

PROSES DAN PENYEBAB TERJADINYA KOROSI PADA PESAWAT TERBANG

SIHONO, SUKAHIR

Dosen Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia PO Box 509 Tangerang (15001)

Ringkasan : Korosi merupakan perusakan suatu bahan logam yang disebabkan adanya interaksi (reaksi kimia) antara logam dengan lingkungan sekitarnya. Penanggulangan terjadinya korosi akan mengembalikan kondisi kekuatan lebih stabil dibandingkan jika terjadi korosi, namun kekuatannya akan berkurang walaupun sudah diperbaiki. Proses terjadinya korosi pada pesawat terbang dapat diakibatkan oleh: kesalahan pabrik saat perancangan awal dan saat perakitan, kesalahan operator pesawat terbang, masalah pada saat perawatan, pengecatan yang buruk, akibat struktur terkontaminasi oleh tumpahan bahan kimia/cairan yang tak terduga, kondisi lingkungan di dalam pesawat terbang selama dioperasikan dan lingkungan tempat pesawat terbang dioperasikan.

Kata Kunci: *korosi, pesawat terbang*

PENDAHULUAN

Struktur pesawat terbang merupakan material yang rentan terjadi korosi. Pengoperasian pesawat terbang yang berpindah dari daerah yang satu ke daerah yang lain dengan perubahan perbedaan suhu maupun cuaca yang tajam baik di daratan maupun di udara serta akibat ketinggian pesawat terhadap permukaan laut dan bumi dapat menimbulkan korosi pada material struktur pesawat.

Proses terjadinya korosi dapat diperlambat dengan memperhatikan hal-hal yang menyebabkan terjadinya korosi baik oleh pabrik pembuat pesawat (desain awal pesawat, proses perakitan), dan operator (kurangnya perawatan, buruknya pengontrolan terhadap pelindung kulit pesawat/cat, lingkungan pesawat dioperasikan, kontaminasi terhadap bahan-bahan korosif yang tidak diduga, dan pemanfaatan pesawat selama dioperasikan).

Pengetahuan tentang penyebab dan proses terjadinya korosi pada pesawat terbang dapat membantu menentukan jenis material yang akan digunakan dalam membuat struktur pesawat terbang dan dapat memperkirakan kemampuan material tersebut terhadap pengaruh timbulnya korosi.

Dalam proses perakitan pesawat terbang harus dilakukan pengawasan terhadap pelaksanaan setiap pekerjaan. Jika terjadi kesalahan maka akan menimbulkan awal terjadinya korosi. Dalam hal ini kesalahan

manusia merupakan penyebab utama timbulnya korosi. Untuk menghindari kejadian tersebut, perlu dilaksanakan pelatihan bagi seluruh mekanik pesawat terbang agar dapat menghindari hal-hal yang dapat menimbulkan korosi selama mereka bekerja.

PROSES TERJADINYA KOROSI

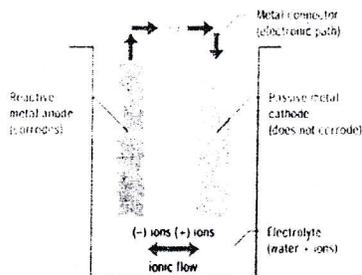
Proses terjadinya korosi elektro-kimia membutuhkan syarat sebagai berikut:

1. Adanya perbedaan potensial listrik antara anode dan katode. Hal ini terjadi jika terdapat 2 logam yang berbeda atau dua tempat yang berbeda terdapat konsentrasi elektrolit sehingga terjadi perbedaan potensial listrik
2. Ada elektrolit (cairan/uap air/garam)
3. Terjadi hubungan antara katode dan anode (harus terhubung)

Ilustrasi proses terjadinya korosi secara sederhana dapat terlihat pada gambar 1. Pada gambar tersebut terlihat bahwa, terjadi proses reaksi kimia pada cairan elektrolit ditandai dengan kutub anode mengalami reaksi oksidasi untuk melepas electron, sedangkan pada kutub katode mengalami reaksi reduksi yaitu menerima electron yang dilepaskan kutub anode.

