identify patterns and factors contributing to the fuel leak problems. In turn, this will contribute to improving flight safety and minimizing fuel leaks. The research findings identified six aircraft registrations that experienced recurring fuel leaks, one of which had repeated fuel leaks three times. These leaks were caused by various factors, including material wear, installation errors, and the lack of permanent corrective actions. Steps to minimize recurring fuel leaks include more frequent inspections of the fuel system components and replacing components according to manufacturer recommendations or suitable time intervals, even if the components show no signs of damage.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Bahan bakar pesawat, khususnya jenis avtur (Aviation Turbine Fuel), merupakan komponen vital dalam operasional pesawat terbang, berperan sebagai sumber energi utama yang memungkinkan kinerja mesin dan sistem propulsi pesawat. Dalam industri penerbangan yang mengedepankan aspek keselamatan dan efisiensi, kualitas serta manajemen bahan bakar menjadi faktor yang tidak dapat diabaikan. Avtur harus memenuhi standar kualitas yang tinggi karena kontaminasi, degradasi kimia, atau penyimpanan yang tidak sesuai dapat mengakibatkan gangguan serius pada performa mesin, meningkatkan risiko kegagalan sistem, hingga berujung pada insiden penerbangan yang membahayakan nyawa manusia.

Salah satu permasalahan krusial yang terkait langsung dengan manajemen bahan bakar adalah kebocoran (fuel leak). kebocoran bahan bakar secara langsung mengurangi efisiensi operasional melalui pemborosan sumber daya yang berharga dan berpotensi menyebabkan kerusakan lingkungan yang luas, terutama pada ekosistem perairan dan darat [1]. Dalam konteks operasional maskapai, insiden kebocoran bahan bakar dapat mengakibatkan penundaan jadwal, pembatalan penerbangan, hingga kerusakan komponen pesawat secara berulang (repetitif)[2]. Oleh karena itu, pemahaman yang komprehensif terhadap faktor-faktor penyebab kebocoran bahan bakar menjadi sangat penting untuk mendukung peningkatan keselamatan dan keberlanjutan industri penerbangan.

Urgensi penelitian ini diperkuat oleh fakta bahwa fenomena kebocoran bahan bakar, khususnya pada pesawat Boeing 737 di maskapai ABC, telah terjadi secara berulang (repetitive problem), yang menunjukkan adanya permasalahan mendasar yang belum terselesaikan secara tuntas. Masalah repetitif semacam ini dapat menandakan adanya kekeliruan dalam prosedur inspeksi, kelemahan desain sistem bahan bakar, atau ketidaksesuaian dalam implementasi pemeliharaan. Jika tidak ditangani secara sistematis dan berkelanjutan, hal ini dapat menimbulkan kerugian operasional yang besar dan mengancam integritas keselamatan penerbangan maskapai.

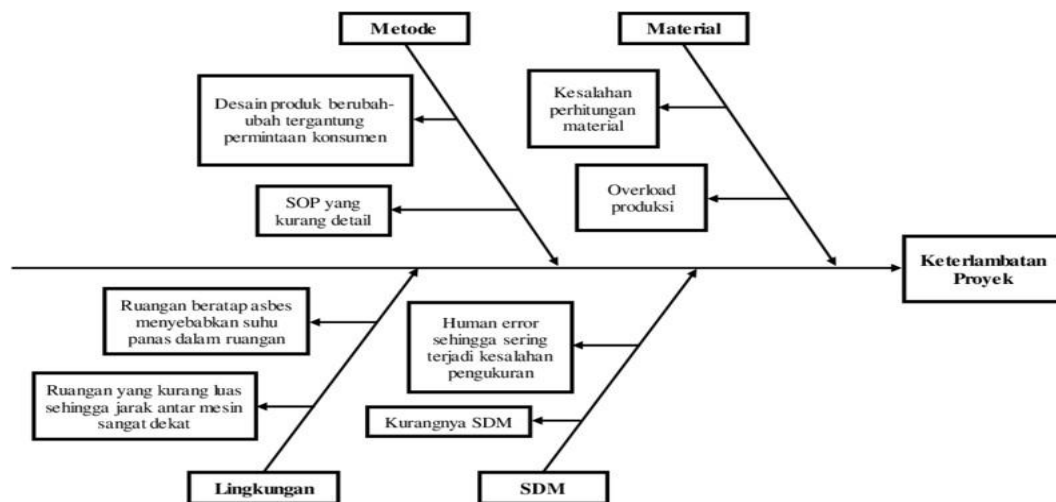
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara mendalam permasalahan kebocoran bahan bakar berulang pada pesawat Boeing 737 milik maskapai ABC. Fokus utama penelitian mencakup identifikasi akar penyebab kebocoran, evaluasi dampaknya terhadap aspek teknis, keselamatan, dan lingkungan, serta penyusunan rekomendasi strategis untuk mitigasi dan pencegahan kejadian serupa di masa depan. Melalui pendekatan analitis dan sistematis, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam perbaikan sistem pemeliharaan dan pengelolaan bahan bakar di lingkungan operasional maskapai penerbangan.

