



## Analisis Terjadinya Korosi pada Pesawat *Seaplane Amphibian Cessna 172 SP* Menggunakan *Fishbone* di Api Banyuwangi

Sabrina Analisristianti<sup>1\*</sup>, Andung Luwihono<sup>2</sup>, Kukuh Tri Prasetyo<sup>3</sup>, I Made Dwi Surya Dharma<sup>4</sup>, Sabam Danny Sulung<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup>Akademi Penerbang Indonesia, Indonesia

\*Email: [analisabrina@gmail.com](mailto:analisabrina@gmail.com)

Alamat: Jl. Pantai Blimbingsari, Dusun Krajan, Blimbingsari, Kec. Rogojampi, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur, Indonesia 68462

\*Penulis Korespondensi

**Abstract.** Amphibian Cessna 172 SP is an aircraft designed to operate in aquatic environments and is frequently exposed to seawater, which is highly corrosive. Such exposure poses a serious issue of corrosion affecting both the structure and components of the aircraft, particularly the floats, lower fuselage, and propeller. Corrosion not only reduces the quality and integrity of the material but also potentially compromises flight safety and increases maintenance costs. This study aims to analyze the causes of corrosion on the Seaplane Amphibian Cessna 172 SP using the fishbone diagram to identify the main contributing factors, including material, method, environment, manpower, and machine. In addition, the 5W+1H approach is employed to examine the problem in greater detail and develop preventive strategies. The results of the analysis indicate that the dominant factors causing corrosion are the high intensity of direct contact with seawater, suboptimal cleaning processes due to limited manpower, and the use of cleaning agents not fully compatible with aircraft materials. Mitigation efforts include implementing more effective cleaning procedures, applying anti-corrosion chemicals such as AeroShell Fluid 41, Bonderite Turco S.S.2, Ardrox AV-15, CorrosionX, Toolmates Dry Film Lubricant 6075, and Ultra Tef-Gel, as well as conducting scheduled inspections at specific intervals. This research is expected to provide more appropriate preventive strategies to extend the service life of the aircraft structure while maintaining both operational safety and efficiency.

**Keywords:** AeroShell Fluid 41; Corrosion; Fishbone Diagram; Prevention; Seaplane Aircraft.

**Abstrak.** Pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP merupakan salah satu jenis pesawat yang beroperasi di lingkungan perairan dan sering terpapar air laut yang bersifat korosif. Paparan ini menimbulkan permasalahan serius berupa korosi pada struktur maupun komponen pesawat, khususnya pada bagian *float*, *fuselage* bawah, propeller. Korosi yang terjadi tidak hanya menurunkan kualitas material, tetapi juga berpotensi mengganggu keselamatan penerbangan serta meningkatkan biaya pemeliharaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab terjadinya korosi pada pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP dengan menggunakan *fishbone diagram* untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang berkontribusi, seperti *material*, *method*, *environment*, *manpower*, dan *machine*. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan pendekatan 5W+1H untuk merumuskan permasalahan secara lebih detail dan menyusun strategi pencegahan. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor dominan penyebab korosi adalah intensitas kontak langsung dengan air laut, kurang optimalnya proses *cleaning* akibat keterbatasan tenaga kerja, serta pemilihan bahan pembersih yang belum sepenuhnya sesuai dengan material pesawat. Upaya penanggulangan dilakukan melalui prosedur pembersihan yang lebih efektif, juga penggunaan *chemical anti-corrosion* seperti AeroShell Fluid 41, Bonderite Turco S.S.2, Ardrox AV-15, CorrosionX, Toolmates Dry Film Lubricant 6075, Ultra Tef-Gel, serta inspeksi berkala pada interval tertentu. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh strategi preventif yang lebih tepat guna memperpanjang umur struktur pesawat dan menjaga keselamatan serta efisiensi operasional.