Ilustrasi pada gambar 1 memperlihatkan bahwa logam kutub anode bersifat reaktif dan

logam kutub katode bersifat pasif. Dari proses reaksi kimia tersebut maka akan timbul korosi pada logam kutub anode.

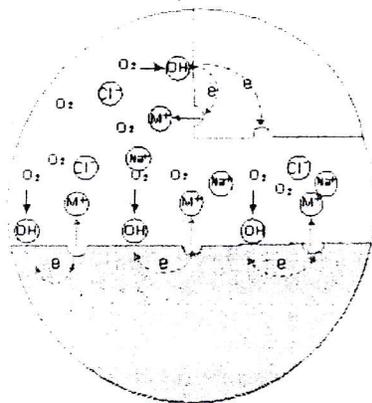


Gambar 1. Corrosion cell

Proses Crevice Corrosion

Crevice corrosion adalah bentuk korosi yang terjadi apabila larutan elektrolit masuk ke dalam celah, atau di antara komponen bahan logam yang berhimpit. Proses terjadinya *crevice corrosion* adalah sebagai berikut:

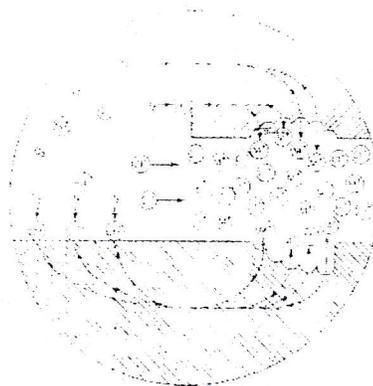
1. Pada proses awal (gambar 2), larutan elektrolit yang mengandung garam (NaCl) masuk ke dalam celah, atau di antara komponen bahan logam yang berhimpit.



Gambar 2 Tahap awal crevice corrosion.

1. Larutan elektrolit yang terperangkap di dalam celah memiliki tingkat oksigen (O₂) yang lebih rendah dibanding dengan oksigen di luar celah.
2. Proses oksidasi merubah logam menjadi bersifat positif (M⁺) dan menyebabkan ion negative (Cl⁻) menyebar ke dalam celah sehingga terjadi reaksi kimia sebagai berikut

$$M^+ Cl^- + H_2O \rightarrow MOH + H^+ Cl^-$$
3. Ion logam positif (M⁺) terus menerus ditarik oleh ion negatif (Cl⁻) sehingga menyebabkan korosi pada logam seperti pada gambar 3.



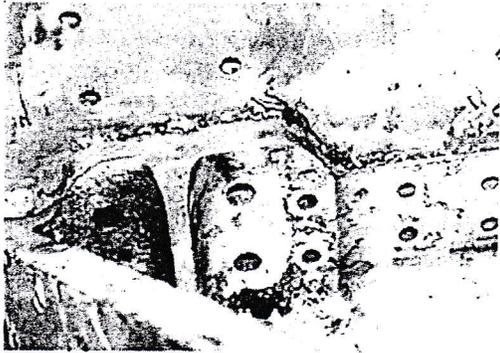
Gambar 3. Tahap akhir crevice corrosion

Proses Pitting Corrosion

Pitting dan *crevice corrosion* mempunyai persamaan dalam proses perambatan korosinya. Perbedaannya muncul terjadi saat tahap awal. Untuk *Crevice corrosion* diawali dengan adanya perbedaan konsentrasi oksigen antara di dalam celah dengan di luar celah, sedangkan *pitting corrosion* diawali dengan

1. Perbedaan komposisi material logam/struktur
2. Terjadi pelepasan struktur/logam yang tanpa disengaja atau pemasangan struktur yang kurang sempurna
3. Terjadi retak pada permukaan logam atau terjadi kerusakan pada pelindung logam.

Kondisi ini menjadi penyebab timbulnya korosi yang bersifat lokal, kemudian akan membentuk lubang (*pit*) jika korosi berlangsung lama (gambar.4.)