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah pendekatan kualitatif dengan teknik analisis penyebab masalah menggunakan diagram Fishbone (Ishikawa Diagram). Alat ini digunakan untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan secara sistematis berbagai faktor penyebab kebocoran bahan bakar berdasarkan kategori seperti manusia (man), mesin (machine), metode (method), material, lingkungan (environment), dan pengukuran (measurement). Data diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara dengan teknisi dan personel pemeliharaan, serta analisis dokumentasi teknis dan histori pemeliharaan pesawat terkait. Dalam penelitian ini telah dilakukan pengumpulan data teknis dari unit pesawat yang terdampak, pemetaan lokasi kebocoran, pengkajian catatan gangguan berulang (trouble history), serta validasi hasil analisis Fishbone melalui diskusi teknis bersama tim engineering maskapai ABC. Penulis juga membandingkan hasil temuan dengan praktik terbaik di maskapai lain sebagai referensi. Keseluruhan rangkaian kegiatan ini bertujuan untuk menghasilkan rekomendasi yang tepat sasaran dan aplikatif dalam menanggulangi permasalahan kebocoran bahan bakar secara efektif dan berkelanjutan.

II. METODE PENELITIAN

Bahan bakar pesawat seperti Avtur memiliki standar tinggi dengan aditif khusus. Kebocoran bahan bakar adalah masalah serius yang bisa terjadi di berbagai bagian pesawat karena korosi, kerusakan sambungan, bahan kimia yang salah, atau usia tangki[3]. Jika masalah ini berulang (*repetitive problem*), perlu penanganan khusus sesuai regulasi dari Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (DGCA), otoritas penerbangan di Indonesia. DGCA mengeluarkan aturan seperti *Safety Circular* untuk mendefinisikan dan menangani masalah teknis yang terjadi berulang kali[4].

Penelitian ini akan menggunakan Diagram Fishbone untuk mencari akar penyebab kebocoran dengan mengelompokkan faktor-faktor seperti manusia, metode, material, peralatan, lingkungan, dan pengukuran. Tujuannya adalah memahami penyebab kebocoran secara menyeluruh agar dapat ditemukan solusi yang efektif untuk meningkatkan keselamatan dan mencegah masalah serupa di masa depan, sesuai dengan standar dan regulasi penerbangan yang berlaku[5].



Gambar 1 Diagram Fishbone

Diagram *fishbone* adalah alat efektif dalam manajemen kualitas dan pemecahan masalah. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi dan mengorganisir penyebab masalah secara sistematis, membantu tim fokus pada akar penyebab, dan merancang solusi yang tepat. Diagram ini mencegah masalah berulang dengan mengatasi penyebab mendasar, menciptakan sistem yang lebih tangguh, serta meningkatkan kualitas produk dan kepuasan pelanggan. Selain itu, diagram ini meningkatkan efisiensi, produktivitas, mengurangi biaya, dan memberikan keuntungan kompetitif [6].

Langkah pertama dalam proses ini adalah identifikasi masalah, yaitu dengan menetapkan permasalahan kebocoran bahan bakar berulang (*repetitive fuel leak*) sebagai fokus utama yang diletakkan pada ujung kanan diagram sebagai “kepala ikan”. Selanjutnya dilakukan identifikasi kategori sebab utama, yang umumnya dikelompokkan dalam beberapa kategori seperti faktor manusia (*man*), metode (*method*), material, lingkungan (*environment*), dan peralatan atau mesin (*machine*). Kategori-kategori ini dihubungkan dengan garis-garis diagonal yang menyerupai tulang-tulang ikan, mencerminkan struktur hirarkis penyebab[7].

Pada tahap berikutnya, dilakukan penggalan sebab-sebab potensial dalam masing-masing kategori melalui proses *brainstorming* (curah pendapat) bersama tim teknis dan pemeliharaan. Setiap kemungkinan penyebab dicatat dan dihubungkan pada garis horizontal yang keluar dari kategori masing-masing. Setelah semua kemungkinan penyebab dikumpulkan, setiap kategori ditinjau kembali untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang muncul lebih dari satu kali atau yang memiliki keterkaitan antar kategori, guna menilai tingkat signifikansi dan konsistensinya terhadap permasalahan utama. Tahap akhir dari metode ini adalah penyepakatan terhadap penyebab paling mungkin, yaitu dengan menentukan satu atau beberapa akar penyebab utama yang paling relevan dan berpengaruh terhadap terjadinya kebocoran bahan bakar secara berulang. Penyebab inilah yang kemudian menjadi dasar dalam perumusan rekomendasi teknis dan strategi perbaikan yang akan diajukan dalam penelitian.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Data Engine Fuel Leak

Data *Engine Fuel Leak* ini adalah data yang didapat dari *Pilot Reports* di salah satu maskapai penerbangan Indonesia. Data ini merupakan hasil *Pilot Reports* periode akhir tahun 2018 sampai dengan akhir tahun 2020 yang dapat dilihat di **Tabel 1**.

