

PERBAIKAN, DAMPAK KOROSI PADA PESAWAT UDARA BOEING 737

Ali Rosyidin

Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Tangerang

Jl. Perintis Kemedekaan 1/33, Cikokol, Kota Tangerang

E-mail : ali_rosyidin@yahoo.co.id

ABSTRAK

Semakin meluasnya penggunaan moda transportasi udara (pesawat udara) oleh masyarakat dan menjadi pilihan, karena mempunyai kelebihan sekaligus sarana prestisius bagi masyarakat yang baru menggunakannya. Maka dari itu untuk memberikan jaminan keamanan dan keselamatan kepada masyarakat dibuatlah agenda perawatan berkala dan berkesinambungan. Baik dilakukan oleh pabrik, dinas kelaikan udara (*Authority*), operator maupun perusahaan perawatan pesawat udara. Karena sesungguhnya moda transportasi udara termasuk beresiko tinggi (*High Risk*).

Berkaca pada pengalaman berpuluh-puluh tahun dan menemui berbagai kejadian kecelakaan, maka para insinyur (*Engineer*) dan para awak penerbangan (*Airliner*) dituntut untuk terus mengembangkan kemampuannya. Termasuk selalu merevisi manual-manual penerbangan. Salah satu yang menjadi fokus perhatian dunia penerbangan adalah terjadinya korosi pada struktur pesawat terbang.

Korosi tidak dapat dihilangkan namun korosi bisa dikurangi, apalagi alam di Indonesia ini dimana kelembaban udaranya yang tinggi serta dikelilingi oleh lautan yg banyak mengandung garam. Laporan Kerja Praktek ini akan memberikan penjelasan mengenai korosi, dampak yang ditimbulkan serta penanganannya.

Kata Kunci : Transportasi Udara, *Maintenance, Manual*, Reparasi, Korosi,

1. Latar Belakang

Pesawat udara adalah salah satu alat transportasi massal yang saat ini banyak dimanfaatkan oleh masyarakat dan menjadi pilihan karena kecepatan waktunya. Apalagi semakin berkembangnya operator-operator domestik yang memberikan harga murah dan terjangkau oleh masyarakat luas. Oleh karena moda angkutan darat kurang diminati. Namun yang menjadi tantangan didunia penerbangan saat ini, adalah keamanan dan keselamatan penerbangan menjadi taruhan akibat rendahnya harga tiket pesawat ini. Terkadang kenyamanan penumpang diabaikan dan bahkan bisa membahayakan penerbangan. Sudah banyak kejadian kecelakaan pesawat terjadi di Indonesia misal: Kejadian hilangnya pesawat Adam Air, jatuhnya pesawat Garuda di sungai bengawan solo, lepas kendalinya pesawat Lion Air sehingga menabrak kuburan di solo dan masih banyak kejadian lainnya. Hal ini menumbuhkan kesadaran para ahli kedirgantaraan akan pentingnya perawatan pesawat berkala, agar pesawat laik terbang serta membawa penumpang selamat sampai tujuan. Keamanan dan keselamatan pesawat beserta penumpangnya adalah hal yang tidak bisa ditawar-tawar. Demikian pentingnya hal ini maka para dirgantarawan terus selalu memperbarui kemampuan dan ilmunya agar selalu bisa mengikuti perkembangan teknologi penerbangan saat ini.

1.2. Rumusan Masalah

Apa itu korosi? Bagaimana proses terjadinya korosi? Bagaimana penanggulangan korosi? Jika sudah terjadi apa saja yang bisa dilakukan? begitu krusialnya korosi ini hingga pabrik, otoritas penerbangan, operator serta perusahaan perawatan pesawat udara menempatkan korosi sebagai salah satu fokus yang harus diperhatikan didalam perawatan pesawat udara. Sehingga diadakanlah suatu program yang khusus dalam menangani korosi ini yaitu *Corrosion Preventive Control Program (CPCP)* dan tertuang didalam *Structure Repair Manual (SRM)*.

1.3. Batasan Masalah

Agar penulisan ini mudah difahami dan fokus sesuai dengan pembahasan maka penulisan membatasi pada proses korosi dan penanganan dampak atau akibat yang ditimbulkan oleh korosi pada pesawat udara Boeing 737.

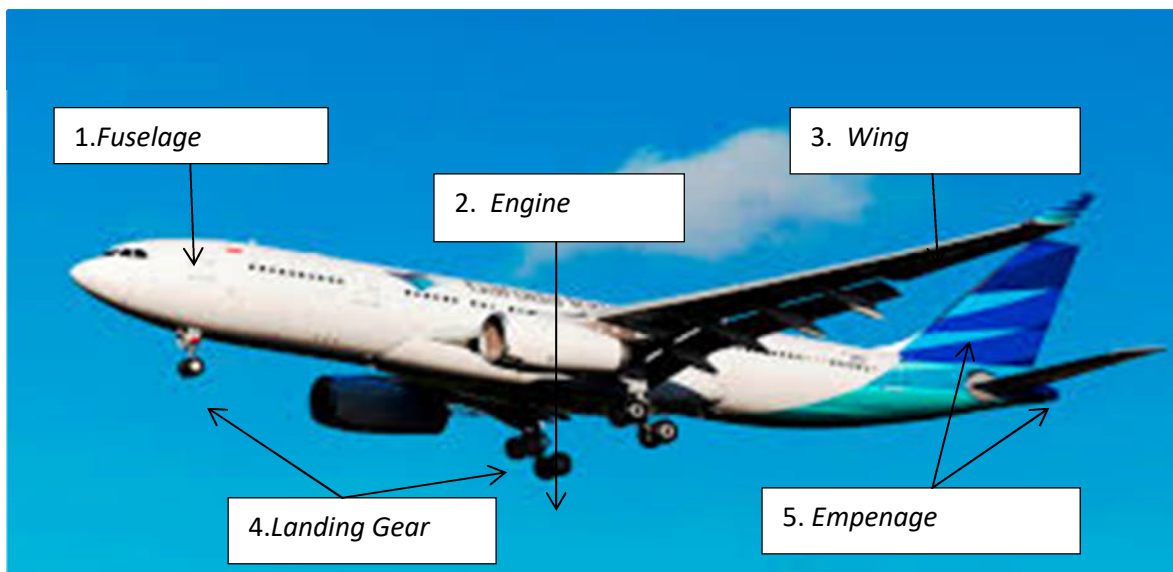
1.4 Tujuan penelitian

- a. Mengetahui terjadinya korosi pada pesawat udara.
- b. Mempelajari proses pemeriksaan dan perawatan pesawat udara Boeing 737
- c. Mempelajari jenis – jenis penanganan dampak korosi pada Pesawat udara.
- d. Cara perbaikan terhadap korosi yang timbul pada pesawat udara.