Gambar 4. Pitting Corrosion of a 7075-T73 Forging

Proses *Filiform Corrosion*

1. Proses *Filiform corrosion* diawali dengan adanya pemanasan osmotis (*Osmotic blistering*) yang berakibat terjadinya kontaminan di bawah pelindung cat yang rusak oleh air yang meresap melalui cat. Akibat adanya tekanan osmosis yang besar menyebabkan air ditarik melewati pelindung cat dan terbentuklah *blister* (cat yang melepuh).
2. *Blister* biasanya terjadi diawali pada tepi goresan, dan retak pada pelindung cat. Kemudian jumlah air bertambah dan terjadi korosi akibat kekurangan kebutuhan oksigen (gambar 5).



Gambar 5. Filiform corrosion pada lacquered steel.

3. Daerah dimana terjadi kekurangan oksigen menjadi anode dan menjadi awal pertumbuhan *filiform corrosion*. Reaksi katode sebagai berikut

$$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$$

Proses *Stress Corrosion Cracking (SCC)*

SCC merupakan bentuk korosi intergranular yang berasal dari tegangan yang bekerja terus – menerus pada struktur dan lingkungan yang korosif. Proses terjadinya SCC di bagi 2 tahap, yaitu :

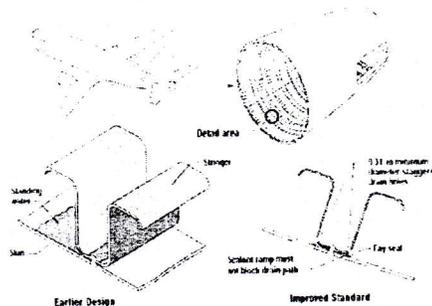
1. Awal retak (*Crack initiation*)
 Awal retak sering terjadi pada struktur yang mengalami hal-hal sebagai berikut:
 - a. Permukaan yang tidak rata
 Kondisi ini terjadi pada saat proses pembuatan dan penggabungan struktur yang kurang sempurna sehingga menimbulkan permukaan terdapat galur, dan kadang-kadang terjadi pergeseran posisi struktur saat digabungkan.
 - b. *Corrosion pits*
 - 1) jika terdapat lubang pada daerah yang mengalami beban *stress* dan *strain* maka pada lubang tersebut akan timbul korosi kemudian terjadi retak awal dimulai dari lubang tersebut.
 - 2) geometri lubang yang terjadi akibat korosi merupakan hal penting karena untuk menentukan *local stress strain* yang bekerja pada lubang. Walaupun *local stress strain* merupakan dasar awal terjadinya SCC, tetapi reaksi kimia pada lubang lebih penting.
 - c. Korosi antar butir (*intergranular corrosion*)
 Terjadi akibat tegangan yang bekerja terus – menerus pada struktur dan lingkungan yang korosif. Retak yang merambat di sepanjang batas butir dikenal juga dengan retak intergranular, biasanya terjadi di sepanjang bidang tunggal kemudian mengikuti aliran butir yang dihasilkan

dari proses pembentukan logam, seperti *rolling*, *extruding* dan *forging*.

2. Perambatan retak (*Crack propagation*)
 Fenomena perambatan retak pada SCC sangat kompleks dan dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, bahan material, dan mikrostruktur. Beberapa proses yang umum terjadi pada perambatan retak diantaranya:

- a. Proses *Pre-existing active paths*
 - 1) perambatan terjadi sepanjang batas butir
 - 2) batas butir tempat korosi memambat menjadi kutub anode
 - 3) pada proses ini menjadi masalah utama karena SCC terjadi akibat proses elektrokimia atau faktor metalurgi
- b. Proses *Strain-generated active path*
Strain yang terjadi dapat membuka retak dan memecahkan pelindung permukaan pada ujung retak, kemudian retak menjadi memanjang. Kecepatan perambatan retak tersebut tergantung dari *passivation rate* sebab jika *passivation rate* sangat lambat maka struktur (logam) mengalami pecah. Proses pecah tersebut terjadi pada awal retak dan jika *passivation rate* sangat cepat maka menyebabkan perambatan retak pelan.