Tabel 1. Pilot Reports[8,9]

7.5										
Defect type	Defect Item	Status	Chapter	Defect Description	Resolution Description	Station	Report Date	Defect	AC Type	A/C Reg
PILOT	1	CLOSED	73	AFTER STARTING FOUND FUEL LEAK	REFE AMM TASK 73-11-07-000-801-FOO REV 72 AND AMM TASK 73-11-07-400-801-FOO REV 72 PERFORMED RPLC SERVO FUEL HEATER D/T ENG 1 FUEL LEAK AFTER START HAS BEEN C/O RESULT OPS TEST IDLE LEAK CHECK NO FOUND IAW AMM TASK 71-00-00-700-801-FOO REV 72	SUB	11-Dec-18	B3435352	737	PK-KPK
PILOT	1	CLOSED	73	AFTER STARTING FOUND FUEL LEAK	REFE AMM TASK 73-11-07-000-801-FOO REV 72 AND AMM TASK 73-11-07-400-801-FOO REV 72 PERFORMED RPLC SERVO FUEL HEATER D/T ENG 1 FUEL LEAK AFTER START HAS BEEN C/O RESULT OPS TEST IDLE LEAK CHECK NO FOUND IAW AMM TASK 71-00-00-700-801-FOO REV 72	KDI	12-Jan-19	B3329035	737	PK-LOL
PILOT	1	CLOSED	73	AFTER STARTING FOUND FUEL LEAK	REFE AMM TASK 73-11-07-000-801-FOO REV 72 AND AMM TASK 73-11-07-400-801-FOO REV 72 PERFORMED RPLC SERVO FUEL HEATER D/T ENG 1 FUEL LEAK AFTER START HAS BEEN C/O RESULT OPS TEST IDLE LEAK CHECK NO FOUND IAW AMM TASK 71-00-00-700-801-FOO REV 72	SUB	2-Oct-19	B1768082	737	PK-OPI
PILOT	3	CLOSED	73	AFTER STARTING FOUND FUEL LEAK	REFE AMM TASK 73-11-07-000-801-FOO REV 72 AND AMM TASK 73-11-07-400-801-FOO REV 72 PERFORMED RPLC SERVO FUEL HEATER D/T ENG 1 FUEL LEAK AFTER START HAS BEEN C/O RESULT OPS TEST IDLE LEAK CHECK NO FOUND IAW AMM TASK 71-00-00-700-801-FOO REV 72	BTH	2-Dec-19	B3079819	737	PK-LJK

3.1.1 PK – KPK

Pada tanggal 11 Desember 2018 pesawat dengan registrasi PK – KPK mengalami *fuel leak after engine start* di Bandara Internasional Juanda Surabaya setelah melakukan pengecekan pesawat tersebut melakukan penggantian komponen *servo fuel heater*. Setelah melakukan penggantian komponen dan *test idle check* tidak ditemukan kebocoran bahan bakar lagi.

3.1.2 PK – LOL

Pada tanggal 12 Januari 2019 pesawat dengan registrasi PK – LOL mengalami *fuel leak after engine start* di Bandara Haluoleo Sulawesi Tenggara setelah melakukan pengecekan pesawat tersebut melakukan penggantian komponen *servo fuel heater*. Setelah melakukan penggantian komponen dan *test idle check* tidak ditemukan kebocoran bahan bakar lagi.

3.1.3 PK – LJK

Pada tanggal Desember 2019 pesawat dengan registrasi PK – LJK mengalami *fuel leak after engine start* di Bandara Internasional Hang Nadim Batam setelah melakukan pengecekan pesawat tersebut melakukan pergantian komponen *servo fuel heater*. Setelah melakukan pergantian komponen dan *test idle check* tidak ditemukan kebocoran bahan bakar lagi.

3.2 Pengelompokan Data

Berdasarkan hasil data *engine fuel leak* terdapat beberapa registrasi pesawat yang mengalami *engine fuel leak* berulang. Data tersebut sudah dikelompokkan dan dapat dilihat pada **Tabel 2**. *Regulator* mengeluarkan dua surat keselamatan (*safety circular*), yaitu DGCA Safety Circular AU/0649/DSKU/03/2007 dan DGCA Safety Circular SE 46 tahun 2018. Berikut tabel yang menjelaskan beberapa registrasi pesawat berdasarkan surat keselamatannya:

Tabel 2. DGCA Safety Circular

<i>Aircraft Registration</i>	<i>DGCA Safety Circular AU/0649/DSKU/03/2007</i>	<i>DGCA Safety Circular SE 46 th 2018</i>
PK – FDL	yes	-
PK – ADT	yes	-
PK – FRN	yes	-
PK – RJL	yes	-
PK – AHM	-	yes
PK – ALM	yes	-

Dari data *engine fuel leak* yang sudah dikelompokkan dapat dianalisis kerusakan pada setiap registrasi pesawat yang mengalami *engine fuel leak* secara berulang. Berikut daftar registrasi pesawat dan tipe pesawatnya dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Registrasi dan Jenis Pesawat

No.	Aircraft Registration	Aircraft Type
1.	PK – FDL	Boeing 737-8GP
2.	PK – ADT	Boeing 737-8GP
3.	PK – FRN	Boeing 737-8GP
4.	PK – RJL	Boeing 737-9GP
5.	PK – AHM	Boeing 737-9GP
6.	PK – ALM	Boeing 737-8GP

Berikut adalah hasil analisis *engine fuel leak* berulang :

