

## Analisis Korosi pada Lower Cowl Skin Thrust Reverser Boeing 737-800 PK-LZS

Ahmad Azhari Kemas<sup>1</sup>, Tonie Habibie<sup>1</sup>, Budi Mulyati<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Rangka Pesawat, Universitas Nurtanio, Jl.Pajajaran No.219 Bandung

Email : [b.mulyati@unnur.ac.id](mailto:b.mulyati@unnur.ac.id)

### Abstrak

Kasus terjadinya korosi pada komponen Lower Cowl Skin Thrust Reverser Pesawat Boeing 737-800 PK-LZS, terbuat dari aluminium alloy 2024-T3, yang memiliki peran penting dalam sistem pembalikan daya dorong mesin. Latar belakang penelitian didasari oleh ditemukannya indikasi degradasi material yang menyebabkan terjadinya corrosion sehingga mengancam keandalan struktural dan keselamatan penerbangan. Kajian pustaka mencakup teori tentang korosi, karakteristik thrust reverser, serta referensi dari *Aircraft Maintenance Manual (AMM)*, *Structural Repair Manual (SRM)*, dan literatur pendukung lain. Metode penelitian menggunakan pendekatan studi literatur, observasi lapangan, dan diskusi dengan teknisi serta engineer di lapangan. Data diperoleh melalui inspeksi visual dan *Non-Destructive Testing (NDT)* seperti *Ultrasonic Testing (UT)* dan *Eddy Current Test (ECT)*, untuk menilai tingkat kerusakan dan ketebalan material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa korosi disebabkan oleh paparan lingkungan lembap, kontaminasi bahan kimia, dan kurang optimalnya perlindungan permukaan. Upaya penanggulangan dilakukan melalui proses *remove damage*, pengukuran ketebalan (*thickness measurement*), pemasangan repair doubler, dan pembersihan permukaan sesuai prosedur SRM. Kesimpulan menunjukkan bahwa penerapan inspeksi rutin dan pemilihan material yang tepat serta penggunaan peralatan sesuai standar sangat krusial dalam menjaga keselamatan dan umur pakai struktur pesawat.

**Kata Kunci** : Korosi, Boeing 737-800, NDT, repair doubler

### 1. PENDAHULUAN

Pesawat terbang merupakan salah satu inovasi teknologi paling revolusioner dalam sejarah transportasi. Sebagai kendaraan udara yang dirancang untuk melayang dan bergerak di atmosfer, pesawat memanfaatkan gaya angkat yang dihasilkan oleh sayapnya untuk terbang (Bridgelall, 2024). Dengan kemampuan bergerak bebas pada tiga sumbu yaitu *longitudinal*, *vertical*, dan *lateral axis* didukung oleh sistem *aerodinamis* dan mesin penggerak seperti baling-baling maupun turbin jet. Kehadiran pesawat telah mengubah cara manusia berpindah dari satu tempat ke tempat lain, memungkinkan perjalanan lintas negara bahkan lintas benua dalam waktu yang jauh lebih singkat dibandingkan pada transportasi darat atau laut (Jumini, 2018).

Penerbangan adalah bidang industri yang perkembangannya sangat pesat seiring dengan perkembangan teknologi (Abu Talib dkk., 2025). Teknologi membuat pesawat menjadi semakin canggih dan cepat, hal ini menimbulkan masalah baru yaitu pesawat harus dapat berhenti dengan cepat di berbagai kondisi landasan, misalnya panjang landasan yang pendek atau landasan yang licin akibat hujan atau salju (Van Es, 2017). Normalnya pengereman pada pesawat dilakukan menggunakan *braking system*, selain itu pesawat juga menggunakan *thrust reverser* sebagai alat bantu sistem pengereman (Niu & Jin, 2024). *Thrust reverser* merupakan sebuah sistem yang dapat membalikkan

*engine thrust* dari *engine fan air exhaust* ke depan, aksi ini dapat menyebabkan pembalikan *thrust* dan menimbulkan *drag* sehingga membuat kecepatan pesawat berkurang, menjadikan pesawat dapat berhenti dalam waktu yang singkat (Yuan dkk., 2025).

Dalam salah satu inspeksi *heavy maintenance* dilakukan sesuai dengan standar yang berlaku, pesawat melanjutkan proses *removal*. Pada saat melaksanakan *Removal Thrust Reverser*, dilakukan inspeksi *visual* terdapat indikasi korosi pada *lower cowl skin thrust reverser*.

## 2. METODE

Pelaksanaan kegiatan inspeksi rutin (*c-check*) pada pesawat Boeing 737-800 sebagai bagian dari program perawatan berkala yang telah dijadwalkan. Selama proses inspeksi tersebut, teknisi menemukan adanya indikasi permasalahan pada komponen *thrust reverser*, khususnya pada bagian *lower aft cowl*. Setelah dilakukan pemeriksaan lebih lanjut, ditemukan adanya korosi (*corrosion*) pada area tersebut. Temuan ini kemudian di dokumentasikan sesuai dengan prosedur inspeksi yang berlaku. Menindak lanjuti kondisi tersebut, teknisi segera mengambil tindakan korektif sesuai dengan petunjuk teknis yang tercantum dalam *task card* yang telah diterbitkan oleh pihak berwenang atau sesuai dengan *Approved Maintenance* data yang relevan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Terjadinya korosi pada *lower cowl skin thrust reverser* setelah dilakukan proses *removal* kemungkinan disebabkan beberapa faktor yang mengakibatkan kerusakan pada komponen. Korosi yang terjadi pada *lower skin cowl thrust reverser* dapat di akibatkan karena paparan kelembaban tinggi (terutama di area tropis atau pesisir), paparan garam (*salt spray*) dari udara laut, terutama untuk pesawat yang beroperasi di bandara dekat laut, paparan bahan kimia seperti *de-icing fluid*, cairan pembersih, dan bahan bakar (Gang dkk., 2019; Wu dkk., 2024).