1. Sistem buangan air yang tidak sesuai kebutuhan (*Poor drainage*)
 Rendahnya sistem pembuangan air pada saat mendesain suatu pesawat akan berakibat timbulnya genangan-genangan air yang disebabkan adanya hujan, pengembunan, es yang mencair pada saat terbang, serta pada saat pesawat tersebut dicuci menggunakan air yang disemprotkan dengan tekanan tinggi. Jika pada lokasi yang terjadi genangan tidak disediakan lubang buangan air, maka lokasi tersebut akan terjadi korosi. Dengan demikian, pada saat awal mendesain pesawat harus di sediakan sistem pembuangan air yang benar-benar tepat lokasi, akan tetapi pemberian lubang pembuangan air tersebut harus benar-benar diperhitungkan, sehingga tidak menimbulkan konsentrasi tegangan di sekitar lubang yang akan menurunkan kemampuan struktur dalam menahan beban yang bekerja.



Gambar 6. Lower Lobe Stringer Drainage and Sealing

PENYEBAB TERJADINYA KOROSI PESAWAT TERBANG AKIBAT KESALAHAN PABRIKAN

A. Desain awal pesawat terbang.

Dalam membuat pesawat, banyak hal yang harus diperhitungkan. Kesalahan dalam memprediksikan lokasi-lokasi yang rawan terjadi korosi akan menimbulkan masalah. Struktur akan mengalami penurunan baik umur maupun kemampuan dari prediksi yang direncanakan jika lokasi-lokasi tersebut terjadi korosi. Kesalahan-kesalahan ini sering terjadi pada saat desain awal pesawat. Kesalahan-kesalahan tersebut di antaranya adalah sebagai berikut:

Jika terjadi kesalahan dalam mendesain pesawat terbang dapat dilakukan modifikasi pada struktur tersebut dengan tetap memperhatikan aspek-aspek yang nantinya dapat menurunkan kemampuan struktur tersebut sebagaimana yang sudah dirancang pada saat desain awal dibuat.

Salah satu modifikasi yang dilakukan dalam rangka membuat system buangan air terlihat pada gambar 6.

Dari gambar 6 terlihat pada saat desain awal (*earlier design*) genangan

air terjadi pada *skin* pesawat karena pada saat memasang *stringer* pada *skin* tidak memasang *sealant* dan lubang buangan air. Namun, setelah dilakukan modifikasi, maka pada saat memasang *stringer* dipasang *sealant* dan diberi lubang buangan air (*improved standard*).

2. Penentuan material (*materials finishing processes*)
Material yang digunakan untuk merakit pesawat sebaiknya digunakan material yang tidak bersifat korosif. Dengan demikian, proses terjadinya korosi pada pesawat dapat diminimalkan. Proses penentuan material yang digunakan merupakan langkah awal agar dapat menentukan umur struktur pesawat akibat kerusakan yang akan ditimbulkan oleh korosi.
3. Struktur terjadi retak/goresan (*crevices*)
Retak/goresan pada struktur sering terjadi pada saat melakukan pemotongan. Hal ini jika dibiarkan akan menyebabkan timbulnya korosi pada lokasi tempat terjadinya retak/goresan. Retak/goresan tersebut menjadi tempat berhentinya air. Jika struktur tersebut digabungkan, maka kondisinya tidak akan sempurna akibat salah satu sisinya terjadi retak/goresan dan menimbulkan celah tempat terjadinya *crevice corrosion*. *Crevice corrosion* merupakan korosi yang terjadi apabila larutan elektrolit masuk ke dalam celah, atau di antara komponen bahan logam yang berhimpit. Larutan elektrolit yang terperangkap di dalam celah memiliki tingkat oksigen yang lebih rendah dibanding dengan konsentrasi ion bahan logam dari area di luar celah. Sehingga permukaan bahan logam yang mungkin bukan material sejenis, memiliki perbedaan potensial dan akhirnya mengakibatkan korosi.
4. Penggabungan/penyambungan logam yang berbeda (*dissimilar metal*)
Dalam merakit pesawat dibutuhkan penggabungan beberapa struktur.

Bahan dasar struktur yang digunakan ada yang sama dan ada juga yang berbeda. Jika salah satu logam yang digunakan bersifat korosif seperti pada galvanies series, akan mempercepat timbulnya korosi. Pada kedua logam tersebut terjadi perbedaan potensial listrik yang merupakan salah satu potensi terjadinya reaksi elektrokimia.