3.2.1 PK – FDL

Tabel 4 Defect description PK-FDL

Defect Description	Resolution Description	Station	Report Date	AC Type	A/C Reg
FOUND FUEL LEAK AFTER ENGINE STARTING	PERFORMED CHECK PRSOV FOUND GOOD ANP AUDIBLE CHECK IGN ENG 2 RESULT NORMAL. START ENGINE WITH GTC SATISFY REF FIM 73-06-TASK 808-809 REV 73	CGK	14-Mar-19	737	PK-FDL

FOUND FUEL LEAK AFTER ENGINE STARTING	REF AMM 73-11-02/401 REV 71 PERFORMED REPLACED PACKING NO 1 AND PACKING NO 7 C/O. REF AMM 71-00-00- 800-808-F00 REV 71 PERFORMED ENGINE GROUND RUN FOR LEAK CHECK C/O. RESULT NO LEAK	GTO	22-Mar-19	737	PK-FDL
---------------------------------------	---	-----	-----------	-----	--------

Pada tanggal 14 Maret 2019 pesawat dengan registrasi PK – FDL mengalami *fuel leak after engine start* di Bandara Internasional Soekarno-Hatta setelah dilakukan pengecekan kondisi PRSOV (*pressure regulating shut off valve*) dan ANP (*aircraft noise and performance*) dalam kondisi yang baik. Namun, pada tanggal 22 Maret 2019 kembali terjadi *fuel leak after engine start* di Bandara Djalaluddin Gorontalo. Setelah dilakukan pengecekan di *fuel filter* ditemukan adanya kerusakan komponen pada *packing* nomor 1 dan nomor 7. Setelah dilakukan penggantian komponen dan melakukan *performed engine ground run* tidak ada kebocoran yang terjadi.

3.2.2 PK – ADT

Tabel 5 Defect description PK-ADT

Defect Description	Resolution Description	Station	Report Date	AC Type	A/C Reg
FOUND FUEL LEAK AFTER ENGINE STARTING	REF AMM 71-00-00 REV 72. PERFORMED ENGINE BITE TEST VIA FMC HAS BEEN C/O. RESULT NO FAULT STORED. REF AMM 71-71-00 REV 72. PERFORMED DRAIN LINE INSPECTION HAS BEEN C.O. RESULT FOUND FUEL LEAK FROM FUEL TUBE AT HMU. REF AMM 73-21-00 REV 72. PERFORMED REPOS	PLM	30-Jul-19	737	PK-ADT
FOUND FUEL LEAK AFTER ENGINE STARTING	REF AMM 73-21-10-400-801-F00 REV 71 PERFORMED ACTUAL CHECK FOUND LEAK AT FUELING IN HMU, RETIGHTEN 4 BOLT AT LINE FUEL HMU 51INCH/LBS C/O. PERFORMED WET MOTORING R/H ENGINE C/O, RESULT NO FOUND LEAK. REF AMM 71-00-00-700-802-F00 REV 71	SRG	30-Jul-19	737	PK-ADT

Pada tanggal 30 Juli 2019 pesawat dengan registrasi PK – ADT mengalami *fuel leak after engine start* di Bandara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang setelah dilakukan pengecekan di sistem drainase ditemukan kebocoran pada saluran bahan bakar ke HMU (*Hydromechanical Unit*) dan dilakukan prosedur memindahkan atau mengatur ulang posisi komponen. Namun, pada hari yang sama kembali terjadi *fuel leak after engine start* di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang. Setelah dilakukan pengecekan ditemukan adanya 4 baut yang kendur pada saluran bahan bakar ke HMU (*Hydromechanical Unit*). Setelah dilakukan pengencangan kembali pada baut yang kendur dan melakukan *performed wet motoring* tidak ada kebocoran yang terjadi.

3.2.3 PK – FRN

Tabel 6 Defect description PK-FRN

Defect Description	Resolution Description	Station	Report Date	AC Type	A/C Reg
#1 FOUND FUEL LEAK AFTER ENGINE STARTING	PERFORMED REPLACEMENT SERVO FUEL HEATER D/T LEAK HAS BEEN C/O OP'S TEST 3A NO FOUND LEAK(IDLE CHECK) I.A.W AMM 73-11-07-000-801-F008 73-11-07-400-801-F00	CGK	4-Dec-20	737	PK-FRN
#1 FOUND FUEL LEAK AFTER ENGINE STARTING	REF FIM 73-05 TASK 811 REV 73, PERFORMED BITE EEC FOUND MSG 75-10542, REF FIM 75-22 TASK 802. PERFORMED TEST 12- ACTUATOR TEST	SUB	7-Dec-20	737	PK-FRN

	REF AMM 71-00-00 C/O. PERFORMED TEST 13- ENG RUN RESULT ALTN MODE LT NOT ILL.				
--	---	--	--	--	--

Pada tanggal 4 Desember 2020 pesawat dengan registrasi PK – FRN mengalami *fuel leak after engine start* di Bandara Internasional Soekarno-Hatta setelah dilakukan pengecekan adanya kerusakan pada *servo fuel heater* yang mengharuskan untuk melakukan pergantian komponen. Namun, pada tanggal 7 Desember 2020 kembali terjadi *fuel leak after engine start* di Bandara Internasional Juanda Surabaya Setelah dilakukan pengecekan munculnya kode MSG 75-10542. Setelah dilakukan *performed test 13 engine run* tidak ada kebocoran yang terjadi.