2. PESAWAT UDARA

Pesawat mempunyai bagian bagian utama yang dibagi menjadi 5 bagian utama yaitu:

1. *Fuselage / Body/ Badan*
2. *Engine/ Power Plant/ Mesin*
3. *Wing / Sayap*
4. *Landing Gear/ Roda Pendarat*
5. *Empenage / Tail Section/ Ekor*



Gambar 2.1. Bagian Utama Pesawat Udara

1. Fuselage , merupakan struktur utama dari pesawat udara, dimana terdapat ruang *pilot, copilot, first officer*, penumpang, cargo yang terletak pada bagian ini. *Fuselage* juga merupakan penghubung, pengikat antara bagian-bagian utama lainnya pada pesawat udara.

2. Engine/ Power Plant/ Mesin, merupakan bagian utama pesawat udara yang menghasilkan tenaga yang digunakan sebagai tenaga pendorong pesawat udara. Bagian ini juga menghasilkan energi untuk listrik, angin (*pneumatic*) dan kebutuhan pesawat lainnya.

3. Wing (sayap) adalah bagian utama pesawat udara yang menghasilkan gaya angkat atau *lift*, bentuk dari *wing* dibuat sedemikian *aerodynamic* yang dimaksudkan untuk memberikan tekanan yang besar di area bawah sayap dibandingkan dengan di atas sayap dan kecepatan di atas sayap lebih besar dibandingkan dengan dikecepatan di bawah sayap. Sayap juga dijadikan sebagai tangki bahan bakar.

4. Landing Gear / Roda Pendarat adalah bagian dari pesawat udara yang berguna untuk menyangga dan menahan beban pesawat udara ketika didarat, *take off, landing, taxiing, atau stanby*.

5. Empennage terletak pada bagian belakang pesawat udara (*tail section*). Pada *empennage* terdapat stabilizer dan ruang APU (*Auxiliary Power Unit*). *Empennage* berfungsi sebagai penyeimbang pesawat udara sewaktu terbang atau sebagai *stabilizer* yang terdiri dari *vertical stabilizer* dan *horizontal stabilizer*. *Horizontal stabilizer* sebagai penyeimbang atau kontrol dalam menaikkan dan menurunkan pesawat atau gerakan mengangguk (*pitching*) yang bergerak pada sumbu lateral (*lateral axis*) dengan kontrol kemudi menggunakan *elevator*. *Vertical Stabilizer* sebagai penyeimbang atau kontrol dalam membelokkan pesawat yang bergerak dalam sumbu vertikal (*vertical axis*) dengan kontrol kemudi *rudder* dan pergerakannya dinamakan *yawing*.

2.1. Proses Perawatan Pesawat Udara

Setiap pesawat udara selama beroperasi pasti mempunyai jadwal untuk perawatan. Perawatan ini harus dilakukan karena setiap komponen mempunyai umur pemakaian tertentu sehingga komponen tersebut harus diganti. Selain itu, komponen harus diperbaiki apabila ditemukan terjadi kerusakan. Secara garis besar, program perawatan dapat dibagi menjadi dua kelompok besar. Yaitu perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) dan perawatan koreksi (*corective maintainance*). *Preventive maintenance* adalah perawatan yang bertujuan mencegah terjadinya kegagalan *part* atau komponen sebelum komponen itu rusak. Sedangkan *corective maintenance* adalah perawatan yang dilakukan bertujuan memperbaiki komponen yang rusak menjadi baik kembali seperti kondisi awalnya.

Preventive maintenance dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

1. Perawatan Periodik atau *Hard Time*, merupakan perawatan yang dilakukan berdasarkan batas waktu dari umur maksimum suatu komponen pesawat. Dengan kata lain, perawatan ini merupakan perawatan pencegahan dengan cara mengganti komponen pesawat meskipun komponen tersebut belum mengalami kerusakan.

2. Perawatan *On-Condition*, merupakan perawatan yang memerlukan inspeksi untuk menentukan kondisi suatu komponen pesawat. Setelah itu ditentukan tindakan selanjutnya berdasarkan hasil inspeksi tersebut. Bila ada gejala kerusakan, komponen tersebut dapat diganti bila alasan-alasan teknik dan ekonominya memenuhi . *Preventive maintenance* dikenal juga sebagai *condition monitoring* yaitu perawatan yang dilakukan setelah ditemukan kerusakan pada suatu komponen, dengan cara memperbaiki komponen tersebut. Bila dengan cara perbaikan tidak dapat dilakukan maka harus dilakukan penggantian.

2.1.1 Interval Perawatan Pesawat

Perawatan pesawat biasanya dikelompokkan berdasarkan interval yang sepadan dalam paket-paket kerja atau disebut sebagai *clustering*. Hal ini dilakukan agar tugas perawatan lebih mudah, efektif, efisien. Dari jumlah tugas perawatan atau inspeksi yang dilaksanakan perawatan dibagi menjadi 2 kategori yaitu : *minor maintenance* dan *heavy maintenance*.

1. *Minor Maintenance* yang terdiri dari ;

a. *Transit check*

Inspeksi ini dilaksanakan setiap kali setelah melakukan penerbangan saat transit di stasiun manapun. Operator biasanya memeriksa pesawat untuk memastikan bahwa pesawat tidak terdapat satupun kerusakan struktur, semua sistem berfungsi dengan sebagaimana mestinya, dan servis yang diharuskan telah dilakukan.

b. *Before Departure Check*

Inspeksi ini dilakukan sedekat mungkin sebelum tiap kali pesawat berangkat beroperasi, maksimal dua jam sebelum keberangkatan.

c. *Daily Check*

Perawatan ini harus dilakukan satu kali dalam jangka waktu 24 jam setelah *daily check* sebelumnya dilakukan. Setiap hari pesawat telah diprediksi akan *ground stop* minimal selama empat jam. Inspeksi ini mencakup pemeriksaan komponen , pemeriksaan keliling pesawat secara langsung atau visual untuk mendeteksi ada atau tidaknya ketidaksesuaian, melakukan pengamanan lebih lanjut, dan pemeriksaan sistem operasional.

d. Weekly Check

Pemeriksaan ini harus dilakukan dalam tujuh hari penanggalan, Termasuk dalam dalam inspeksi ini adalah *before departure check*.

e. Preflight Check

Pemeriksaan sekeliling pesawat sebelum pesawat siap dan di release untuk terbang. Semua persyaratan operasioanal sistem dan keamanan diperiksa secara rinci dan melalui *check list* formal dan dokumentasi.

f. Overnight Check

Pemeriksaan dilakukan malam hari di dalam *hangar*, diutamakan pada *landing gear* atau roda pendarat dan sistem pengereman serta ada tidaknya ditemukan benda asing atau *Foreign Object Damage* (FOD).