Jenis logam yang digunakan pada *aft cowl* mungkin rentan terhadap korosi, seperti paduan aluminium atau baja karbon, kerusakan pada lapisan pelindung (*coating*, *anodizing*, atau *cat*) akibat abrasi, benturan FOD (*foreign object damage*) dari *landing gear* saat pesawat sedang landing. Pencucian yang tidak benar atau tidak rutin (menyebabkan residu bahan kimia tertinggal). Penggunaan cairan pembersih atau pelumas yang tidak sesuai dengan material logam. Kerusakan saat proses *maintenance* seperti *over-tightening* atau goresan pada lapisan pelindung (Wu dkk., 2024).

Korosi yang terjadi pada *aft cowl* dapat menimbulkan sejumlah dampak signifikan terhadap integritas struktural, Jika tidak ditangani dengan tepat, kerusakan akibat korosi ini berpotensi mengganggu kinerja *thrust reverser*, yang pada akhirnya dapat memengaruhi efektivitas sistem pengereman pesawat saat pendaratan. Selain itu, keberadaan korosi juga dapat menyebabkan kebocoran udara (*air leakage*), getaran yang tidak normal, hingga potensi kegagalan komponen akibat penurunan kekuatan material.

Integritas struktural adalah kemampuan suatu komponen atau struktur untuk menahan beban dan tekanan yang bekerja padanya selama masa operasional tanpa mengalami kerusakan atau kegagalan yang membahayakan fungsi atau keselamatan. Dalam konteks penerbangan, integritas struktural sangat penting karena setiap bagian pesawat, terutama pada bagian sistem *thrust reverser*, Ketika terjadi korosi pada *lower aft cowl thrust reverser*, kondisi ini dapat secara langsung mengancam integritas struktural komponen tersebut, karena korosi menyebabkan penipisan material,

melemahkan kekuatan struktural, dan berpotensi menimbulkan retakan atau deformasi (Tian dkk., 2025).

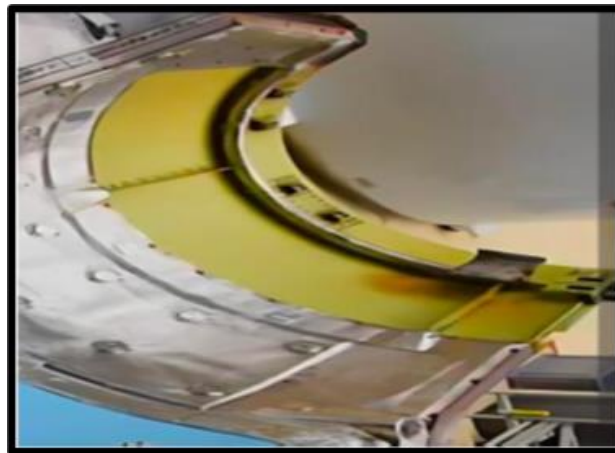
Kebocoran udara (air leakage) adalah kondisi di mana udara keluar atau masuk secara tidak terkontrol melalui celah, retakan, atau kerusakan pada suatu komponen pesawat yang seharusnya kedap udara. Dalam sistem pesawat udara, kebocoran ini bisa terjadi pada berbagai bagian, termasuk saluran pneumatik, sistem hidrolis, kabin bertekanan, maupun struktur eksternal seperti nacelle dan thrust reverser, dalam struktur pesawat, khususnya pada bagian thrust reverser seperti aft cowl, kebocoran udara dapat terjadi akibat kerusakan permukaan atau korosi yang menyebabkan terbentuknya celah atau lubang kecil. Kebocoran ini dapat mengganggu aliran udara yang seharusnya terkontrol, mengurangi efisiensi aerodinamis, dan menimbulkan turbulensi lokal, getaran tidak normal, atau perubahan tekanan yang tidak diinginkan.

Kegagalan komponen akibat penurunan kekuatan material adalah kondisi di mana suatu bagian dari struktur atau sistem pesawat tidak mampu lagi menjalankan fungsinya secara optimal karena kekuatan mekanis materialnya telah menurun dari batas yang dirancang, penurunan kekuatan material dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti korosi, keausan, fatigue (kelelahan material), eksposur terhadap suhu ekstrem, atau kerusakan mikro struktur akibat umur pakai yang panjang. Korosi pada *aft cowl thrust reverser* dapat menyebabkan penipisan dinding logam, sehingga bagian tersebut menjadi lebih rentan terhadap tekanan udara dan gaya aerodinamis. Akibatnya, komponen tersebut bisa gagal menjalankan fungsinya seperti melindungi mesin atau mengarahkan aliran udara saat pembalikan daya dorong yang pada akhirnya dapat mengganggu performa sistem dan membahayakan keselamatan penerbangan (Martin dkk., 2021).