3.2.4 PK – RJL

Tabel 7 Defect description PK-RJL

Defect Description	Resolution Description	Station	Report Date	AC Type	A/C Reg
#1 FOUND FUEL LEAK AFTER ENGINE STARTING	REF FIM 73-07 TASK 801-802 REV 73 DO EEC AND CDS BITE PROCEDURE RESULT NO FAULTS OPS IDLE RUN BOTH ENG RESULT FF ENG #1 034 ENG #2033 (WITHIN LIMIT) PLEASE MONITOR	CGK	11-Aug-20	737	PK-RJL
RTA, DUE TO AFTER START ENG #1 LEAK, FOUND FUEL LEAK	REF AMM TASK 73-34-01-000/400-801 REV 72 PERFORM REPLACE FUEL FILTER DIFF PRESS SWITCH HAS BEEN CO. CONT INSTALLATION TEST AND IDLE POWER LEAK CHECK AS PER AMM TASK 71-00-00-700-801 REV 72 RESULT GOOD. NO FOUND FUEL FILTER BY PASS LIGHT ENG#2 COMES ON. D	KNO	15-Aug-20	737	PK-RJL

Pada tanggal 11 Agustus 2020 pesawat dengan registrasi PK – RJL mengalami *fuel leak after engine start* di Bandara Internasional Soekarno-Hatta setelah dilakukan pengecekan EEC (*electronic engine control*) dan CDS Bite (*control data system bite*) tidak ditemukan kesalahan atau kerusakan. Namun, pada tanggal 15 Agustus 2020 kembali terjadi *fuel leak after engine start* di Bandara Internasional Kualanamu Sumatera Utara. Setelah dilakukan pengecekan di *fuel filter* ditemukan adanya kerusakan komponen yang mengharuskan untuk melakukan pergantian *fuel filter differential pressure switch*. Setelah dilakukan pergantian komponen tidak ada kebocoran yang terjadi.

3.2.5 PK – AHM

Tabel 8 Defect description PK-AHM

Defect Description	Resolution Description	Station	Report Date	AC Type	A/C Reg
RTA, DUE TO AFTER START ENG #1 LEAK, FOUND FUEL LEAK	REF FIM 73-06 TASK 801 REV 73 DO THE WWC BITE PROCEDURE IAW FIM 73-00 TASK 801 REV 73 FOUND MSG 75-20582 (THE TBV DEMAND & POSITION SIGNAL DISAGREE) FLIGHT LEG 1 DO CDS BITE PROCEDURE IAW FIM 31-61 TASK 801 REV 73 NO FOUND MSG RELATED TROUBLE, DO TEST 12	SUB	9-Dec-20	737	PK-AHM

RTA, DUE TO AFTER START ENG #2 LEAK, FOUND FUEL LEAK	IAW FIM 73-06 TASK 801 REV 73 PERFORMED EEC BITE PROCEDURE IAW DIM 73-00 TASK 801 REV 73 RESULT MSG "75- 20582" (TBV DEMAD N POS SIGNAL DISAGRE) FLIGHT LEG #1 AND #2 CONT TO FIM 75-23 TASK 801 REV 73 RESETE D CB RELATED AND CLEAN CONNECTOR PLUG C/O DO ACT T	UPG	10-Dec-20	737	PK- AHM
RTA, DUE TO AFTER START ENG #1 LEAK, FOUND FUEL LEAK	REF AMM TASK 73-21-10-000-801 FOO REV 73 AND AMM TASK 73-21-10- 400-801 FOO REV 73. PERFORMED REPLACED ENG 2 HMU DT REPETITIVE PROBLEM ENGINE CONGTROL LT ILL. REF AMM TASK 71-00-00-700-807 FOO REV 73 PERFORM ACTUATOR TEST RESULT NO FAULT REFF AMM TASK 71	SUB	11-Dec-20	737	PK- AHM

Pada tanggal 9 Desember 2020 pesawat dengan registrasi PK – AHM mengalami *fuel leak after engine start* di Bandara Internasional Juanda Surabaya setelah dilakukan pengecekan WWC Bite (*wide-body control built-in test equipment*) ditemukan kode MSG-7520582 yaitu *The TBV Demand (turbine bypass valve demand)* dan *Position Signal Disagree* yang bermasalah dan dilakukan CDS Bite (*control data system bite*) ditemukan masalah yang sama lalu dilakukan *test 12* yang dimana tes ini merupakan sistem pemeriksaan seperti sistem bahan bakar, sistem kelistrikan, atau sistem penggerak pesawat . Namun, pada tanggal 10 Desember 2020 kembali terjadi *fuel leak after engine start* di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar. Setelah dilakukan pengecekan pesawat mengalami kendala yang sama persis seperti sebelumnya dan dilakukanlah pembersihan pada konektor sistem elektronik tersebut. Namun hal ini terjadi kembali pada tanggal 11 Desember 2020 di Bandara Internasional Juanda Surabaya setelah dilakukan pengecekan adanya kerusakan yang tidak dapat diperbaiki dan mengharuskan untuk melakukan pergantian komponen HMU (*hydro mechanical unit*) pada *ENG 2* .Setelah dilakukan pergantian komponen dan melakukan *actuator test* tidak ada kebocoran yang terjadi.