5. Pengecatan yang kurang sempurna (*improper finishing system*)
Bahan dasar cat yang digunakan untuk melapisi permukaan pesawat harus benar-benar diperhitungkan. Kesalahan dalam memilih cat akan mempercepat timbulnya korosi. Jika bahan cat tersebut tidak dapat menempel dengan sempurna pada permukaan kulit pesawat, akan mudah retak, kemudian mengelupas. Akibat retak pada permukaan tersebut menimbulkan *filiform corrosion*.
 6. Kesalahan memilih material (*materials selection*)
Material yang dipergunakan dalam merakit pesawat yang paling sempurna adalah beratnya ringan, kuat dan tahan korosi. Tetapi, pada kenyataannya material dengan kriteria tersebut sangat sulit didapatkan. Teknologi komposit sedang mengadakan berbagai macam riset dan percobaan untuk mendapatkan material yang minimal mendekati kriteria tersebut. Penggunaan material yang bersifat korosif akan mempercepat umur struktur pesawat rusak lebih awal disebabkan adanya korosi akibat interaksi dengan lingkungan sekitarnya.
- B. Proses perakitan pesawat terbang**
- Dalam melaksanakan perakitan struktur pesawat menjadi sebuah bentuk pesawat terbang sering terjadi kesalahan yang dapat ditimbulkan oleh alat (*las, bor, rivet gun* dan alat-alat lain) dan atau kesalahan manusia. Kesalahan tersebut dapat berakibat timbulnya korosi pada struktur pesawat terbang. Adapun kesalahan pada proses perakitan diantaranya.

1. Penggabungan (*bonding process*)
Struktur pesawat dalam penggabungannya dapat dilakukan dengan menggunakan lem (*adhesive*), paku keling (*rivet*), atau baut (*bolt*). Dari ketiga cara penggabungan tersebut, terdapat kelebihan dan kekurangannya. Kekurangan proses tersebut akan menimbulkan korosi. Sebagai contoh, dalam proses penggabungan dengan menggunakan lem, jika permukaan yang akan diberi lem pada saat membersihkan kurang bersih, atau terdapat kotoran yang tertinggal, penggabungannya menjadi tidak sempurna. Sisa kotoran akan tertimpa lem dan selanjutnya dapat memicu timbulnya korosi akibat adanya interaksi antara kotoran dan logam. Begitu juga dengan penggunaan paku keling dan baut, bekas lubang yang akan digunakan untuk memasang paku keling atau baut akan menimbulkan celah antara material yang digabungkan dengan paku keling atau baut.
2. Pelatihan pekerja (*training*)
Kesalahan manusia (*human error*) merupakan masalah yang sering ditemukan dalam setiap pekerjaan yang dilakukan oleh manusia. Dalam masalah ini, jika pekerja tidak mengetahui penyebab-penyebab apa saja yang dapat menimbulkan korosi, maka sudah dapat dipastikan hasil pekerjaannya rentan akan timbul korosi. Untuk itu, perusahaan pembuat pesawat harus mengadakan pelatihan kepada seluruh pekerjanya mengenai korosi, baik yang menyebabkan, maupun bagaimana terjadinya korosi.
3. Perakitan berdasarkan kelompok fungsinya (*assembly*)
Struktur setelah digabungkan menjadi kelompok-kelompok besar, misalnya sayap, *aileron*, *stabilizer*, *fuselage* selanjutnya dirakit menjadi suatu bentuk pesawat sesuai desain awal yang diinginkan. Dalam penggabungan dapat menggunakan baut maupun perpaduan antara baut dan paku keling. Dalam melakukan perakitan ini, jika tidak dilakukan secara hati-hati

dan digunakan peralatan sesuai peruntukannya, akan terjadi celah, goresan, dan ketidakpresisian penyambungan antara dua buah komponen sehingga kesalahan dalam proses perakitan ini akan menyebabkan terjadinya korosi. Khusus untuk penggabungan yang terdapat engsel (*hinge*), harus diberi pelumas agar tidak terjadi gesekan yang menyebabkan goresan.