2. Heavy Maintenance

Aircraft Maintenance Checks adalah perawatan berkala yang harus dilaksana padapesawat setelah penggunaan pesawat untuk jangka waktu tertentu, digunakan sebagai parameter interval untuk *Heavy Maintenance* yang meliputi *A-Check*, *C-Check*, *D-Check*.

1. A-Check :

Dilakukan kira-kira setiap satu bulan. Pemeriksaan ini biasanya dilakukan hingga 10 jam. Pemeriksaan ini bervariasi, tergantung pada tipe pesawat , jumlah siklus (*take off*) dan *landing* dianggap sebagai siklus pesawat, atau jam terbang sejak pemeriksaan terakhir. Perawatan pesawat jenis ini hanya melakukan pemeriksaan pada pesawat terbang untuk memastikan kelaikan mesin, system-sistem, komponen-komponen, dan struktur pesawat untuk beroperasi. Untuk Pesawat tipe *Boeing 737 classic*, *A-check* dilakukan setelah 300 jam terbang, *Airbus A340* setelah 450 jam terbang, *Boeing 747-200* setelah 650 jam terbang

2. C-Check :

Dilakukan setelah 15-18 bulan . Tergantung pada tipe pesawat .Pemeriksaan ini bisa memakan waktu 10 hari, Perawatan pesawat tipe ini merupakan inspeksi komprehensif termasuk bagian-bagian yang tersembunyi, sehingga kerusakan dan keretakandibagian dalam dapat ditemukan. Untuk *Boeing 737-300* dan *737-500*, inspeksi ini dilakukan setiap 4.000 FH (*flight cycle*). Untuk *Boeing 737-400* dilakukan setiap 4.500 FH, Sedangkan untuk *Boeing 747-400* dilakukan setiap 6.400 FH dan *AirBus A330- 341* dilakukan setiap 21 bulan.

3. D-Check :

Inspeksi ini biasa disebut *overhaul*. Pemeriksaan jenis ini adalah perawatan paling detail , untuk pesawat *Boeing 737-300*, *737-400*, dan *737-500* inspeksi dilakukan setiap 24.000 FH. Sedangkan untuk *Boeing 747-400* dilakukan setiap 28.00 FH dan *Airbus A- 330-341* dilakukan setiap 6 tahun. Pelaksanaan perawatan jenis pesawat ini bisa memakan waktu 1 bulan.

2.2. Korosi

Korosi adalah suatu fenomena alam, dimana terjadi kerusakan logam yang disebabkan oleh reaksi kimia ataupun elektrokimia sehingga mengubah logam tersebut menjadi campuran logam seperti *oxide*, *hydroxide*. Korosi tersebut terjadi karena interaksi logam dengan keadaan sekitarnya. Korosi pada logam secara umum timbul sebagai reaksi yang diakibatkan oleh adanya elektrolit- elektrolit yang bersentuhan dengan permukaan logam.

Pesawat masa kini terbuat dari metal ringan yang memiliki daya reaktif tinggi terhadap kontaminasi di atmosfer. Garam yang terbentuk dari udara yang berasal dari daerah *coastal* (pantai) dan kontaminasi industri dari area urban berpengaruh terhadap struktur *aluminium alloy* dan *magnesium*, semua itu tergantung dari keputusan yang ditetapkan oleh *Air Transport Association*, dan biaya yang dikeluarkan sekitar 6 miliar dolar setahun untuk mengatasi masalah korosi.

Korosi merupakan reaksi elektrokimia yang menyebabkan logam untuk berubah menjadi garam dan oksida. Serbuk ini terpisah dari logam dan menyebabkan struktur logam melemah dan kehilangan kekuatannya.

Korosi logam adalah pengerusakan logam secara kimia atau elektrokimia dan mempengaruhi baik permukaan ataupun internalnya. Air atau uap air mengandung kombinasi garam dengan oksigen pada atmosfer untuk menghasilkan sumber korosi pada pesawat.

Zona Korosi		Laju Korosi (mm/tahun)		Jenis Proteksi
		Tanpa Proteksi	Dengan Proteksi	
Sisi Laut	Di atas LWS	0,30	0,075	Galvanise, Cat Resin
	<i>Seabed</i> s.d LWS	0,15	0,050	Cat Resin, Selimut Beton
	Di bawah <i>Seabed</i>	0,01	-	-
Sisi Desa	Atmosfir Laut	0,10	0,01	Galvanise, Cat Resin
	Di atas air tanah residual	0,03	0,01	Primer, Cat Resin
	Di bawah air tanah residual	0,01	-	-

Tabel 2.1. Zona Korosi

Chamberlain (1991) ; Menyatakan bahwa korosi menyebabkan kerusakan material yang disebabkan pengaruh lingkungan sekelilingnya. yang dimaksud lingkungan sekelilingnya dapat berupa lingkungan asam, udara, embun, air laut, air tawar, air danau, air sungai , dan air tanah.

2.2.1. Mekanisme terjadinya Korosi

Mekanisme terjadinya korosi dibagi menjadi 4 tahap yaitu :

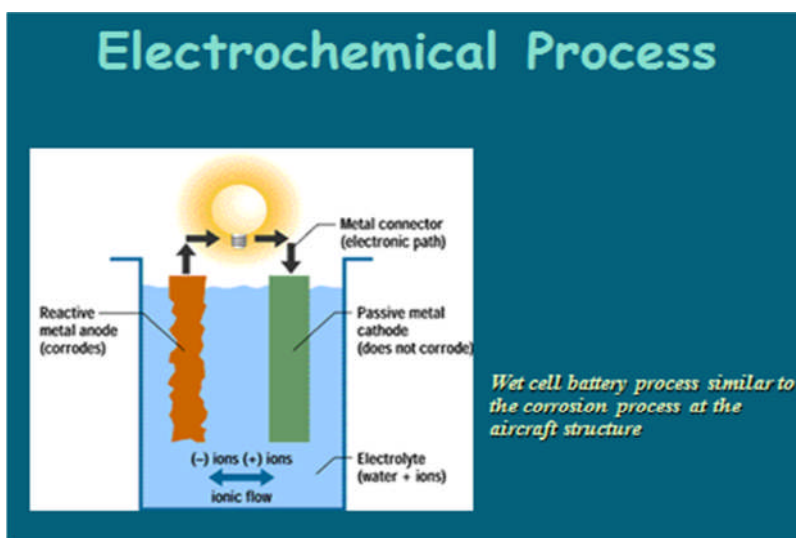
1. Larutan logam pada anoda (proses anoda / *Anode*)
2. Atom-atom logam larut kedalam lingkungan menjadi ion-ion dengan melepaskan / meninggalkan elektron- electron pada bahan