Penyebab utama terjadinya korosi pada lower cowl skin thrust reverser Boeing 737-800 PK-LZS dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti paparan cuaca ekstrem dan kelembapan tinggi, yang menyebabkan terjadinya reaksi elektrokimia pada bahan logam bagian tersebut. Selain itu, adanya akumulasi air dan debris yang sulit dibersihkan secara rutin mempercepat proses korosi, dimana faktor lingkungan dan kurangnya perawatan berkala menjadi penyebab utama terjadinya korosi ini. Dampak yang timbul dari korosi ini cukup serius, sebab selain berkurangnya kekuatan struktural bagian yang terserang, korosi dapat menyebabkan kegagalan fungsi pada sistem Thrust Reverser, yang berdampak pada keselamatan penerbangan dan biaya perbaikan yang tinggi. Korosi yang tidak segera ditangani dapat mempercepat kerusakan komponen pesawat dan menimbulkan kerugian ekonomi serta mengurangi umur pesawat secara keseluruhan. Oleh karena itu, pengidentifikasian serta pengaruh dari korosi ini perlu mendapat perhatian serius dari tim pemeliharaan dan teknisi.

Sebagai langkah penanggulangan korosi pada lower aft cowl skin thrust reverser, diperlukan perawatan yang lebih intensif dan pemilihan material yang lebih tahan korosi, disertai inspeksi rutin serta penggunaan pelapis pelindung atau bahan antikorosi. Proses perbaikan dilakukan secara terstruktur sesuai prosedur, dimulai dari tahap persiapan berupa identifikasi area terdampak, penandaan, dan pengamanan lingkungan kerja. Pemilihan tools dan consumable material—seperti solvent, lap non-woven, fastener, sealant, dan aluminium sheet—dilakukan secara cermat untuk memastikan akurasi dan keselamatan. Pelaksanaan yang sesuai dengan ketentuan teknis diharapkan mampu mencegah kerusakan lanjutan, meningkatkan keandalan struktur, dan memperpanjang masa pakai komponen sehingga keselamatan serta efisiensi operasional pesawat tetap terjaga.

Identifikasi lokasi kerusakan (*damage location identification*) berfungsi untuk menentukan secara tepat area atau bagian dari komponen pesawat yang mengalami kerusakan, sehingga proses perbaikan dapat dilakukan sesuai dengan prosedur yang berlaku dan merujuk pada dokumentasi teknis yang akurat. Sebagaimana terlihat pada gambar, Aft Cowl Thrust Reverser dengan nomor part number 315A2295 merupakan nomor bagian (*part number*) dari komponen Aft Cowl pada sistem thrust reverser dan serial number 007456. Kerusakan yang teridentifikasi adalah korosi pada bagian aft cowl, dengan nomor part 315A2111, yang merupakan bagian struktural dari komponen utama Aft Cowl Thrust Reverser tersebut. Identifikasi ini menjadi dasar penting dalam menentukan jenis perbaikan (*repair method*) yang akan dilakukan sesuai dengan *Structural Repair Manual*, dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Identification damage location*

Korosi yang sudah teridentifikasi secara spesifik, selanjutnya dalam prosedur repair adalah "remove fastener" atau pelepasan pengikat yang menghubungkan panel Aft Cowl dengan struktur sekitarnya. Hal ini penting untuk membuka akses terhadap area yang mengalami korosi sehingga proses pembersihan, treatment, atau penggantian material dapat dilakukan dengan optimal (Martin dkk., 2021).

Jenis-jenis *fastener* yang umum ditemukan dan perlu dilepas dalam area *Aft Cowl* meliputi *solid shank rivet*, *blind rivet*, *blind bolt*, *lockbolt*, dan *hex-drive bolt*. Setiap jenis fastener memerlukan metode pelepasan yang berbeda agar tidak menimbulkan kerusakan tambahan pada struktur (Tang dkk., 2023). *Solid shank rivet* dilepas dengan cara memotong atau mengebor bagian kepalanya, sementara *blind rivet* perlu dibor dari sisi luar karena hanya memiliki akses satu sisi. *Blind bolt* dan *lockbolt*, yang digunakan untuk area dengan beban struktural lebih tinggi, biasanya dilepas menggunakan alat khusus untuk memotong collar atau membongkar bagian pengunci internalnya. *Hex-drive bolt* dilepas dengan kunci heksagonal yang sesuai untuk menghindari kerusakan pada ulir.

Prosedur perbaikan struktural, khususnya saat menangani kerusakan akibat korosi pada *Aft Cowl Thrust Reverser*, tahap "*Remove Damage for Smooth*" merupakan bagian krusial untuk memastikan area yang terdampak dapat diperbaiki tanpa meninggalkan potensi kerusakan lanjutan (Frias dkk., 2010). Proses ini mencakup lima langkah utama yang harus dilakukan secara sistematis dan sesuai dengan pedoman di *Structural Repair Manual* (SRM). Perbaikan struktural pesawat, proses "*Performed Rotary and Countersink Inspection*" memiliki peran penting untuk memastikan bahwa

tidak ada kerusakan tersembunyi (hidden damage) yang tertinggal setelah penghilangan korosi atau sebelum pemasangan kembali fastener (Tang dkk., 2023).