3.2.6 PK – ALM

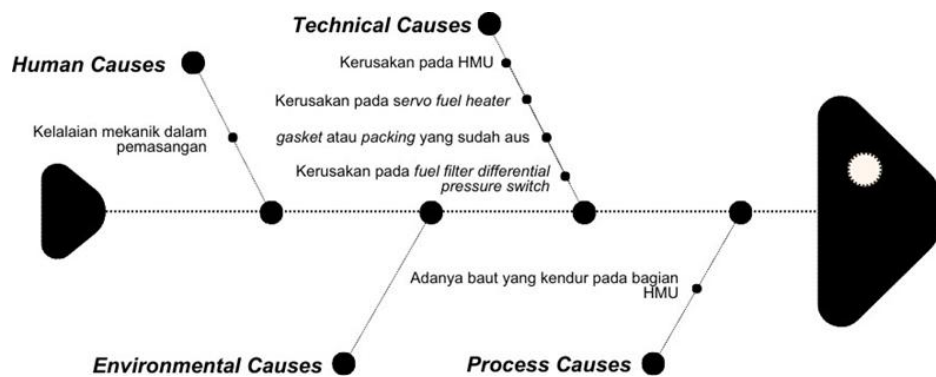
Tabel 9 Defect description PK-ALM

Defect Description	Resolution Description	Station	Report Date	AC Type	A/C Reg
RTA, DUE TO AFTER START ENG #2 LEAK, FOUND FUEL LEAK	"NOTED PER LOG PAGE T257804 DO EEC BITE TEST NO FAULT FOUND PER FIM 73-00 TASK 801 REV.70 A/C OK FOR SVC PLS MONITOR "	HKT	10-Feb-20	737	PK- ALM
RTA, DUE TO AFTER START ENG #2 LEAK, FOUND FUEL LEAK	AFTER CHECK, FOUND LEAK FROM SERVO FUEL HEATER. REFER AMM 73- 11-07/401, REV 73, PERFORMED REPLACE SERVO FUEL HEATER ASSY, AND ENGINE #2 GROUND RUN S/S RESULT NO FOUND LEAK, AIRCRAFT	GTO	24-Feb-20	737	PK- ALM

Pada tanggal 10 Februari 2020 pesawat dengan registrasi PK – ALM mengalami *fuel leak after engine start* di Bandara Internasional Phuket Thailand setelah dilakukan pengecekan EEC (*electronic engine control*) tidak ditemukan kesalahan atau kerusakan . Namun, pada tanggal 24 Februari 2020 kembali terjadi *fuel leak after engine start* di Bandara Djalaluddin Gorontalo. Setelah dilakukan pengecekan adanya kerusakan pada servo fuel heater yang mengharuskan untuk melakukan pergantian komponen. Setelah dilakukan pergantian komponen dan melakukan *performed engine ground run* tidak ada kebocoran yang terjadi

3.3 Klasifikasi Penyebab

Klasifikasi penyebab merujuk pada kelompok atau kategori yang lebih luas mengenai jenis-jenis penyebab masalah yang terjadi. Penyebab ini bisa bersifat langsung maupun tidak langsung. Klasifikasi penyebab ini berguna untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap masalah yang dihadapi.



Gambar 2. Fishbone klasifikasi permasalahan *fuel leak repetitive problem*

Gambar 2 merupakan hasil klasifikasi permasalahan *fuel leak repetitive problem* yang ditampilkan dalam bentuk fishbone diagram. Penyebab bisa diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori besar, Teknis (*Technical Causes*) Kesalahan pada komponen, peralatan atau teknologi, Proses (*Process Causes*) Kesalahan dalam prosedur atau metode kerja, Manusia (*Human Causes*) Kesalahan karena kelalaian atau kurangnya keterampilan, Lingkungan (*Environmental Causes*) : Faktor luar seperti cuaca, suhu, atau kondisi eksternal yang mempengaruhi kinerja. Berikut klasifikasi permasalahan ditampilkan pada **Tabel 10**.

Tabel 10 Klasifikasi permasalahan

No.	Aircraft Registraion	Technical Causes	Process Causes	Human Causes	Environmental Causes
1.	PK – FDL	yes	-	-	-
2.	PK – ADT	-	yes	yes	-
3.	PK – FRN	yes	-	-	-
4.	PK – RJL	yes	-	-	-
5.	PK – AHM	yes	-	-	-
6.	PK – ALM	yes	-	-	-

3.4 Analisis Akar

Analisis ini tidak hanya berfokus pada gejala atau akibat dari permasalahan, tetapi menggali lebih dalam hingga menemukan faktor fundamental yang memicu terjadinya insiden kebocoran. Dengan memahami akar penyebab secara menyeluruh, maka strategi perbaikan yang dihasilkan dapat lebih tepat sasaran, efektif, dan berkelanjutan dalam meningkatkan keselamatan serta keandalan operasional pesawat. Berdasarkan analisis di atas, akar masalah dari kebocoran bahan bakar yang berulang pada pesawat sering kali terkait dengan faktor-faktor berikut:

- Kualitas Material yang Buruk

Komponen dalam sistem bahan bakar seperti *packing* atau *gasket* mungkin terbuat dari material yang tidak tahan lama terhadap kondisi operasional pesawat, seperti suhu ekstrem, getaran, atau korosi. Material yang kurang berkualitas ini akan mengalami keausan yang lebih cepat, memicu kebocoran yang berulang. Seperti halnya yang terjadi pada pesawat registrasi PK – FDL yang mengalami kebocoran bahan bakar karna ada kerusakan pada *gasket* atau *packing*.