**Kata kunci:** AeroShell Fluid 41; Fishbone Diagram; Korosi; Pencegahan; Pesawat Seaplane.

## **1. LATAR BELAKANG**

Dalam dunia penerbangan, keamanan menjadi suatu hal yang sangat penting. Hal ini didukung juga dalam (Undang-undang No 1, 2009) bahwa penerbangan merupakan bagian dari sistem transportasi nasional yang mempunyai karakteristik mampu bergerak dalam waktu cepat, menggunakan teknologi tinggi, padat modal, manajemen yang andal, serta memerlukan jaminan keselamatan dan keamanan yang optimal, perlu dikembangkan potensi dan peranannya yang efektif dan efisien, serta membantu terciptanya pola distribusi nasional yang mantap dan dinamis (Undang-undang No 1, 2009). Keamanan sendiri berarti suatu keadaan terpenuhinya persyaratan keselamatan dalam pemanfaatan wilayah udara, pesawat udara, bandar udara, angkutan udara, navigasi penerbangan, serta fasilitas penunjang dan fasilitas umum lainnya (Undang-undang No 1, 2009). Sedangkan keamanan berarti suatu keadaan yang memberikan perlindungan kepada penerbangan dari tindakan melawan hukum melalui keterpaduan pemanfaatan sumber daya manusia, fasilitas, dan prosedur (Undang-undang No 1, 2009). Dalam menjamin keselamatan dan keamanan, pesawat udara harus laikudara (*airworthy*), laikudara artinya pesawat harus sesuai dengan desain dan beroperasi dengan baik (CASR Part 1, 2006).

Dalam pengoperasian pesawat udara fasilitas atau komponen pesawat harus dalam kondisi baik dan tidak mengalami kerusakan (CASR Part 23, 2014). Pada pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP di Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi terjadi kerusakan berupa terjadinya korosi pada bagian pesawat. Korosi ini sering terjadi pada bagian yang terkena air laut, sehingga dalam perawatannya memerlukan tindakan khusus dalam perlakuan pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP dibandingkan dengan pesawat lain.

Korosi merupakan salah satu tantangan utama dalam perawatan struktur pesawat, terutama pada pesawat yang beroperasi di wilayah dengan tingkat kelembapan tinggi atau yang sering terpapar air laut, seperti pesawat seaplane (Rizki Ornelasari, 2015). Terjadinya korosi pada struktur pesawat yang umumnya tersusun dari material logam dapat menyebabkan kerusakan serius yang berpotensi menimbulkan kecelakaan penerbangan (Noval Ardiansyah et al., 2022). Korosi pada material dapat menyebabkan perubahan sifat fisik, yang berdampak pada menurunnya kualitas serta memperpendek umur pakai material tersebut. Dalam industri penerbangan, korosi dipandang sebagai kondisi abnormal yang perlu mendapat perhatian serius karena dapat menimbulkan risiko keselamatan bagi pesawat maupun awak. Salah satu faktor utama penyebab korosi adalah keberadaan air. Penelitian menunjukkan bahwa curah hujan merupakan faktor lingkungan paling berpengaruh terhadap percepatan awal korosi atmosferik (Pei et al., 2021). Korosi pada pesawat dapat muncul di berbagai area, baik pada bagian luar

seperti *fuselage* dan *wings*, maupun di bagian dalam seperti lavatory dan area dapur tempat penyajian makanan. Dampak dari korosi ini menyebabkan pengeluaran biaya yang cukup tinggi setiap tahunnya untuk penggantian material (Azmi, 2018). Korosi sering terjadi di pesawat salah satunya pada *lug bore* pesawat yang menyebabkan kerusakan pada *Lug Bore* itu sendiri dan bahkan dapat mengganggu penerbangan (FARHAN, 2021). Korosi dapat mengakibatkan kerugian teknis, seperti mengurangi kecepatan benda bergerak (Karo-karo et al, 2020). Korosi juga terjadi pada benda yang bergerak, jika korosi terjadi pada benda bergerak, benda itu bisa patah.

Pada kondisi yang sebenarnya korosi tidak dapat dihilangkan, melainkan bisa dikendalikan agar suatu material atau komponen tersebut memiliki waktu pakai yang lebih panjang. Untuk mengurangi fenomena korosi pada sebuah material dapat dilakukan perlakuan khusus pada paduan aluminium 7075 dengan menggunakan sebuah inhibitor. Inhibitor adalah senyawa kimia yang apabila ditambahkan kedalam lingkungan dalam jumlah sedikit dapat menghambat laju korosi (Mulyati, 2019). Dengan adanya inhibitor yang tepat diharapkan bisa membuat material yang digunakan memiliki waktu pakai yang lebih panjang.