1. Perpindahan elektron-elektron dari logam kesuatu penerima pada katoda (proses katoda / *Cathode*)



2. Adanya arus ion dalam larutan (*Conductive medium*)
3. Adanya arus electron didalam logam (*Electric couple*)



Gambar 2.2. *Electrochemical Process*

2.2.2. Kondisi yang dapat Membentuk Daerah Anoda dan Katoda

Beberapa kondisi yang dapat membentuk daerah anoda dan katoda adalah:

1. Logam-logam yang berbeda berhubungan
2. Fasa-fasa yang beerbeda
3. Perbedaaan ukuran butiran
4. Perbedaan tegangan dan suhu
5. Perbedaan konsentrasi oksigen terlarut

2.2.3 Faktor- factor dimana korosi berlangsung

Faktor – factor dimana korosi dapat berlangsung antara lain:

1. Adanya daerah-daerah anoda dan katoda
2. Adanya media yang bersiafta korosif atau berfungsi elektrolit
3. Kedua daerah tersebut berhubungan secara listrik (dapat menghantarkan *Electron*)

3.. PENANGULANGAN KOROSI

Untuk menentukan cara-cara penanggulangan korosi yang tepat perlu diketahui ciri-ciri serangan korosi yang terjadi dan factor penyebabnya.

Berikut ini adalah bentuk-bentuk korosi yang sering ditemukan pada pesawat terbang antara lain:

1. Kelas A : *Surface Galvanic Corrosion*
2. Kelas B : *Dissimilar Metal Corrosion*
3. Kelas C : *Inter-Granular Corrosion*
4. Kelas D : *Stress Induced Corrosion*
5. Kelas E : *Microbial Corrosion*

3.1 *Surface Corrosion*

Merupakan lapisan korosi yang pernah terbentuk sebelumnya, tidak menyebabkan *pits* atau kerusakan disekitar. Saat dimana permukaan logam yang tidak terlindungi berada pada daerah yang mengandung asap dari batere, *gas\exhaust*, atau kontaminasi industri maka logam akan secara keseluruhan terganggu, sehingga akan menyebabkan permukaan menjadi kusam yang disebabkan logam yang berubah menjadi garam korosi, jika endapan ini tidak dihilangkan maka akan terbentuk logam kasar yang membentuk korosi jenis pit (*corrosion pits*).

Ciri-ciri :

1. Kerusakan seragam pada material.
2. Penampakan buram.
3. Pada besi hasil korosi berwarna kemerah-merahan.
4. Jika dibersihkan , permukaan logam mengkilap lagi.

Penyebab :

Akibat serangan kimia langsung (*direct chemical attack*). Pada kondisi udara lembab dan atmosfer mengandung unsur-unsur agresif (misal ion Cl negatif) dibiarkan berlanjut terus, besarkemungkinan permukaan akan menjadi kasar dan berbentuk lubang-lubang kecil (*pitting*).



Gambar 3.1. *Surface Corrosion*

3.2. Pitting Corrosion

Merupakan pembentukan kantung dari korosi yang terjadi pada permukaan logam dan ini merupakan korosi yang terjadi akibat dari korosi yang terjadi sebelumnya tidak dihilangkan pitting terbentuk pada daerah anode. Aksi dari korosi akan terus berlangsung hingga ketebalan dari logam sudah berubah menjadi garam, secara ekstrimnya memakan seluruh bagian logam.

Ciri-cirinya :

Membentuk sumuran (*pit*)

Penyebab :

1. Akibat ketidak homogenan ataupun ketidak rataan permukaan
2. Aksi galvanic yang disebabkan oleh beda potensial pada daerah- daerah permukaan logam
3. Adanya ion pada elektrolit (*corrosive agent*) yang menyerang daerah-daerah yang dicurigai terjadinya "*PIT*" antara lain : daerah dimana logam kontak dengan material hidroskopis seperti karet, kayu, *asbestos*, *sponge* serta beberapa jenis plastik lainnya juga daerah-daerah dimana sumber korosif non- natural seperti *engine exhaust*, *lavatories*, *batteries*, dll.



Gambar 3.2.. *Pitting Corrosion*

3.3. *Filiform Corrosion*

Bentuk khususnya sel oksigen yg terkonsentrasi yang terjadi pada lapisan permukaan metal (*painting/cat*).

Ciri-ciri dari tipe ini:

1. Terjadinya diantara lapisan cat primer dan lapisan oksida Aluminium.
2. Cat menggelembung.
3. Terjadinya pengelupasan kearah horizontal
4. Membentuk serabut-serabut yang menyebar.

Penyebab :

1. Cat terkelupas
2. Adanya uap air yang terjebak pada lapisan primer

Penanggulangan :

1. Penambahan *inhibitor* yang tepat
2. Hindari pengecatan pada kekentalan udara yang tinggi



Gambar 3.3. *Filiform Corrosion*

3.4. Fretting Corrosion

Adalah jenis kerusakan yang disebabkan oleh *corrosive attack*, yang terjadi saat dua permukaan bertemu, subyek akan bergerak relatif. Korosi ini mempunyai *pitting* pada permukaannya, dan juga memiliki puing logam.

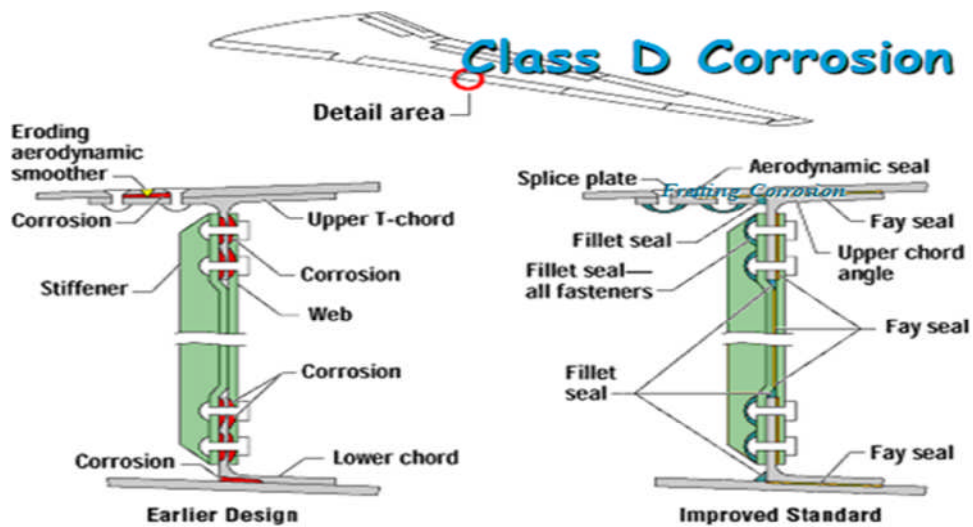
Penggunaan lubrikasi yang tepat akan meminimalkan kerusakan.