- Kesalahan dalam Proses Pemeliharaan dan Instalasi

Kebocoran bahan bakar yang berulang bisa disebabkan oleh prosedur pemeliharaan yang tidak tepat atau kesalahan dalam instalasi komponen sistem bahan bakar. Seperti yang dialami pesawat dengan registrasi PK – ADT yang mengalami kebocoran bahan bakar karna pemasangan baut yang tidak sesuai dengan torsi yang dianjurkan dari pabrik atau kelalaian dalam proses pemasangan.

- Kerusakan pada Komponen Pendukung

Kebocoran bahan bakar berulang bisa terjadi karena kerusakan pada komponen pendukung yang berfungsi memanaskan bahan bakar sebelum masuk ke mesin pesawat seperti yang terjadi pada pesawat registrasi PK – FRN dan PK – ALM mengalami kebocoran bahan bakar karna *servo fuel heater* yang rusak. Kerusakan pada komponen ini bisa menyebabkan resiko kebakaran atau merusak komponen mesin.

- Tidak Ada Tindakan Perbaikan yang Permanen

Kebocoran bahan bakar berulang dapat terjadi jika perbaikan yang dilakukan sebelumnya hanya bersifat sementara dan tidak mengatasi akar masalah yang mendalam. Seperti yang terjadi pada pesawat registrasi PK – AHM yang mengalami masalah kebocoran bahan bakar tiga kali berturut-turut. Proses perbaikan yang tidak mencakup analisis mendalam atau penggantian komponen yang sebenarnya rusak bisa menyebabkan kebocoran terus terjadi.

- Keausan Material

Komponen dalam sistem bahan bakar pesawat bisa mengalami korosi atau keausan dari waktu ke waktu, terutama jika tidak ada pemeliharaan preventif yang cukup. Keausan ini mengarah pada kerusakan struktural pada komponen, yang akhirnya menyebabkan kebocoran bahan bakar. Komponen pesawat memiliki masa pakai tertentu, seperti *servo fuel heater* dengan masa pakai 22.000 jam terbang, HMU (*Hydromechanical Unit*) yang memiliki masa pakai 40.000 jam terbang, dan *fuel filter differential pressure switch* dengan masa pakai 7.000 jam terbang. Masa pakai setiap komponen ini dapat diperpanjang jika dilakukan pemeliharaan sesuai dengan spesifikasi masing-masing part.

3.5 Rekomendasi Pencegahan

Dari permasalahan beberapa registrasi pesawat diperlukan langkah-langkah rekomendasi untuk mencegah terjadinya kebocoran bahan bakar berulang pada pesawat, beberapa rekomendasi langkah pencegahan sebagai berikut:

- Pemeliharaan dan Inspeksi Rutin

Pemeliharaan dan inspeksi rutin merupakan langkah dasar namun sangat krusial dalam mencegah terjadinya kebocoran bahan bakar pada pesawat. Pemeriksaan secara berkala terhadap sistem bahan bakar, termasuk pipa, selang, katup, dan seluruh komponen terkait, perlu dilakukan untuk mendeteksi sedini mungkin adanya kerusakan fisik, keausan, atau potensi kebocoran. Komponen-komponen ini rentan mengalami degradasi akibat tekanan tinggi, getaran, dan paparan suhu ekstrem dalam operasional penerbangan. Salah satu bagian yang sering menjadi sumber kebocoran adalah karet penyekat (*seal*) atau *packing*, sehingga perlu dipastikan bahwa material tersebut masih dalam kondisi optimal dan belum mengalami pengerasan, retakan, atau deformasi. Dengan menerapkan inspeksi yang sistematis dan terdokumentasi, maskapai dapat mengantisipasi permasalahan sebelum menimbulkan gangguan yang lebih serius terhadap keselamatan dan efisiensi operasional. Memeriksa karet atau *packing* untuk memastikan tidak ada kerusakan atau degradasi.

- Penggantian Komponen yang Sudah Aus atau Rusak

Penggantian komponen yang telah aus atau rusak adalah tindakan preventif yang sangat penting untuk menjamin integritas sistem bahan bakar tetap terjaga. Dalam pelaksanaannya, penggantian harus selalu mengacu pada komponen yang telah tersertifikasi dan sesuai dengan spesifikasi teknis yang ditetapkan oleh pabrikan. Penggunaan suku cadang yang tidak standar

berisiko tinggi menimbulkan ketidaksesuaian bentuk atau fungsi, yang justru dapat memperburuk kondisi sistem. Selain itu, komponen-komponen tertentu harus diganti berdasarkan interval waktu atau jam terbang tertentu yang sudah ditentukan dalam manual perawatan, meskipun secara visual belum menunjukkan kerusakan. Strategi ini bertujuan untuk mengantisipasi potensi kerusakan mendadak yang tidak terdeteksi selama inspeksi visual, dan memastikan keandalan operasional pesawat tetap terjaga pada standar tertinggi.