Dampak dari korosi ini sangat signifikan, tidak hanya mengurangi integritas struktural dan keamanan penerbangan, tetapi juga meningkatkan biaya operasional. Biaya perawatan akibat korosi dapat mencapai beberapa kali lebih besar dibandingkan dengan biaya pencegahan, serta dapat menyebabkan waktu henti pesawat yang berkepanjangan.

Untuk memahami penyebab utama terjadinya korosi pada Pesawat Amphibian Cessna 172 SP, pendekatan Fishbone Diagram akan digunakan dalam penelitian ini. Metode ini memungkinkan identifikasi faktor-faktor penyebab korosi secara sistematis, seperti desain struktural, lingkungan operasional, prosedur perawatan, dan pelatihan teknis.

Selain itu, pendekatan 5W+1H (*What, Why, Where, When, Who, dan How*) akan diterapkan untuk merumuskan strategi pencegahan dan penanggulangan korosi secara komprehensif. Langkah-langkah preventif ini penting untuk meningkatkan keselamatan penerbangan, efisiensi operasional, dan umur pakai pesawat.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

### **Pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP**

Pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP yang digunakan dalam pelatihan di Akademi Penerbang Indonesia (API) Banyuwangi termasuk dalam kategori pesawat ringan dengan airframe berbahan aluminium alloy, yang rentan terhadap korosi, khususnya dalam lingkungan tropis dan laut seperti di Banyuwangi (Cessna 172SP POH, 2007).

## **Korosi**

Korosi adalah proses penurunan kualitas logam yang disebabkan oleh reaksi elektrokimia antara logam dan lingkungannya. Secara umum, korosi ditandai dengan hilangnya logam secara ionik pada bagian yang terkena paparan lingkungan. Korosi dapat muncul dalam berbagai bentuk, mulai dari yang merata di seluruh permukaan logam hingga yang hanya terjadi di area tertentu saja (DARMAWI et al., 2022).

Korosi merupakan karakteristik material yang menyebabkan terjadinya penurunan massa dan kekuatan struktural material tersebut. Fenomena ini umumnya dipicu oleh kondisi lingkungan sekitar yang mendukung terjadinya korosi (Fakhri et al., 2022). Menurut (Machfuroh et al., 2021) Korosi terjadi karena adanya reaksi oksidasi antara logam dan oksigen yang ada di lingkungan. Proses korosi ini akan berlangsung lebih cepat jika logam berada di lingkungan dengan tingkat keasaman (pH) antara 4 hingga 9.

### **Jenis Korosi**

#### ***Uniform Attack***

Korosi ini terjadi pada permukaan logam akibat reaksi kimia yang dipicu oleh air dengan pH rendah dan kondisi udara yang lembap. Seiring waktu, proses ini menyebabkan penipisan pada logam. Umumnya, jenis korosi ini menyerang pelat baja, profil logam, atau logam homogen. Untuk mencegahnya, logam dapat dilapisi dengan pelindung yang mengandung inhibitor, seperti gemuk pelumas (Utomo, 2012).

#### ***Pitting Corrosion***

Korosi pitting adalah bentuk korosi lokal yang berbahaya yang dapat menyebabkan terbentuknya lubang di dalam logam. Korosi pitting seringkali sulit diamati karena diameter kecil dari lubang-lubang tersebut dan karena seringkali tertutup oleh produk korosi (Consequences, 2024). Korosi ini terjadi akibat ketidakhomogenan komposisi logam, di mana pada area batas antar material muncul korosi yang berbentuk seperti lubang atau cekungan (pitting) (Utomo, 2012).

#### ***Errosion Corrosion***

Korosi ini disebabkan oleh keausan yang menghasilkan permukaan tajam dan kasar, yang menjadi area rentan terhadap korosi. Selain itu, aliran fluida yang sangat deras dapat mengikis lapisan pelindung pada logam, mempercepat terjadinya korosi. Jenis korosi ini umumnya ditemukan pada pipa dan baling-baling (propeller) (Utomo, 2012).