Ciri-cirinya :

1. Kerusakan pada protective film.
2. Hilangnya permukaan logam akibat oksidasi.
3. Berwarna kegelap-gelapan.

Penanggulangan :

1. Penggantian pelumas secara periodik
2. Penggunaan *inhibitor*/ pelindung
3. Memperkeras permukaan kedua logam jika memungkinkan
4. Pemilihan bahan / material
5. *Detail design*



Gambar 3.4. *Fretting Corrosion*

3.5. *Intergranular Corrosion*

Tampilan *photo-micro* dari *aluminum alloy* menampilkan bahwa logam ini tersusun dari susunan yang kecil yang menjadi satu ikatan; yaitu interaksi antara atom dari berbagai elemen. Pada proses *heat treating*, logam dipanaskan pada temperatur yang dapat membuat campuran logam tersebut menjadi *solution* (keadaan dimana logam dasar dan campurannya menjadi satu, sebuah logam padat) dengan yang lain. Saat temperatur ini mencapai nilai yang diinginkan, logam di keluarkan dari tungku dan sesegera didinginkan (*quenching*) dalam air untuk mengeraskan elemennya menjadi *grain* yang lebih kecil. Jika pendinginan terlambat, meskipun hanya beberapa detik, *grain* tersebut akan tumbuh, dan setelah pendinginan selesai, akan terbentuk daerah *dissimilar metal* yang akan menyediakan katoda dan anoda yang efisien untuk pembentukan korosi. *Intergranular* dapat juga disebut sebagai korosi yang terjadi pada batas butir, yang merupakan tempat berkumpulnya kemurnian atau suatu presipital, juga merupakan daerah yang lebih tegang karenanya tidak tertutup kemungkinan untuk terjadinya korosi pada batas butir (*grain boundaries*).

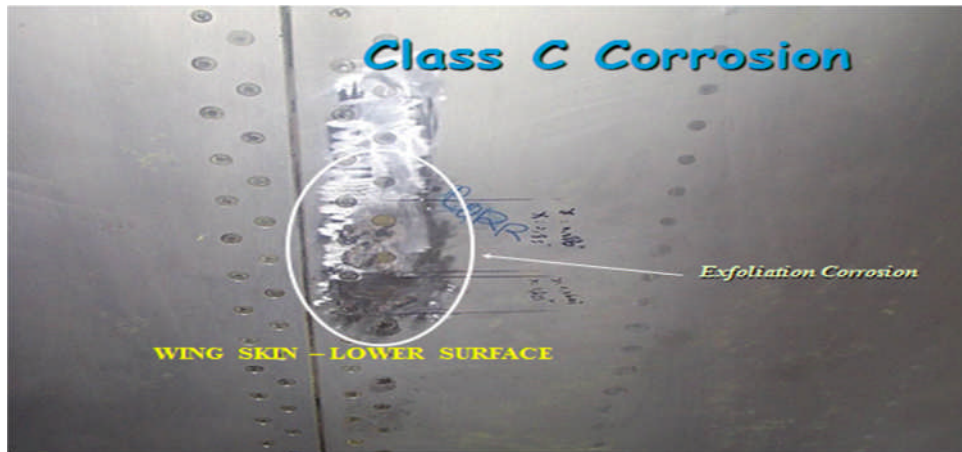
Ciri-ciri :

1. Cenderung terbentuk sepanjang garis butir
2. Paduan Aluminium yang mengandung unsur Zn (A17075) peka terhadap korosi tipe ini.

3.6. *Exfoliation Corrosion*

Ini terjadi pada *extruded material* yang memiliki jalur atau sudut laminar (lurus) jika dibandingkan dengan logam yang diproses dengan *roll* atau *casting*, ini akan menyebabkan material menjadi *delaminate* (kondisi yang diakibatkan oleh *exfoliation corrosion* yang lapisan grain strukturnya terpisah dari yang lain Ini terjadi pada *extruded material* yang memiliki jalur atau sudut yang laminar (lurus) jika

dibandingkan dengan logam yang diproses dengan *roll* atau *casting*, ini akan menyebabkan material menjadi *delaminate* (kondisi yang diakibatkan oleh *exfoliation corrosion* yang lapisan *grain* strukturnya terpisah dari yang lain).



Gambar 3.5 .*Exfoliation Corrosion 1*

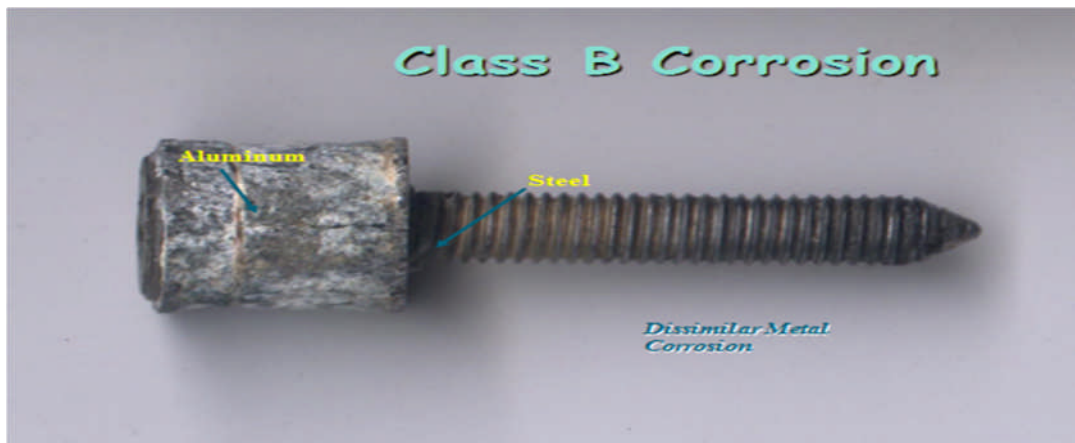


Gambar 3.6. *Exfoliation Corrosion 2*

3.7. *Galvanic Corrosion*

Korosi tipe ini yang biasa dapat terjadi kapan pun dan dimanapun, dalam kondisi sebagai berikut:

1. Dua buah logam dissimilar terhubung dengan tujuan buat jalur untuk aliran
2. Permukaan material dilapisi dengan beberapa material sebagai elektrolithal ini dapat digantikan saat dimana dissimilar metals skin dirivet, atausaat penggabungan plat aluminium pada struktur dengan *steel screw*.