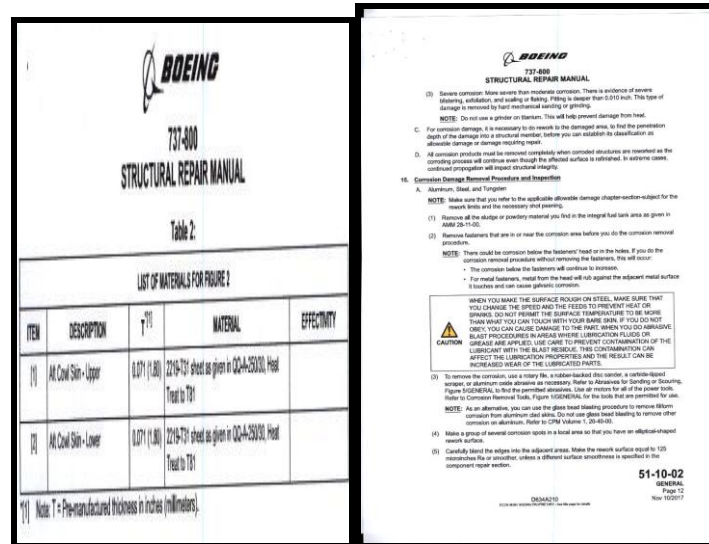
Langkah pertama adalah melakukan pemeriksaan HFEC (*High-Frequency Eddy Current*) pada area *inboard lower Aft Cowl* inner skin. Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mendeteksi adanya retakan halus (*micro cracks*), delaminasi, atau indikasi kerusakan logam yang tidak terlihat secara visual, terutama pada permukaan dalam setelah proses *remove damage*. Langkah kedua adalah melakukan rotary inspection melalui lubang *fastener* yang berada di area *inboard lower skin Aft Cowl*. Pemeriksaan ini dilakukan dengan memutar probe eddy current atau ultrasonic melalui lubang *fastener* untuk mengevaluasi kondisi dinding lubang (*hole wall*) serta struktur di bawah permukaan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa tidak ada kerusakan sekunder, seperti *crack propagation* akibat tekanan atau korosi yang berkembang ke bagian dalam material. Langkah terakhir adalah melakukan pemeriksaan pada lubang *countersink* yang terdapat di *inboard lower Aft Cowl*. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mendeteksi adanya kerusakan struktural seperti *crack* pada tepi *chamfer* (bibir *countersink*), ketidaksesuaian sudut, atau adanya deformasi akibat proses pengeboran atau korosi sebelumnya. Ketepatan bentuk dan kebersihan pada area *countersink* sangat penting karena *fastener* akan dipasang kembali di lubang tersebut. Jika terdapat kerusakan, maka area tersebut harus diperbaiki atau *diwork* sesuai dengan panduan SRM sebelum *fastener* baru dapat dipasang, dapat dilihat pada Gambar 2.

Batam Aero Technic		NON-DSTRUCTIVE TEST REPORT	
NDT REPORT NUMBER : 014/DV/2024/ET/BM WORK ORDER : 1549362 TASK REFERENCE : MODR 149817 OPERATOR/CUSTOMER : BATIK AIR AIRCRAFT REGISTRATION : PK-L25 AIRCRAFT TYPE : B737-800NG			
<b>COMPONENT / AREA OF INSPECTION</b> DESCRIPTION : INBOARD LOWER AFT COWL SKIN INNER SIDE THRUST REVERSEER ENG #1 PART NUMBER : N/A SERIAL NUMBER : N/A QUANTITY : N/A			
<b>NDT METHOD</b> PENETRANT TESTING <input type="checkbox"/> MAGNETIC PARTICLE TESTING <input type="checkbox"/> EDDY CURRENT TESTING <input checked="" type="checkbox"/> ULTRASONIC TESTING <input type="checkbox"/> THERMOGRAPHY TESTING <input type="checkbox"/>			
TECHNICAL REFERENCE: B737 NDTM PART 6, 51-00-00 PROCEDURE 23 REV. 144 DATED 1 JUL 2024 B737 NDTM PART 6, 51-00-00 PROCEDURE 16 REV. 144 DATED 1 JUL 2024 B737 NDTM PART 6, 53-30-00 PROCEDURE 3 REV. 144 DATED 1 JUL 2024			
<b>EQUIPMENT IDENTIFICATION</b>			
DESCRIPTION :	PART NUMBER :	SERIAL NUMBER :	CALIBRATION DUE DATES :
EDDY CURRENT FLAW DETECTOR	NG00D-KEE	60002172364	10 Oct 2024
REFERENCE STANDARD	126	16605	N/A
REFERENCE STANDARD	98551605001-218	40997	N/A
HFEC PROBE	S222206	K01476	N/A
ROTARY PROBE	SELJ-4.7-35	S24082	N/A
ROTARY PROBE	ARR.15655	62129	N/A
COUNTERSINK PROBE	UC1-4.0M/SS	082163	N/A
COUNTERSINK PROBE	UC1-4.0M/SS	081978	N/A
<b>CONSUMABLES USED</b>			
DESCRIPTION :	PART NUMBER :	BATCH NUMBER :	EXPIRY DATES :
N/A	N/A	N/A	N/A
<b>TASK DESCRIPTIONS</b>			
1) HFEC INSPECTION CARRIED OUT ON BLENDED OUT AREA AT INBOARD LOWER AFT COWL SKIN INNER SIDE THRUST REVERSEER ENG #1 IN ACCORDANCE WITH B737 NDTM PART 6, 51-00-00 PROCEDURE 23 REV. 144 DATED 1 JUL 2024 2) ROTARY INSPECTION CARRIED OUT THROUGH OPENED FASTENER HOLES AT INBOARD LOWER AFT COWL SKIN INNER SIDE THRUST REVERSEER ENG #1 IN ACCORDANCE WITH B737 NDTM PART 6, 51-00-00 PROCEDURE 16 REV. 144 DATED 1 JUL 2024 3) COUNTERSINK INSPECTION CARRIED OUT ON OPENED FASTENER HOLES AT INBOARD LOWER AFT COWL SKIN INNER SIDE THRUST REVERSEER ENG #1 IN ACCORDANCE WITH B737 NDTM PART 6, 53-30-00 PROCEDURE 3 REV. 144 DATED 1 JUL 2024			
<b>INSPECTION RESULTS &amp; REMARKS</b>			
NO CRACK INDICATION FOUND DURING THE TIME OF INSPECTION			
MANHOURS : 2.50		LOCATION : BM-8TH	
<b>PERFORMED &amp; CERTIFIED BY</b>			
NAME & SIGNATURE	STAMP	DATE OF INSPECTION	
YUNNITA DWI'ULFANI		05 Sep 2024	
STATEMENT OF CONFORMITY : THIS IS TO CONFIRM THAT THE ABOVE MENTIONED AIRCRAFT/AIRCRAFT COMPONENTS HAVE BEEN INSPECTED IN ACCORDANCE WITH THE CURRENT APPLICABLE REFERENCE MANUALS/DOCUMENTS.			