C. Kesalahan Operator Pesawat Terbang

Pengoperasian pesawat yang tidak berdasarkan prosedur yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat pesawat akan berakibat tidak berfungsinya secara maksimal kemampuan struktur pesawat tersebut. Pencegahan terhadap korosi terhadap struktur akan menambah atau paling tidak dapat mencapai target umur sesuai dengan desain awal yang direncanakan. Kesalahan operator pesawat terbang yang dapat menimbulkan korosi di antaranya

D. Masalah pada saat perawatan

Perawatan merupakan langkah awal untuk mencegah terjadinya korosi, tetapi dalam pelaksanaannya sering terjadi kesalahan-kesalahan yang dapat menimbulkan terjadinya korosi. Masalah yang terjadi pada saat perawatan di antaranya:

1. Kelalaian (*neglect*)
Kelalaian merupakan kesalahan manusia yang sering terjadi. Akibat kelalaian banyak sekali hal-hal yang buruk yang ditimbulkan. Dalam masalah korosi struktur pesawat, kelalaian yang sering terjadi adalah tidak membuat catatan berkala tentang hasil perawatan korosi sehingga dalam mendeteksi tempat-tempat yang rawan terjadi korosi sering terabaikan, dan kelalaian yang lain adalah tidak melakukan lubrikasi pada tempat yang terjadi gesekan antar material (engsel, *pulley*, dan lain-lain).

2. Perbaiki struktur yang kurang sempurna (*improper repairs*)
Dalam memperbaiki struktur jika dilakukan kurang hati-hati akan menimbulkan masalah baru yang terkadang tidak disadari sehingga bekas perbaikan yang kurang sempurna dapat menimbulkan korosi. Cacat dan atau adanya goresan akibat pemakaian alat pada saat melakukan perbaikan adalah kejadian yang sering terjadi dalam perbaikan struktur. Pemakaian suku cadang yang tidak sesuai dengan aslinya dapat memicu timbulnya korosi akibat kandungan material suku cadang tersebut yang sangat berbeda dengan aslinya.

3. Kekurangan dalam merencanakan program pengendalian terhadap korosi (*poor corrosion control programs*).
Korosi yang akan timbul sebenarnya sudah diprediksikan oleh pabrik pembuat pesawat. Namun, dalam pelaksanaan pengoperasian pesawat sangat tergantung pada lingkungan tempat pesawat tersebut dioperasikan. Lingkungan yang korosif perlu perhatian khusus dalam melakukan pencegahan terhadap korosi. Dalam hal ini, pihak *operator* harus dapat merencanakan program pengendalian terhadap korosi sesuai dengan dokumen yang dikeluarkan oleh pabrik dan disesuaikan dengan lingkungan tempat pesawat tersebut dioperasikan. Perubahan-perubahan dalam melaksanakan perawatan terhadap terjadinya korosi perlu dilakukan. Kekurangan dalam merencanakan program pengendalian terhadap korosi, dapat mempercepat timbulnya korosi.

4. Kurangnya pelatihan terhadap mekanik pesawat (*poor training*)
Pengetahuan tentang korosi yang dimiliki oleh mekanik sangat berpengaruh dalam melaksanakan perbaikan struktur. Akibat kekurangan mekanik tentang korosi, maka akan terjadi kelalaian pada saat melakukan perbaikan struktur. Dengan adanya pengetahuan tentang korosi diharapkan para mekanik pesawat

mengerti material-material apa yang bersifat korosif.

E. Pengecatan yang buruk (*finish deterioration*)

Cat merupakan pelindung material terhadap serangan korosi. Tetapi, jika dalam pengecatan tidak diperhatikan dengan teliti, hasil yang didapatkan tidak sempurna. Kandungan bahan kimia yang terdapat dalam cat, harus diteliti agar dapat menempel pada material struktur. Masalah keburukan pengecatan dapat menimbulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Pengelupasan (*chipping*)
Ketidakcocokan antara bahan kimia dalam cat dan material yang digunakan dalam struktur, mengakibatkan terjadinya pengelupasan cat sehingga dari celah-celah cat yang retak dan akan mengelupas terjadi korosi yang disebut *filiform corrosion*. Dalam melaksanakan pengecatan ulang, harus dilakukan pembersihan cat yang lama dan jangan sampai tertinggal sedikitpun karena dapat menimbulkan korosi.
2. Goresan-goresan (*scratches*)
Keburukan dalam pengecatan dapat menimbulkan cacat yang berupa goresan-goresan. Pada goresan ini, akan terjadi pengembunan air dan dalam kurun waktu tertentu yang akan mengakibatkan terjadi korosi.
3. Rusak di sekitar paku keling (*breaks around fasteners*)
Paku keling merupakan komponen yang sering digunakan untuk menggabungkan struktur pesawat. Pengecatan di sekitar paku keling perlu perhatian khusus agar tidak terjadi celah antara paku keling dengan material tempat paku keling dipasang. Jika terjadi celah maka akan mempercepat kerusakan cat di sekitar paku keling akibat adanya cairan yang akan menggenang pada celah tersebut.