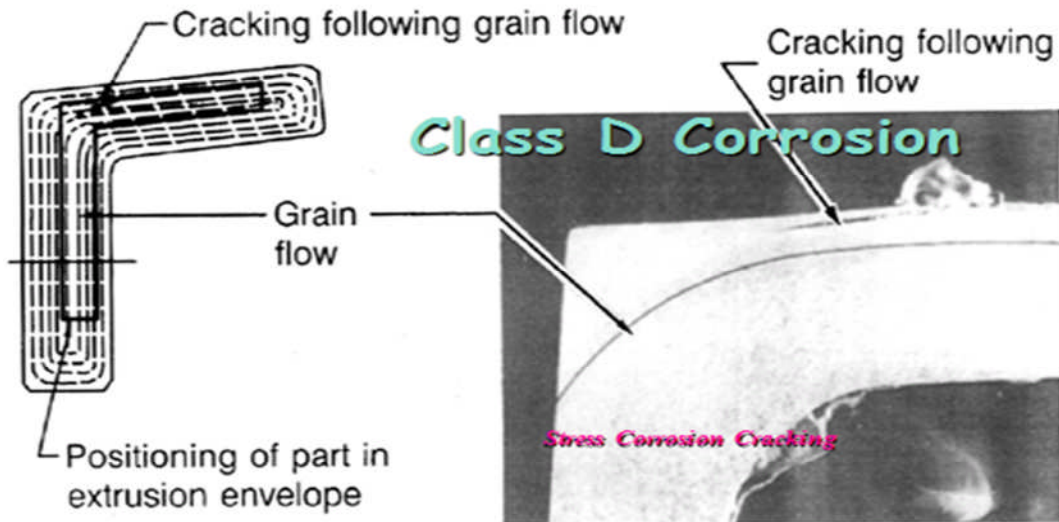
Gambar 3.7. *Dissimilar Corrosion*

3.8. *Stress Corrosion / Fatigue Stess*

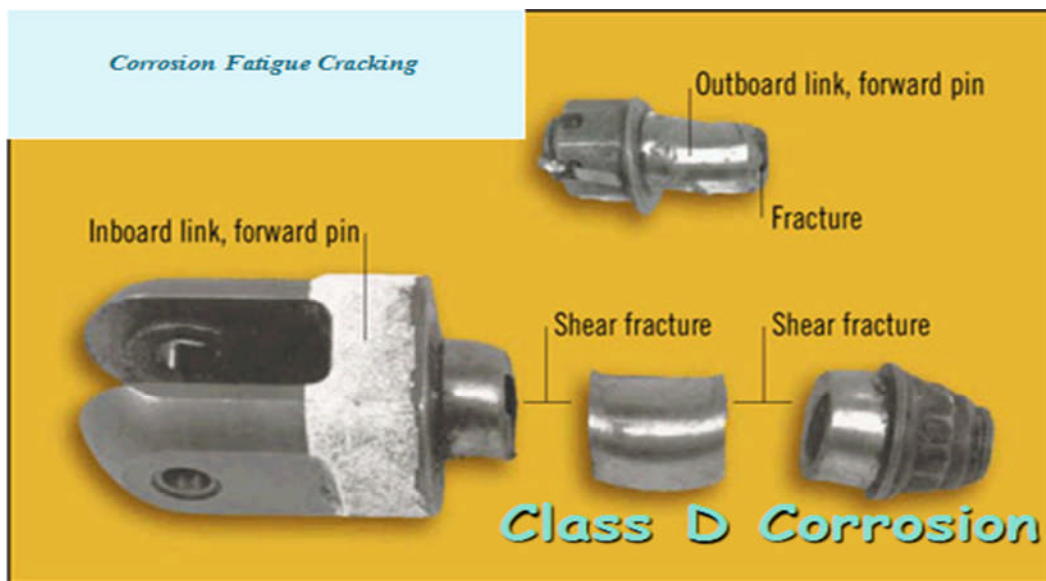
Tipe spesial yang lain dari korosi intergranular adalah *stresscorrosion*. Ini terjadi saat logam terkena *tensile stress*. Stress padabisa didapatkan dari ketidaktepatan *quenching* setelah *heattreatment*, ataudari *interference fit* dari *fastener*. Dari sumber yang lain *stress corrosion* adalah korosi yang timbul sebagai akibat bekerjanya tegangan dan media yang korosif dan ini menyebabkan keretakan. Tegangan adalah tegangan tarik, dapat berupa tegangan sisa ataubekerja. Menurut buku lain *stress* terjadi sebagai hasil dari efek kombinasi *tensile stress* dan lingkungan yang korosif (*fatigue stress*). Korosi ini ditemukan pada hampir kebanyakan sistem logam, bagaimanapun, karakteristik ini sangat utama bagi aluminium, *copper*, beberapa, *stainless steel*, dan *high strength-alloy steel* (lebih dari 240,00 p.s.i), biasanya terjadi pada *cold working* dan memungkinkan *transgranular, intergranular* pada alam jenis korosi ini sangat sulit dideteksi tanpa menggunakan *Ultrasonic* atau *X-ray*.

Ciri-ciri :

1. Retak menjalar tegak lurus terhadap arah tegangan maksimum
2. Awal retakan dipermukaan dapat berawal dari *pitting corrosion*



Gambar 3.8. *Stress Corrosion Cracking*



Gambar 3.9. *Corrosion Fatigue Cracking*

3.9. *Microbial Corrosion*

Bentuk korosi yang diakibatkan oleh aktifitas mikro-organisme yang terkandung dalam air (*bakteri, fungus, protoplasma-liquid*). Aktifitas mikroorganisme pada garis besarnya adalah merusak lapis pelindung penahan korosi dan menghasilkan endapan / deposit yang kemudian menimbulkan aksi elektrokimia. Sering terjadi pada tangki bahan bakar pesawat yang terkontaminasi oleh air yang mengandung oksida-oksida besi atau garam-garam mineral.

Penanggulangan :

1. Gunakan lapisan pelindung extra atau lebih tebal.
2. Menambah *coating* yang spesifik
3. Menambah *inhibitor* untuk memperburuk kondisi airnya



Gambar 3.10. *Microbial Corrosion*

3.10. Corrosion Due To Accidental Damage

Korosi jenis ini sangat bervariasi dapat disebabkan oleh tumpahan air asin /*salt water* dari *marine product*, *mercury spillage*, benturan atau gesekan yang merusak proteksi logam, *scratch*, dan sebagainya.

3.11. Corrosion Prevention and Control Program (CPCP)

Tujuan dari *Corrosion Prevention And Control Program* adalah untuk mengontrol terjadinya korosi level satu atau lebih.