Gambar 2. Non-Destructive Test

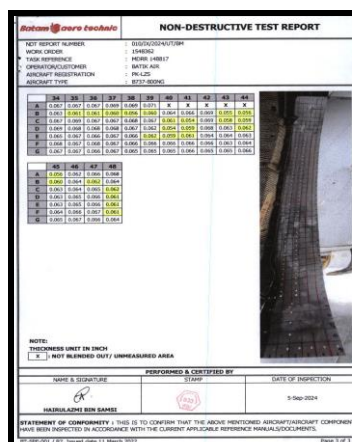
Proses *thickness measurement* berfungsi untuk melakukan pengukuran ketebalan material *Lower Aft Cowl Skin* yang mempunyai ketebalan asli 0,071 inch, dapat dilihat

pada **Gambar 3a** , guna memastikan bahwa sisa ketebalan (*remaining thickness*) struktur masih berada dalam batas yang diizinkan yaitu 0,060 inch, setelah dilakukan pembersihan korosi atau penghilangan kerusakan. Pengukuran ini dilakukan menggunakan peralatan Boeing 737 NDT (Non-Destructive Testing) sesuai standar yang berlaku, seperti *ultrasonic thickness gauge*, untuk mendapatkan hasil yang akurat tanpa merusak material (Dabaja dkk., 2025). Hasil pengukuran ini menjadi dasar penting dalam menentukan apakah komponen masih dapat digunakan, perlu dilakukan *doubler*, atau harus diganti, sesuai dengan ketentuan dalam *Structural Repair Manual* (SRM), dapat dilihat pada **Gambar 3b**.



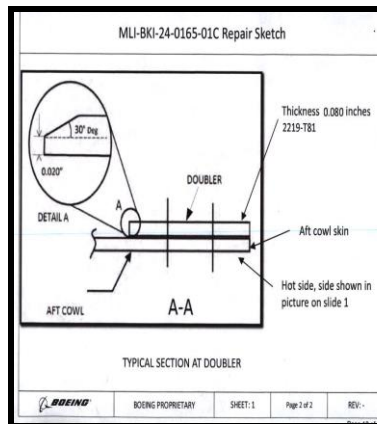
**Gambar 3 a) Ketebalan asli material b) Thickness measurement**

Dalam prosedur perbaikan selanjutnya, yaitu *Remaining Thickness at Aft Cowl Skin*, langkah ini bertujuan untuk mengetahui sisa ketebalan dari material pada bagian kulit belakang (*aft cowl skin*). Pemeriksaan ini penting untuk memastikan bahwa ketebalan material masih berada dalam batas toleransi yang diizinkan sesuai standar keselamatan dan kelayakan struktural. Dengan mengetahui sisa ketebalan, teknisi dapat menentukan apakah komponen masih layak digunakan atau perlu dilakukan penggantian atau perbaikan lebih lanjut, dapat dilihat pada **Gambar 4**.



**Gambar 4. Remaining thickness**

Proses selanjutnya yaitu *Fabricate Repair Doubler* dilakukan sesuai dengan MLI-BKI-24-0165-01C *Repair Sketch*, di mana pembuatan doubler mengikuti spesifikasi teknis yang tertera pada sketsa perbaikan tersebut. Proses ini mencakup pemotongan material dengan ukuran yang sesuai, pembentukan agar sesuai dengan kontur permukaan area yang diperbaiki, serta pengeboran lubang untuk pemasangan rivet atau fastener lainnya. Seluruh tahapan fabrikasi harus dilakukan dengan cermat dan sesuai standar yang ditetapkan dalam repair sketch untuk memastikan *doubler* dapat berfungsi secara optimal dalam mengembalikan kekuatan dan integritas struktural pada bagian yang mengalami kerusakan, dapat dilihat pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** *Fabricate repair doubler*

Proses selanjutnya adalah HFEC (*High Frequency Eddy Current*) Inspection yang berfungsi untuk mendeteksi adanya retakan halus atau cacat permukaan dan bawah permukaan pada material logam, khususnya di sekitar area perbaikan. Inspeksi HFEC telah dilakukan pada area *repair doubler* untuk memastikan tidak terdapat cacat atau kerusakan material setelah proses perbaikan, dan pelaksanaannya mengacu pada standar NDT Boeing 737.