#### ***Stress Corrosion***

Korosi ini muncul akibat perubahan bentuk pada butiran logam yang disebabkan oleh perlakuan mekanis tertentu, seperti peregangan atau pembengkokan. Perlakuan tersebut

menyebabkan tegangan pada butiran logam, sehingga membuatnya lebih rentan bereaksi dengan lingkungan sekitarnya (Utomo, 2012).

### ***Crevice Corrosion***

Korosi ini terjadi pada logam yang berdekatan atau bersentuhan dengan logam lain, di mana terdapat celah sempit di antaranya yang mampu menahan kotoran dan air. Kondisi ini menyebabkan konsentrasi oksigen di bagian luar (mulut celah) lebih tinggi dibandingkan bagian dalam celah. Akibatnya, bagian dalam menjadi lebih anodik dan mengalami korosi, sementara bagian luar bersifat katodik (Utomo, 2012).

### ***Microbiology Corrosion***

Korosi ini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme seperti bakteri, jamur, alga, dan protozoa, yang berperan dalam mempercepat degradasi material di lingkungan tertentu. Mikroorganisme ini biasanya berinteraksi langsung dengan permukaan logam yang mengalami korosi dan menempel dalam bentuk lapisan tipis atau biodeposit, dikenal sebagai biofilm. Pembentukan biofilm dapat terjadi dalam waktu 2 hingga 4 jam setelah logam terendam, dan umumnya tampak sebagai bintik-bintik kecil pada permukaan, bukan menyebar secara merata (Utomo, 2012).

### ***Galvanis/Intergranular Corrosion***

Terjadi karena sifat struktur paduan logam. Saat logam mendingin dari keadaan cair, struktur granular terbentuk. Ukuran dan komposisi butiran dan material di batas butiran bergantung pada beberapa faktor, termasuk jenis paduan dan laju pendinginan dari keadaan cair atau pendinginan setelah perlakuan panas. Butiran berbeda secara kimia dan mungkin berbeda secara elektrokimia dari material batas (Cessna Aircraft, 2017).

Korosi ini terjadi akibat keberadaan dua jenis logam berbeda yang terhubung dalam satu larutan elektrolit, di mana logam yang bersifat lebih anodik akan mengalami korosi terlebih dahulu (Utomo, 2012).

### ***Fatigue Corrosion***

Korosi ini muncul akibat logam mengalami beban berulang secara terus-menerus, yang dalam jangka waktu tertentu dapat menyebabkan kelelahan material hingga akhirnya retak atau patah. Jenis korosi ini umumnya ditemukan pada komponen seperti turbin uap, peralatan pengeboran minyak, dan baling-baling kapal (Utomo, 2012).

### ***Direct Chemical Attack***

Direct chemical attack dapat terjadi jika bahan kimia korosif, seperti elektrolit baterai, larutan pembersih kaustik, atau endapan fluks sisa dibiarkan menempel di permukaan atau terperangkap dalam retakan atau sambungan. Residu fluks las atau penyolderan bersifat

higroskopis dan cenderung menyebabkan korosi parah. Setiap zat yang berpotensi korosif harus disingkirkan secara hati-hati dan menyeluruh setiap kali terjadi tumpahan tersebut (Cessna Aircraft, 2017).

### **Filiform Corrosion**

Korosi filiform adalah proses korosi "concentration cell". Ketika terjadi kerusakan pada lapisan pelindung di atas aluminium, konsentrasi oksigen di bagian belakang atau bawah sel korosi lebih rendah daripada di permukaannya yang terbuka. Gradien konsentrasi oksigen yang terbentuk menyebabkan aliran arus listrik dan terjadilah korosi. Korosi filiform terjadi ketika hal ini terjadi di sepanjang antarmuka antara logam dan lapisan pelindung dan muncul sebagai jejak kecil seperti cacing. Korosi filiform umumnya dimulai di sekitar pengencang, lubang, dan countersink serta di tepi lembaran logam pada permukaan luar pesawat. Korosi filiform lebih umum terjadi di daerah dengan lingkungan yang hangat, lembap, dan asin (Cessna Aircraft, 2017).