Dasar pengerjaan CPCP adalah :

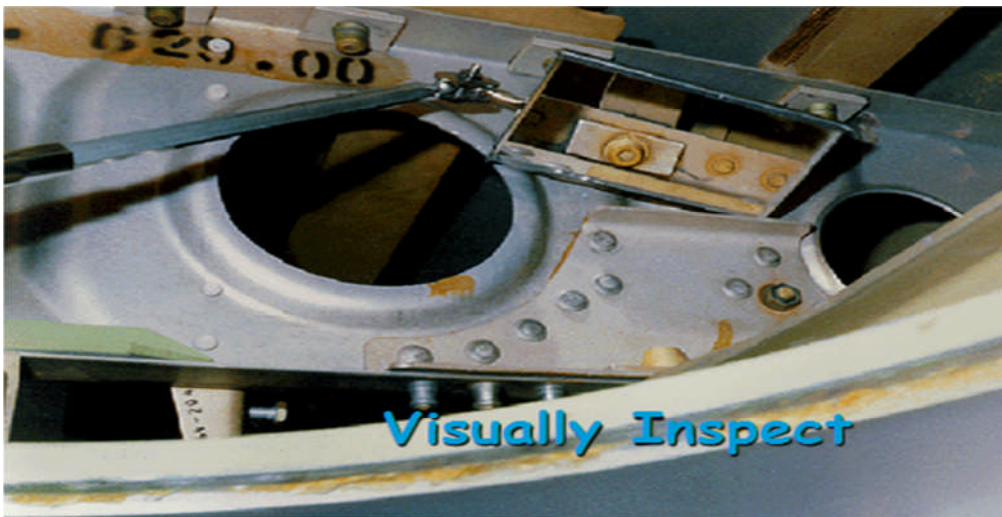
1. Membuka atau mendapatkan jalan (*Gain Access*)
2. Inspeksi awal (*Initial Inspections*)
3. Bersihkan area (*Clean Area*)
4. Inspeksi visual (*Visually Inspections*)
5. Olah dan buang semua korosi dan gunakan pelapis pelindung (*Rework Corrosioan and Reapply Protective Finish*)
6. Bersihkan Area pembuangan (*Clear Drain Path*)
7. Gunakan kompon penghambat korosi (*Apply Corrosion Inhibiting Compound*)
8. Gunakan selimut isolasi kering (*Dry Insulation Blanket*)



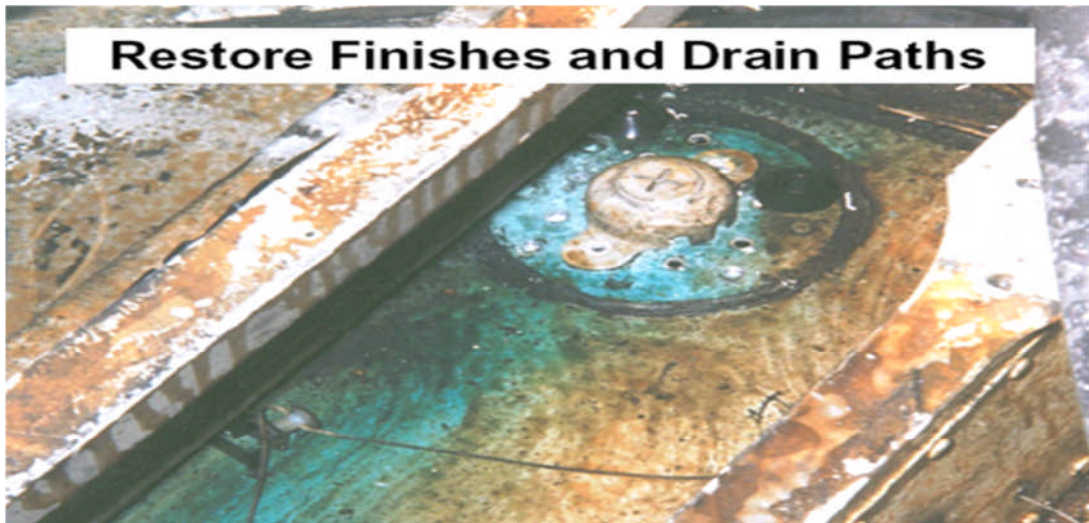
Gambar 3.11. *Gain Access*



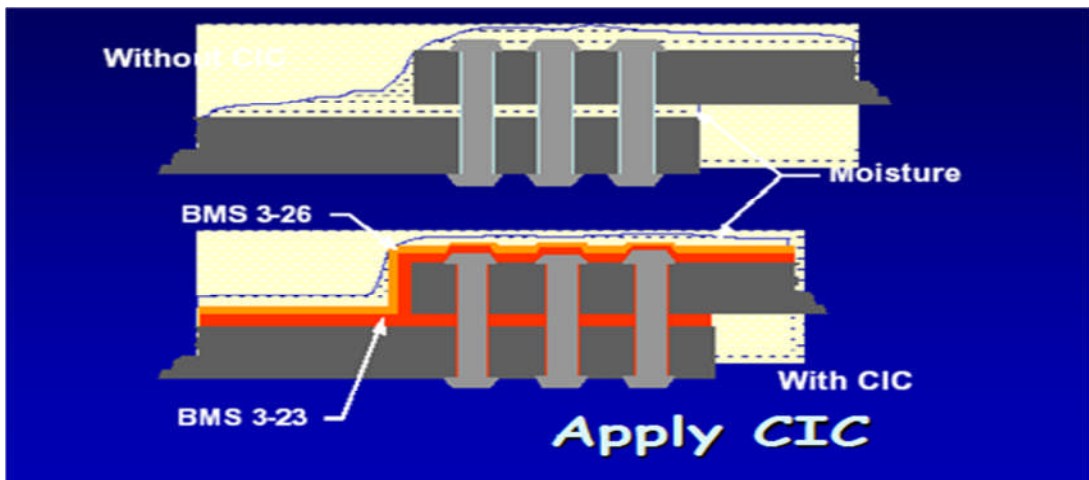
Gambar 3.12. *Initial Inspection*



Gambar 3.13. *Visually Inspect*



Gambar 3.14. *Restore Finishes and Drain Paths*



Gambar 3.15. *Application of CIC*



Gambar 3.16. *Reapply CIC*

Common Types of Corrosion Inhibitors

Corrosion Inhibitors	Common Dosage [mg/L]	Applicable PH range	Working Principles	Advantages	Limitations	Remarks
Anodic Type						
Orthophosphates	5-20 (as PO ₄)	6.5-8.5	By promoting the formation of gamma iron oxide film at the anode.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Applicable but no specific advantage. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Well control of the system is required to control sufficient dissolved oxygen (DO) in water for oxide film formation. ▪ Deposits of iron phosphate can form anodes if corrosion starts and encourages under-deposit corrosion. ▪ Formation of orthophosphate leads to precipitation of calcium phosphates. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calcium phosphate scale inhibitors are always included in phosphate based corrosion inhibitor.
Molybdate	50-150 (as MoO ₄)	7.0-8.5	By forming a protective film of molybdate anions complex with oxidized iron.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Less toxic compare with chromate. ▪ Can prevent pitting corrosion and underdeposit corrosion crack. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expensive ▪ Sensitive to chlorine and sulphate. 	