Selain itu, inspeksi rotary juga telah dilakukan pada semua lubang fastener yang baru dibuat, sesuai dengan prosedur *Non-Destructive Testing* (NDT) Boeing 737. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mendeteksi adanya retakan di sekitar lubang sebelum dilakukan pemasangan fastener, guna memastikan bahwa area tersebut aman dan memenuhi standar keselamatan struktural, dapat dilihat pada **Gambar 6**.

NON-DESTRUCTIVE TEST REPORT			
NET REPORT NUMBER	06410/024/ET/01		
WORK ORDER	1548302		
TASK REFERENCE	MORC 48817 / B737NG FC 54-3080-02 REV.00		
OPERATOR/CUSTOMER	BAKTIK AIR		
AIRCRAFT REGISTRATION	PK-LZC		
AIRCRAFT TYPE	B737-800		
COMPONENT/AREA OF INSPECTION			
DESCRIPTION	ENGINE NO.1 - 18 AFT LOWER COWL SKIN THRUST REVERSER		
PART NUMBER	N/A		
SERIAL NUMBER	N/A		
QUANTITY	N/A		
TEST METHOD			
PHASED TESTING	INDIRECT/REACTIVATION TESTING	EDDY CURRENT TESTING	ULTRASONIC TESTING
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TECHNICAL REFERENCE:			
B737 NOTM PART 6, 51-00-00 PROCEDURE 23 REV. 144 DATED 1 JUL 2024			
B737 NOTM PART 6, 51-00-00 PROCEDURE 18 REV. 144 DATED 1 JUL 2024			
EQUIPMENT IDENTIFICATION			
DESCRIPTION	PART NUMBER	SERIAL NUMBER	CALIBRATION DUE DATES
EDDY CURRENT FLAW DETECTOR	60600-4EE	6060217264	09 Oct 2024
HFEC 400 STED	126	06605	N/A
PROBE	922202	000349	N/A
HOLE REF TEST	106A	6026	N/A
PROBE	SEL-4.7.35	24082	N/A
CONSUMABLES USED			
DESCRIPTION	PART NUMBER	SERIAL NUMBER	EXPIRY DATES
N/A	N/A	N/A	N/A
TASK DESCRIPTIONS			
1. HFEC INSPECTION HAS BEEN CARRIED OUT ON FABRICATED REPAIR DOUBLER IN ACCORDANCE WITH B737 NOTM PART 6, 51-00-00 PROCEDURE 23 REV. 144 DATED 1 JUL 2024			
2. ROTARY INSPECTION HAS BEEN CARRIED OUT IN ALL NEW FASTENER HOLES IN ACCORDANCE WITH B737 NOTM PART 6, 51-00-00 PROCEDURE 18 REV. 144 DATED 1 JUL 2024			
INSPECTION RESULTS & REMARKS			
NO CRACK FOUND DURING THE TIME OF INSPECTION			

**Gambar 6.** HFEC Inspection

Proses selanjutnya yaitu *assembly the repair doubler*, yang berfungsi untuk memperkuat bagian struktur pesawat yang mengalami kerusakan atau keausan. Repair doubler dipasang di atas area yang rusak untuk memberikan kekuatan tambahan, menjaga integritas struktural, dan memastikan distribusi beban tetap aman selama pengoperasian pesawat. Dalam tahap ini, doubler dirakit dengan presisi tinggi sesuai spesifikasi teknis, menggunakan metode pemasangan seperti riveting atau bonding, tergantung pada desain dan jenis material. Proses ini sangat penting untuk memastikan bahwa perbaikan memenuhi standar keselamatan dan kelaikan udara yang telah ditetapkan.

Proses selanjutnya adalah *drill the new fastener holes*, yaitu pengeboran lubang-lubang baru untuk pengencang (fastener) yang akan digunakan dalam pemasangan *repair doubler*. Tahap ini dilakukan dengan sangat hati-hati dan presisi untuk memastikan bahwa lubang-lubang yang dibor berada pada posisi yang tepat sesuai dengan desain dan tidak merusak struktur asli pesawat. Pemilihan ukuran mata bor dan jenis pengeboran harus disesuaikan dengan material yang digunakan, serta mempertimbangkan toleransi teknis agar fastener dapat terpasang dengan kuat dan aman. Proses ini juga melibatkan pembersihan lubang dari serpihan (debris) hasil pengeboran untuk menghindari kontaminasi atau kerusakan pada struktur dan fastener itu sendiri. Selanjutnya yaitu *countersink fastener holes on the doubler*, yang memiliki fungsi untuk membuat permukaan kepala fastener rata dengan permukaan doubler setelah dipasang. Teknik countersinking ini dilakukan dengan membentuk cekungan berbentuk kerucut di sekitar lubang fastener, sehingga fastener jenis flush head dapat tertanam sempurna tanpa menonjol dari permukaan. Hal ini penting untuk menjaga aerodinamika pesawat, mencegah gangguan aliran udara, serta mengurangi potensi terjadinya keausan atau kerusakan akibat tonjolan fastener. Selain itu, countersinking juga membantu mendistribusikan beban secara merata di sekitar area pemasangan, meningkatkan kekuatan sambungan, dan menjaga integritas struktural dari perbaikan yang dilakukan.