## **3. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif, data yang didapatkan dari observasi langsung, dan wawancara. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *fishbone* dan 5W+1H. Metode *fishbone* digunakan untuk mengidentifikasi berbagai penyebab dari suatu masalah. Dalam penelitian ini *fishbone* digunakan untuk mengetahui potensi terjadinya kegagalan (korosi) pada Pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP. Sedangkan metode 5W+1H digunakan untuk membantu dalam mengidentifikasi dan memahami masalah secara menyeluruh (Knop & Mielczarek, 2018), serta sebagai alat membuat rencana perbaikan atas suatu masalah.

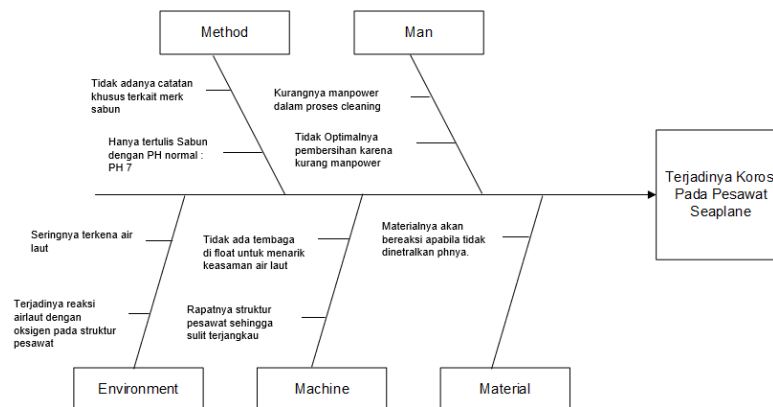
## **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada proses pengumpulan data, Penulis menggunakan dua teknik pengumpulan data, yakni data primer dan data sekunder. Dalam pengumpulan data primer penulis melakukan observasi langsung dan wawancara kepada teknisi. Sedangkan dalam pengumpulan data sekunder penulis menggunakan *maintenance manual*, literasi penelitian terkait untuk melengkapi jawaban yang dibutuhkan.

### **Metode Fishbone**

Metode *fishbone* digunakan untuk mengidentifikasi berbagai penyebab dari suatu masalah. Dalam penelitian ini *fishbone* digunakan untuk mengetahui potensi terjadinya

kegagalan (korosi) pada Pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP. Metode fishbone ini dilakukan bersama teknisi dengan kualifikasi Cessna 172 SP di AMO API Banyuwangi.



**Gambar 1.** Metode *Fishbone*.

Berdasarkan hasil dari metode *fishbone* yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa pada proses pembersihan Pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP memiliki beberapa potensi yang dapat memengaruhi kondisi pesawat sehingga terjadi korosi. Potensi tersebut, yakni material pada Pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP akan bereaksi apabila tidak dibersihkan secara optimal, akan adanya keasaman yang menempel pada struktur sehingga menyebabkan korosi.

Dalam proses *cleaning* ini manpower berperan besar, kurangnya *manpower* dalam proses *cleaning* yang idealnya 4-5 orang hanya dilakukan sebanyak 2 orang. Kurangnya manpower ini membuat *cleaning* tidak optimal dan juga memerlukan waktu yang lebih lama.

Pada *machine* yakni struktur Pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP sangat rapat sehingga tidak terjangkau pada proses *cleaning*, hal ini menjadi salah satu potensi besar terjadinya korosi. Selain itu, tidak adanya tembaga pada *float* Pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP sehingga keasaman air laut tidak dapat diserap dengan baik.

Pada *method* prosedur *cleaning* ini juga tidak dijelaskan penggunaan merk sabun khusus dan hanya tertera penggunaan sabun dengan PH normal yakni PH 7, sehingga memerlukan pencocokan antara sabun dengan material pesawat agar tidak terjadi reaksi yang tidak diinginkan.

Potensi yang paling besar terjadi adalah karena seringkali Pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP ini bersentuhan langsung dengan air laut, sehingga memiliki terjadinya reaksi antara air laut dengan oksigen. Air laut memiliki sifat elektrolit karena mengandung ion-ion

garam dan Oksigen sebagai oksidator. Ketika permukaan logam pesawat terkena air laut, oksigen, dan kelembaban, maka terbentuk sel elektrokimia yang mempercepat reaksi oksidasi. Hasil dari oksidasi ini lah berbentuk korosi atau karat.