Tabel 3.1. *Type of Corrosion Inhibitors*¹

Corrosion Inhibitors	Common Dosage [mg/L]	Applicable PH range	Working Principles	Advantages	Limitations	Remarks
Nitrite	250-1000	9-9.5	By promoting the formation of gamma iron oxide film at the anode.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Applicable but no specific advantage. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Subject to biological degradation, which leads to the loss of inhibitor and biofouling problems. ▪ Require careful control in open recirculating system as it can be easily oxidized to nitrate in open system. 	
Cathodic Type						
Polyphosphate (Molecular dehydrated, condensed polymeric, poly and metaphosphates)	10-20	6.5 – 8.5	By forming either calcium or heavy metal polyphosphate films on the cathodic surface of the metal.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Water quality insensitive. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Certain bacterial enzymes increase the reversion rate of polyphosphates. ▪ Formation of orthophosphate leads to precipitation of calcium phosphates. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calcium phosphate scale inhibitors are always included in phosphate based corrosion inhibitor.
Organic Phosphorous Compounds (Phosphonates)	10-20	7-9	By forming protective film on metal surface with metal ions.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Water quality insensitive. ▪ Phosphonates do not revert to orthophosphate, thus no calcium orthophosphate deposition. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No specific limitation. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Require either calcium or metal ion, such as zinc, for effective corrosion inhibition.

Tabel 3.2. *Type of Corrosion Inhibitors 2*

4. PELAKSANAAN PEMERIKSAAN DAN PERBAIKAN

Persiapan pemeriksaan dengan menggunakan pandangan langsung (*Direct Inspection*).

1. Pelaksaaan pembukaan akses (*Gain access*).
2. Penentuan lokasi sesuai kartu kerja.
3. Pembersihan area yang akan di lakukan pemeriksaan atau inspeksi.
4. Pelaksanaan pemeriksaan atau inspeksi.
 - a. Pemeriksaan visual langsung secara umum.
 - b. Pemeriksaan secara detail (*Detail Visual Inspection*).
 - c. Menggunakan alat penerang atau senter (*Flash light*).
 - d. Menggunakan cermin dan kaca pembesar 10 kali (*magnifying glass*).
5. Pencatatan kedalam kartu kerja dan dilaporkan dalam sistem kerja.
6. Pemeriksaan NDT (*Non Destructive Test*), jika diperlukan oleh sebab tidak terjangkaunya atau timbul keraguan akibat keterbatasan mata.

4.1. Pelaksanaan pekerjaaa

1. Langkah-langkah pekerjaan perbaikan korosi level 1 dituangkan didalam MDR (*Maintenance Discrepancy And Rectification*).
 - a. Buka alat pengencang seperti baut (*bolt*), paku keling (*rivet*) Sesuai referensi
 - b. SRM (*Structure Repai Manual*) Part 51-40-02 Revision Number : 87, March 10/2016
 - c. Pembersihan area dari korosi dengan referensi SRM part 51-00-07.
 - d. Pemeriksaan langsung setelah Pembersihan dengan referrensi SRM

- part 51-10-02 paragraf 14.A.5.
- e. Jika dalam limitasi langsung gunakan pelindung metal (*Protective Treatment*) dengan referensi SRM part 51-20-01
 - d. Pasang kembali alat pengencang seperti baut, rivet sesuai SRM part 51-40-02

4.2. Pelaksanaan pekerjaan perbaikan korosi level 2 dan 3.

Pelaksanaan pekerjaan pada level ini langkah-langkahnya sama hanya jika saat pemeriksaan dengan mata langsung atau NDT, ditemukan adanya kerusakan berat, maka di tambahkan langkah-langkahnya yaitu pembuatan bagian yg rusak di workshop atau pembelian dari pabrik langsung.

5.. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbaikan material yang disebabkan terjadinya korosi pada pesawat udara berasal dari diterbitkannya kartu kerja (*Job Card*) yang diterima dari pelanggan/ operator pesawat yang berisikan perintah-perintah kerja bagian apa saja yang diperiksa bisa juga didalamnya ada item khusus yang dinamakan CPCP (*Corrosion Preventive Control Program*) yang berisi kekhususan perihal korosi. Kemudian jika setelah diperiksa ditemukan (*finding*) mengenai terjadinya korosi maka dituangkan dalam bentuk perintah kerja yang dinamakan MDR (*Maintenance Discrepancy And Rectification*) yang dibuat oleh seorang pemeriksa (*Inspector*) untuk kemudian diserahkan kepada unit Production Engineering. Di unit ini seorang Engineer membuat langkah-langkah kerja sesuai referensi yang dikeluarkan oleh pabrik yang dinamakan SRM (*Structure Repair Manual*) yang kemudian diserahkan untuk dilakukan oleh produksi (*Mechanic*) di lapangan.

Adapun keuntungan yang bisa diraih jika melakukan deteksi awal terjadinya korosi adalah :

1. Memperpanjang usia pakai pada pesawat terbang
2. *Cost Efficiency* (efisiensi biaya perawatan)
3. Keamanan dan keselamatan pesawat terbang beserta penumpangnya
4. Jumlah keuntungan atau pendapatan operator pesawat bertambah.

V . PENUTUP

Korosi merupakan suatu fenomena alam yang tidak bisa dihilangkan namun bisa di cegah kejadiannya, dimana terjadi kerusakan logam yang disebabkan reaksi kimia atau elektrokimia sehingga mengubah logam tersebut menjadi campuran logam seperti *oxide, hydroxide*.

SRM atau *structural repair manual* adalah pedoman yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat pesawat untuk dijadikan referensi atau acuan dalam setiap melaksanakan perbaikan yang memberi definisi secara detail yang berhubungan

dengan klasifikasi perbaikan dan pemeriksaan untuk kerusakan yang ditoleransi dan kerusakan tidak ditoleransi serta pendukung yang dapat dipakai. SRM juga berisikan informasi tentang metode perbaikan yang digunakan untuk batasan tertentu pada struktur pesawat terbang.

DAFTAR PUSTAKA

Chamberlain, (1991)Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan.

R.Winston Revie, Herbert H. Uhlig, (2011), *Corrosion And Corrosion Control*,

The Boeing Company, (2016), *General- Fastener Instalation And Removal*, SRM 51-40-02, Seattle : Boeing Proprietary.

The Boeing Company,(2016),*Corrosion Damage Removal Procedure and Inspection*, SRM 51-10-02, Seattle : Boeing Proprietary.

The Boeing Company, (2016), *Allowable Damage*, SRM 53-00-07, Seattle : Boeing Proprietary.

The Boeing Company (2016),*General- Protective Treatment Of Metalic AndNonmetallic Repair Part*, SRM 51-20-01, Seattle : Boeing Proprietary.

The Boeing Company, (2016), *Repair Classification And Definition*, SRM 51-00-06 Seattle : Boeing Proprietary.

The Boeing Company, (2016), *Aplication Of Interior And Exterior Finishes*, Seattle :Boeing Proprietary.

V.S satri, Edward Ghali, (2007), Mamoun Eboujdaini. *Corrosion Prevetion And Protection*.