Proses *disassemble the repair doubler and break all sharp edges* menjadi langkah penting setelah pengeboran lubang fastener dan countersinking selesai dilakukan. Setelah repair doubler sementara dipasang untuk penandaan dan pengecekan kecocokan lubang, doubler tersebut dilepas kembali agar seluruh permukaan dan tepi baik pada doubler maupun skin dapat diperiksa dan diproses lebih lanjut. Menghaluskan (*breaking*) semua tepi tajam pada area yang telah dipotong atau dibor bertujuan untuk mencegah terbentuknya titik awal retakan yang dapat mempercepat penyebaran korosi di masa mendatang. Hal ini sangat krusial pada bagian *thrust reverser* yang berada di area belakang mesin dan terpapar suhu tinggi, kelembapan, serta gaya aerodinamis. Oleh karena itu, tahapan ini tidak hanya meningkatkan kualitas hasil perbaikan, tetapi juga memperpanjang umur struktur yang telah terkena dampak korosi.

Proses selanjutnya yaitu *clean all aluminium surface with solvent*, yang dilakukan untuk membersihkan seluruh permukaan aluminium dari sisa-sisa kotoran, minyak, serpihan logam, dan residu lain yang mungkin tertinggal selama proses perbaikan. Pembersihan ini bertujuan untuk memastikan area perbaikan benar-benar bersih sebelum pemasangan akhir atau pengecatan, sehingga tidak mengganggu adhesi material atau menyebabkan korosi lanjutan. Solvent yang digunakan harus sesuai dengan standar aviasi dan aman untuk material aluminium. Setelah proses pembersihan selesai, periksa kembali kelengkapan tools yang telah digunakan, pastikan tidak ada alat yang tertinggal di dalam area kerja atau komponen pesawat, untuk menjaga keselamatan

dan mencegah potensi kerusakan saat pesawat kembali dioperasikan, untuk *thrust reverser* yang sudah dilakukan proses perbaikan dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Hasil pekerjaan doubler

Ditemukannya korosi pada komponen lower aft cowl dari thrust reverser menunjukkan adanya degradasi material yang signifikan, yang dapat mempengaruhi keandalan struktural dan keselamatan sistem thrust reverser pada pesawat. Korosi ini biasanya terjadi akibat paparan berulang terhadap lingkungan yang korosif, seperti kelembapan tinggi, air laut, bahan kimia pembersih, atau sisa-sisa bahan bakar dan oli, terutama jika sistem proteksi permukaan tidak optimal atau telah mengalami kerusakan mikro sebelumnya. Adapun kesimpulan yang dibuat dari studi kasus ini adalah sebagai berikut:

1. Penyebab terjadinya korosi pada lower cowl skin thrust reverser pesawat Boeing 737-800 PK-LZS umumnya disebabkan oleh terjadinya galvanic korosi akibat kontak langsung antara material aluminium alloy pada skin dengan logam berbeda seperti stainless steel atau titanium pada fastener dan komponen sekitar, dalam kondisi lingkungan lembap dan korosif. Area lower cowl thrust reverser terletak dekat engine exhaust, sehingga sering terpapar kelembapan tinggi, uap bahan bakar, minyak, serta suhu panas dan pendinginan berulang yang mempercepat proses elektrokimia. Ketika lapisan pelindung seperti primer, anodizing, atau sealant mengalami kerusakan, air dan elektrolit dapat masuk ke celah sambungan, membentuk sel galvanik di mana aluminium bertindak sebagai anoda dan terkorosi terlebih dahulu.
2. Akibat dari kerusakan tersebut dapat menimbulkan gangguan fungsi thrust reverser, terutama pada saat fase pendaratan yang membutuhkan performa maksimal sistem pengereman udara. Korosi yang telah meluas pada mekanisme

penggerak atau engsel thrust reverser dapat menyebabkan komponen sulit bergerak atau tidak menutup secara sempurna.

3. Untuk upaya penanggulangan, langkah pertama yang harus dilakukan adalah inspeksi menyeluruh menggunakan metode visual dan non-destructive testing (NDT) untuk menilai tingkat kerusakan. Hasil inspeksi menjadi dasar dalam menentukan tindakan perbaikan sesuai panduan Aircraft Maintenance Manual (AMM) atau Structural Repair Manual (SRM), baik berupa pembersihan area korosi, pelapisan ulang, maupun penggantian komponen yang sudah melewati batas toleransi. Selain itu, perlu dilakukan evaluasi terhadap efektivitas program perawatan dan pencegahan korosi, termasuk peningkatan frekuensi inspeksi berkala, perbaikan prosedur pembersihan, serta pengetatan jadwal aplikasi ulang lapisan pelindung anti-korosi. Langkah-langkah ini diharapkan dapat mencegah kejadian serupa di masa mendatang.