### **Pendekatan 5W+1H**

Pada penelitian ini metode 5W+1H digunakan untuk memahami kerusakan dan alat membuat rencana perbaikan atas suatu masalah, yakni terjadinya korosi pada Pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP.

#### **What**

##### *1) What does the problem look like*

Masalah yang terlihat adalah munculnya korosi pada struktur pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP terjadi area yang sering terpapar air laut. Hal ini dipengaruhi oleh proses pembersihan yang tidak maksimal karena jumlah tenaga kerja kurang, prosedur penggunaan sabun pembersih yang tidak spesifik sesuai material, keterbatasan akses ke bagian struktur yang rapat sehingga sulit dibersihkan, serta desain *float* yang tidak dilengkapi tembaga untuk menyerap keasaman air laut. Kondisi ini menyebabkan logam bereaksi dengan elektrolit dari air laut dan oksigen sehingga terbentuk karat.

#### **Who**

##### *1) Who does it affect?*

Dampaknya dirasakan oleh seluruh pihak; teknisi pemeliharaan karena beban kerja meningkat; operator/pilot karena berkurangnya keandalan pesawat; manajemen karena biaya perawatan lebih tinggi.

##### *2) Is problem affected by human factor?*

Faktor manusia berperan besar. Jumlah tenaga kerja (manpower) yang kurang saat pembersihan menyebabkan proses cleaning tidak optimal.

##### *3) Who fix the problem?*

Masalah korosi pada pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP diperbaiki oleh teknisi yang memiliki sertifikasi/kapabilitas untuk repair. Selain itu, pihak engineering/maintenance planning juga berperan dalam menentukan prosedur, penggunaan bahan pencegah korosi (inhibitor), serta penjadwalan inspeksi rutin untuk memastikan masalah dapat diatasi dan dicegah agar tidak terulang.

## **Where**

### **1) Where did the problem occur?**

Masalah terjadi pada struktur pesawat yang terkena air laut. Bagian bawah pesawat, misalnya Landing gear, elevator, fastener, cable, frame structure.

### **2) Where was the problem detected**

Masalah korosi pada pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP terdeteksi di beberapa area kritis:

## **Floats (Wipline 2350)**

- 1) *Step area* → bagian bawah *float* yang terus-menerus kontak langsung dengan air laut saat takeoff dan landing, sehingga rentan mengalami korosi akibat paparan elektrolit.
- 2) *Keel* (tulang belakang *float*) → selalu terendam dan menjadi jalur utama gesekan dengan air, menjadikannya area yang paling kritis terhadap korosi.
- 3) *Seams* (sambungan lembaran logam) → celah antarlembaran dapat menahan air asin dan kotoran, sehingga menciptakan lingkungan lembab yang mempercepat korosi celah.
- 4) *Compartment interior* → bagian dalam *float* yang berpotensi tergenang air apabila tidak kering sempurna, sehingga kelembaban tinggi memicu korosi dari dalam.
- 5) *Attachment fittings* → titik sambungan antara *float* dan struktur pesawat, yang sering terkena cipratan air laut dan rawan mengalami *galvanic corrosion*.
- 6) *Struts & brace wires* → komponen penghubung *float* dengan fuselage, terpapar langsung air laut dan udara lembab, sehingga korosi dapat muncul pada permukaan maupun sambungan.
- 7) *Fitting bolts & brackets* → baut dan bracket penahan yang berfungsi sebagai pengikat utama, sering mengalami korosi pada ulir dan kepala baut karena genangan air laut.

## **Airframe**

- 1) *Lower fuselage belly* → area di bawah badan pesawat, khususnya dekat titik attachment *float*, sangat rentan karena selalu terkena spray air laut saat operasi di perairan.
- 2) *Firewall area* → dinding pemisah antara engine dan cockpit, rawan korosi akibat kelembaban tinggi serta paparan bahan bakar atau oli yang mempercepat proses oksidasi.
- 3) *Wheel well* → pada amphibious *float* yang dilengkapi retractable gear, sering menahan kelembaban dan genangan air, sehingga menjadi titik kritis korosi.
- 4) *Control cable pulleys dan fairleads* → komponen penggerak, sangat sensitif terhadap kelembaban karena dapat menimbulkan karat dan meningkatkan keausan.