4. Pengikisan cat (*abrasion*)
Kualitas cat yang digunakan akan sangat berpengaruh terhadap daya tahan cat akibat adanya perubahan cuaca tempat pesawat terbang dioperasikan. Keburukan kualitas cat akan mengakibatkan terjadinya pengikisan cat dan dalam kurun waktu tertentu akan terjadi pengelupasan.
5. Cat lama kering
Pengecatan pesawat udara harus dilakukan pada ruangan yang tertutup dan tidak ada debu. Hal ini dilakukan untuk menghindari cat yang masih basah terkontaminasi oleh debu. Jika ternyata cat lama mengering maka pengecatan kurang bagus sehingga akan mempercepat terjadinya korosi.

F. Korosi timbul akibat struktur terkontaminasi oleh tumpahan bahan kimia/cairan yang tidak diduga (*accidental contamination*)

Cairan bahan kimia/kotoran dari makhluk hidup yang tumpah secara tidak sengaja, dapat menyebabkan korosi karena material pada struktur bereaksi dengan cairan kimia/kotoran tersebut. Tumpahan tersebut berasal dari:

1. Kebocoran pada *lavatory* (*lavatory spillage*)
Inspeksi yang dilakukan pada daerah *lavatory* harus dilakukan secara teliti. Jika terdapat sedikit kebocoran, daerah tempat terjadi kobocoran akan mengakibatkan timbulnya korosi. Kotoran manusia yang dibuang pada *lavatory* sangat produktif bereaksi dengan material di sekitarnya.
2. Kebocoran pada *galley* (*galley spillage*)
Tumpahan makanan dan minuman yang sering terjadi pada *galley*, jika tidak segera dibersihkan akan memicu timbulnya korosi. Apalagi jika kotoran tersebut dibiarkan dalam waktu lama mengendap pada lantai *galley*, proses terjadinya korosi akan lebih cepat.
3. Tumpahan bahan kimia (*chemical spill*)

Bahan kimia terutama air raksa (*mercury*) merupakan cairan yang sangat bersifat korosif. Jika air raksa tersebut tumpah pada material logam, akan terjadi reaksi kimia antara air raksa dan metal tersebut.

4. Sisa pembakaran (*fire residues*)
Sisa pembakaran yang bersifat karbon sangat produktif terjadi reaksi kimia jika sisa pembakaran tersebut menempel pada material struktur.

G. Kondisi lingkungan di dalam pesawat selama dioperasikan

Pesawat sipil secara garis besar dibagi menjadi dua jenis, pesawat penumpang dan pesawat angkutan barang (*cargo*). Pesawat angkutan barang lebih dominan terkena korosi dibandingkan dengan pesawat penumpang. Hal ini karena di dalam pesawat angkutan barang sering terkena kontaminan, terutama jika pesawat tersebut sering mengangkut binatang, ikan, dan bahan-bahan kimia. Kotoran dan uap panas yang dikeluarkan oleh binatang sangat produktif menjadi penyebab terjadinya korosi.

Pada tempat kotoran tersebut tumpah akan tumbuh jamur yang disebabkan mikroba-mikroba yang hidup pada logam yang telah terkontaminasi. Pesawat pada saat melakukan penerbangan dalam kurun waktu yang lama akan menimbulkan kondensasi pada *cabin* dan dalam tangki bahan bakar sehingga akan timbul korosi.