#### 4. SIMPULAN

Korosi pada lower cowl skin thrust reverser pesawat Boeing 737-800 PK-LZS umumnya disebabkan oleh galvanic corrosion akibat kontak langsung antara aluminium alloy pada skin dengan logam berbeda seperti stainless steel atau titanium pada fastener, terutama dalam lingkungan operasi yang lembap, korosif, dan berada dekat engine exhaust yang menghasilkan uap bahan bakar, minyak, serta kondisi panas–dingin berulang. Kerusakan pada lapisan pelindung seperti primer, anodizing, atau sealant memungkinkan elektrolit masuk ke celah sambungan dan membentuk sel galvanik, sehingga aluminium terkorosi terlebih dahulu. Dampak dari kerusakan ini dapat mengganggu fungsi thrust reverser, khususnya pada fase pendaratan yang memerlukan performa optimal sistem pengereman udara, karena korosi yang meluas pada engsel atau mekanisme penggerak dapat menyebabkan pergerakan tersendat atau penutupan yang tidak sempurna. Penanggulangannya diawali dengan inspeksi menyeluruh menggunakan metode visual maupun non-destructive testing (NDT) untuk menilai tingkat kerusakan, kemudian menentukan tindakan perbaikan berdasarkan Aircraft Maintenance Manual (AMM) atau Structural Repair Manual (SRM), seperti pembersihan area korosi, pelapisan ulang, atau penggantian komponen yang melewati batas toleransi. Evaluasi program perawatan juga perlu dilakukan dengan meningkatkan frekuensi inspeksi, memperbaiki prosedur pembersihan, serta menegakkan kembali jadwal aplikasi ulang lapisan anti-korosi agar kerusakan serupa dapat dicegah di masa mendatang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abu Talib, M., Nasir, Q., Dakalbab, F., & Saud, H. (2025). Future aviation jobs: The role of technology in shaping skills and competencies. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 11(2), 100517. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2025.100517>
- Bridgelall, R. (2024). Aircraft Innovation Trends Enabling Advanced Air Mobility. *Inventions*, 9(4), 84. <https://doi.org/10.3390/inventions9040084>
- Dabaja, H., Noura, H., & Ouladsine, M. (2025). Non-Destructive Testing in Structural Health Monitoring: An Overview\*. *2025 International Conference on Control, Automation and Diagnosis (ICCAD)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICCAD64771.2025.11099117>

- Frias, E., Yamamoto, A., Lea, C., & Haylock, L. (2010). *Removal of Ergo-Tech® Blind Bolt with Hand Electrical Discharge Removal Tool*. 2010-01–1845. <https://doi.org/10.4271/2010-01-1845>
- Gang, Y., Dong, L., Zhenli, C., & Zeyu, Z. (2019). Blended Wing Body Thrust Reverser Cascade Feasibility Evaluation Through CFD. *IEEE Access*, 7, 155184–155193. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2949062>
- Jumini, S. (2018). Gaya Aerodinamik dalam Penerbangan Perspektif Q.S An-Nahl: 79. *Syariati : Jurnal Studi Al-Qur'an dan Hukum*, 4(02), 143–152. <https://doi.org/10.32699/syariati.v4i02.1172>
- Martin, C., Quinn, D., Murphy, A., Robinson, T., Thompson, K., Kirkland, F., Cottney, D., Fox, R., Gaskell, J., & O'Doherty-Jennings, J. (2021). Understanding Influence of Powerplant Component Connection Strategies on Aircraft Engine Structural Deformations. *Journal of Aircraft*, 58(5), 1083–1093. <https://doi.org/10.2514/1.C036275>
- Niu, W., & Jin, C. (2024). Model Based Aircraft Thrust Reverse System Design. *2024 3rd International Symposium on Aerospace Engineering and Systems (ISAES)*, 10–13. <https://doi.org/10.1109/ISAES61964.2024.10751369>
- Tang, W., He, J., Xiao, Y., Qu, W., Ye, J., Long, H., & Liang, C. (2023). Design of a Quick-Pressing and Self-Locking Temporary Fastener for Easy Automatic Installation and Removal. *Applied Sciences*, 13(5), 3004. <https://doi.org/10.3390/app13053004>
- Tian, Y., Zhao, K., & Xu, Y. (2025). Experimental Investigations on the Movement Performance of Hydraulic Actuation System of the Thrust Reverser Device. Dalam L. Yan, H. Duan, & Y. Deng (Ed.), *Advances in Guidance, Navigation and Control* (Vol. 1343, hlm. 576–587). Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-96-2224-5\\_53](https://doi.org/10.1007/978-981-96-2224-5_53)
- Van Es, G. (2017, Juni 5). Braking Capabilities on Flooded Runways: Flight Test Results Obtained with a Business Jet. *AIAA Flight Testing Conference*. AIAA Flight Testing Conference, Denver, Colorado. <https://doi.org/10.2514/6.2017-3651>
- Wu, D., Chen, X., & Qiu, H. (2024). Test Scheme Design and Numerical Simulation of Composite Thrust Reverser Cascade. *Aerospace*, 11(8), 641. <https://doi.org/10.3390/aerospace11080641>
- Yuan, J., Zuo, M., Guo, M., Zhao, K., & Wang, W. (2025). Design and analysis of synchronization for distributed electric thrust reverser actuation system. *IET Conference Proceedings*, 2024(13), 303–309. <https://doi.org/10.1049/icp.2024.2857>