### **Engine & Propeller**

- 1) *Engine mount* → struktur penyangga mesin yang terbuat dari *tubular steel*, mudah berkarat apabila perlindungan anti-korosi tidak diaplikasikan dengan baik.
- 2) *Exhaust system* → sistem pembuangan gas yang rentan karena kombinasi gas buang panas dengan kelembaban udara mempercepat timbulnya korosi.
- 3) *Propeller leading edge* → sisi depan bilah *propeller* yang sering terkena *spray* air laut saat *takeoff* dan *landing*, sehingga mengalami *erosion corrosion* yang dapat merusak integritas bilah.

Pada Cessna 172S + konfigurasi Wipline 2350 (*float*), area paling kritis:

*Float seams, attachment fittings, engine mount, belly fuselage, propeller leading edge.*

### **When**

- 1) *When did the problem occur?*

Korosi ini terjadi saat pesawat sering beroperasi/berinteraksi dengan air laut. Kontak air laut, oksigen, dengan kelembaban akan mempercepat proses oksidasi. Korosi ini dapat terjadi pada pesawat diam, namun lebih besar potensi terjadi pada pesawat aktif.

- 2) *When in the sequence of inspection?*

- a) Pada saat *Daily preflight inspection- Visual check* mendeteksi *corrosion* pada *float skin, Propeller leading edge, dan attachment bolts*.
- b) *25/50/100-hour inspection* atau *Annual inspection*
- c) *Special inspections* (Hanya bila diperlukan).
- d) *Manufacturer recommended corrosion inspection (Cessna & Wipaire/Wipline pada maintenance manual khusus untuk corrosion prevention).*

### **Why**

- 1) *Why did the problem occur?*

Korosi pada Pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP terjadi karena pesawat beroperasi di lingkungan laut yang korosif. Selain itu, kondisi lingkungan sekitar daerah pesisir menjadi salah satu faktor terjadinya korosi pada pesawat.

- 2) *Why was the material affected by corrosion?*

Material pesawat rentan terhadap korosi bila tidak mendapatkan perlindungan khusus (*anticorrosion*).

**How**1) *How to cope with corrosion that occurs on seaplanes?*

Untuk menanggulangi kejadian korosi ini perlunya dilakukan *preventive maintenance*. Dalam perawatan Pesawat Seaplane 172 SP berikut ini *preventive maintenance* yang harus dilakukan:

- a) Dilakukannya 25 *hour*/ 50 *hour*/ 100 *hour inspection*, juga *Annual inspection*. Inspeksi ini dilakukan untuk mencegah adanya korosi maupun melakukan *corrective action* apabila ditemukannya korosi.
- b) Melakukan *manufacturer recommended corrosion inspection*.
- c) Sesuai dengan *service manual*, dalam perawatannya, pencucian pesawat harus dilakukan segera setiap operasional pesawat *attach* dengan *salt water*. Dalam pencucian ini menggunakan sabun dengan PH netral, yakni PH 7.
- d) Sesuai dengan *service manual*, Memastikan *baggage cover* dan *compartment* terbuka pada malam hari dan ketika *floatplane in store*. Juga memastikan lubang drainase tidak tersumbat. Hal ini berguna untuk memperluas sirkulasi udara agar tidak terjadi *water trapping*.

Berikut ini *checklist anti corrosion seaplane*:

**Tabel 1.** *Checklist Anti Corrosion.*

| No. | Activity                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Bilas pesawat menggunakan air tawar/ <i>fresh water</i> setelah mendarat di laut menggunakan <i>water pressure</i> untuk menghilangkan endapan garam dari air laut. Dalam pencucian ini menggunakan sabun PH 7. Setelahnya melakukan pengeringan dengan menggunakan kain kering atau kanebo. |
| 2.  | Cek bagian rawan karat (sambungan, roda pendarat, baling-baling, area bawah sayap) apabila ada <i>grease</i> yang hilang/berkurang maka harus dilanjutkan pada poin 3.                                                                                                                       |
| 3.  | <i>Regreasing</i> dengan memberikan <i>grease/cairan</i> anti-korosi di bagian yang sering kena air maupun udara. Materialnya (AeroShell Fluid 41, Bonderite Turco S.S.2, Ardrex AV-15, CorrosionX, ToolmatesDry Film Lubricant 6075, Ultra Tef-Gel)                                         |
| 4.  | Memastikan lubang drainase tidak tersumbat untuk menghindari <i>salt water trapping</i>                                                                                                                                                                                                      |
| 5.  | Memperbaiki cat/lapisan yang terkelupas agar logam tidak terbuka dan terjadi oksidasi logam.                                                                                                                                                                                                 |