- Pemeriksaan Sistem Pemasangan dan Koneksi

Sambungan dan koneksi pada sistem bahan bakar merupakan titik-titik kritis yang rentan mengalami kebocoran jika tidak dipasang dengan tepat. Oleh karena itu, pemeriksaan secara menyeluruh terhadap sistem pemasangan menjadi sangat penting, terutama setelah pelaksanaan perawatan atau penggantian komponen. Setiap sambungan, kopling, serta fitting harus diperiksa untuk memastikan bahwa semuanya telah terpasang dengan benar, kencang, dan tidak mengalami penyimpangan posisi akibat getaran selama penerbangan. Pemeriksaan ini juga harus mencakup baut dan pengencangan lainnya, yang berisiko mengalami pelonggaran atau keausan dari waktu ke waktu. Pemasangan yang tidak sempurna pada area-area ini tidak hanya berpotensi menyebabkan kebocoran, tetapi juga dapat memicu kegagalan sistem bahan bakar secara keseluruhan. Dengan menerapkan standar inspeksi pemasangan yang ketat, maskapai dapat menurunkan risiko gangguan teknis dan meningkatkan keselamatan penerbangan secara keseluruhan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis mendalam terhadap masalah kebocoran bahan bakar berulang (*fuel leak repetitive problem*) yang terjadi pada armada pesawat Boeing 737 di Maskapai ABC, dapat ditarik kesimpulan bahwa akar permasalahan kebocoran pada mesin dipengaruhi oleh beragam faktor. Keausan material teridentifikasi sebagai penyebab signifikan pada beberapa registrasi pesawat seperti PK-FDL, PK-RJL, PK-AHM, dan PK-ALM. Selain itu, tindakan perbaikan yang kurang komprehensif, seperti sekadar melakukan *reset code* atau membersihkan *connector plug* yang tercatat pada registrasi pesawat PK-AHM dan PK-FRN, terbukti tidak menyelesaikan masalah secara tuntas dan berkontribusi pada terulangnya kebocoran. Dampak dari kebocoran bahan bakar yang terjadi secara berulang ini tidak hanya terbatas pada aspek teknis, namun juga secara signifikan menurunkan produktivitas pesawat. Kondisi ini seringkali mengakibatkan penundaan penerbangan (*delay*) dan mengganggu keseluruhan jadwal operasional penerbangan, serta menuntut frekuensi tindakan perawatan yang lebih tinggi. Untuk meminimalisir risiko dan dampak kebocoran bahan bakar berulang di masa mendatang, langkah-langkah pencegahan yang krusial meliputi pelaksanaan inspeksi rutin yang ketat, memastikan pemasangan komponen sesuai dengan rekomendasi dari pabrikan, serta melakukan penggantian komponen secara proaktif sesuai dengan interval waktu atau jam terbang yang telah dianjurkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Skybrary.aero. Fuel Leak and Confirmation Bias (OGHFA SE) [Internet]. 2024 [23 Oktober 2024]. Tersedia dari: <https://skybrary.aero/articles/fuel-leak-and-confirmation-bias-oghfa-se>
- [2] Galar, D., Herrmann, S., Marquez, A. Optimization of Aircraft Maintenance Scheduling: a Case Study. *Journal of Air Transport Management*. [Internet] 2019 [dikutip 24 Oktober 2024]; 78: 85-93. Tersedia dari <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2019.03.005>
- [3] Henrich I. How does a Turbofan Engine Work? [Internet]. 2024 [25 Oktober 2024]. Tersedia dari: <https://aeroreport.de/en/good-to-know/how-does-a-turbofan-engine-work>
- [4] PT. Garuda Maintenance Facility AeroAsia. Penyebab Kebocoran Bahan Bakar pada Pesawat dan Langkah Penanggulangannya. *GMF AeroAsia* [Internet]. 2021 [26 Oktober 2024]. Tersedia dari: <https://www.gmf-aeroasia.co.id/penyebab-kebocoran-bahan-bakar-pesawat>

- [5] Syafharlis. PENITY [Internet]. 2021 [14 Januari 2025]. Tersedia dari: https://safety.gmf-aeroasia.co.id/penity/2021/05_Penity_May_2021.pdf
- [6] Rahmawati, S. Penggunaan Diagram Fishbone untuk Penyelesaian Masalah di Perusahaan. Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Industri. [Internet] 2023[dikutip 14 Januari 2025]; 6(2): 101-109. Tersedia dari: <https://www.sistem-teknologi.id/diagram-fishbone>
- [7] Boeing. Boeing 737: Overview and Specifications. Chicago: The Boeing Company [Internet] 2024 [23 Oktober 2024] Tersedia dari: <https://www.boeing.com/commercial/737/>
- [8] Flugzeuginfo.net. Boeing 737-800 Spesifikasi Data Teknis / Deskripsi [Internet]. 2019 [8 Januari 2025]. Tersedia dari: https://www.flugzeuginfo.net/acdata_php/acdata_7378_en.php
- [9] Kafle S. Boeing 737-900 5 Facts About The 737NG Family's [Internet]. 2024 [8 Januari 2025]. Tersedia dari: <https://simpleflying.com/boeing-737-900-facts-list/>