H. Lingkungan tempat pesawat dioperasikan (*operational environment*)

Lingkungan yang berpengaruh menimbulkan korosi selama pesawat dioperasikan dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Lingkungan operasional
Lingkungan operasional adalah lingkungan yang dapat diubah atau terjadi akibat perbuatan manusia. Artinya, jika manusia dapat menghindari hal-hal yang menyebabkan korosi, pesawat tidak terkena kontaminan yang bersifat

korosif. Lingkungan operasional selama pesawat dioperasikan adalah:

- a. konstruksi landasan
- b. kontaminasi landasan (bahan-bahan kimia untuk menghilangkan es dan salju)
- c. pengoperasian ketinggian pesawat
- d. lama penerbangan (berefek adanya kondensasi dalam cabin dan dalam tangki bahan bakar)
- e. jenis kargo yang sering diangkut (binatang, hewan laut, bahan-bahan kimia)

2. Lingkungan atmosfer dan cuaca

Pada lingkungan ini korosi sangat tergantung pada kondisi alam. Manusia belum bisa berbuat banyak untuk mengendalikan kekuatan alam. Setiap saat dapat berubah-ubah sesuai dengan kondisi yang terjadi. Pengaruh lingkungan atmosfer dan cuaca yang berpengaruh dalam pengoperasian pesawat adalah sebagai berikut

- a. atmosfer lautan/samudra
- b. kontaminasi udara (polusi udara, debu, pasir)
- c. curah hujan
- d. kelembaban udara
- e. perubahan suhu

KESIMPULAN

- 1 Korosi merupakan perusakan suatu bahan logam yang disebabkan adanya interaksi (reaksi kimia) antara logam dengan lingkungan sekitarnya.
- 2 Penanggulangan terjadinya korosi akan mengembalikan kondisi kekuatan lebih stabil, dibandingkan jika terjadi korosi, maka kekuatannya akan berkurang walaupun sudah diperbaiki.
- 3 Proses terjadinya korosi akan dipercepat dengan adanya kotoran dan cairan, terutama cairan garam dan perbedaan antara potensi listrik di lokasi struktur tersebut berada.
- 4 Sodium klorida adalah kotoran yang sering ditemukan dalam pesawat, timbul adanya lingkungan laut, adanya kotoran manusia dan binatang.

5 Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan struktur terhadap gangguan korosi adalah

- a. *Basic property of material* yang digunakan
- b. Kecocokan material (anode/katode)
- c. Proses pembuatan
- d. Metode perakitan
- e. Pelindung selama masa produksi dan perawatan (cat, *sealant*, pelubrikan, penghambat korosi)
- f. Pembebanan
- g. Masukan-masukan dalam peningkatan produksi atau modifikasi

6 Prosedur-prosedur perawatan agar tidak terjadi korosi

- a. Cuci dan bersihkan material/struktur yang sudah terkontaminasi
- b. Perlanjar lubang buangan, klep buangan dan berilah pelubrikan
- c. Rawat pelindung permukaan dan *sealant*-nya
- d. Lakukan inspeksi rutin untuk menanggulangi adanya korosi

DAFTAR PUSTAKA

Environmental Effects on the Degradation of Materials, <http://corrosion.kaist.ac.kr>, 2007.

Pengetahuan Bahan Teknik, Surdia, Tata dan Saito, Shinroku, Pradnya Paramita, Jakarta, 1999.

Cleaning and Corrosion Control Volume I, NAVAIR 01-1A-509-1, 2005

The Form of Corrosion.pdf.

Advisory Circular (AC) 43 -206, Federal Aviation Administration, 2001.

Corrosion Phenomena – An Introduction, Rothwell, G.P (PDF File) .

Final Report, AAIU Synoptic Report No: 2006-007, 2006.

Corrosion Theory and Corrosion Protection, EM 1110-2-3400, 1995.

Types of Corrosion AC 43.13 – 1B, Federal Aviation Administration, 1998.

Examination of the Corrosion Mechanism and Corrosion Control of Metals in Saltwater

Environments, Radia, Anand, Department of Chemical Engineering University of Toronto, April 2004.

Corrosion Protection, Langill, J. Thomas, American Galvanizers Association, 2006.

Corrosion Detection and Diagnost, Materials Science and Engineering, Bardal, E and J.M. Drugli.