Apabila dalam pengecekan korosi ditemukan adanya korosi, maka perlu dilaporkan kepada AMO Manager agar didapat dilakukan *corrective action*. Selama *corrective action* belum dilakukan, pesawat tersebut hanya boleh terbang apabila korosi tidak terjadi pada

*critical area* dan masih dalam batas limitasi. Selama korosi dalam batas limitasi, perlu dilakukan penggunaan *anticorrosion* material agar menghentikan laju korosi.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan lima potensi terjadinya korosi pada diagram fishbone, potensi terbesar terjadi karena seringnya Pesawat Seaplane Amphibian Cessna 172 SP berkontak langsung dengan air laut. Kerapatan struktur pesawat ini memperbesar potensi korosi, karena memiliki area-area yang sulit dijangkau saat proses pembersihan. Air laut bersifat elektrolit, mengandung ion-ion garam serta oksigen yang berperan sebagai oksidator. Ketika permukaan logam pesawat terpapar air laut, oksigen, dan kelembaban, terbentuk sel elektrokimia yang mempercepat proses oksidasi, yang akhirnya menghasilkan korosi atau karat. Dampak dari korosi ini dirasakan oleh berbagai pihak, termasuk teknisi pemeliharaan yang harus menangani beban kerja lebih besar, operator atau pilot yang menghadapi berkurangnya keandalan pesawat dan risiko keselamatan, serta manajemen yang harus mengeluarkan biaya lebih tinggi untuk perawatan.

Dalam penelitian ini, teridentifikasi area-area kritis pada Seaplane 172 SP yang rentan terhadap korosi, yaitu float seams, attachment fittings, engine mount, belly fuselage, dan propeller leading edge. Korosi dapat diidentifikasi melalui beberapa inspeksi, antara lain daily preflight inspection, 25/50/100-hour inspection atau annual inspection, serta special inspections (hanya bila diperlukan). Inspeksi korosi juga harus dilakukan sesuai dengan rekomendasi pabrikan (Cessna & Wipaire/Wipline) yang tercantum dalam maintenance manual khusus untuk pencegahan korosi. Untuk mencegah terjadinya korosi, perlunya melakukan preventive maintenance dengan mengadakan 25 hour/50 hour/100 hour inspection dan annual inspection. Inspeksi ini bertujuan untuk mencegah korosi dan melakukan corrective action jika ditemukan. Selain itu, sesuai dengan service manual, pesawat harus dicuci segera setelah beroperasi di lingkungan air laut menggunakan sabun dengan pH netral (pH 7). Prosedur lainnya adalah memastikan baggage cover dan compartment terbuka pada malam hari dan ketika pesawat disimpan, serta memastikan lubang drainase tidak tersumbat untuk memperlancar sirkulasi udara dan mencegah water trapping. Jika korosi teridentifikasi, perlu dilakukan pelaporan untuk dilakukan corrective action, namun sebelum corrective action menyeluruh dilakukan, langkah ringan seperti penggunaan material anti-korosi dapat diterapkan untuk menghentikan laju korosi.

## DAFTAR REFERENSI

- Azmi, N. (2018). Studi kasus pada aluminium tipe 2024-T4 dan 7075-T6 sebagai kandidat material struktur lavatory modul pesawat Boeing 737NG. *Tugas Akhir*, 1–52.
- Cessna Aircraft. (2017). *Cessna Aircraft Company*. April 2014, 1–12.
- Consequences, T. (2024). Part I: General aspects of corrosion, corrosion control, and corrosion prevention. *Corrosion Atlas Case Studies*, xxix–xlvi. <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-13228-5.09993-1>
- Darmawi, D., T. K., Alian, H., & Ginting, K. (2022). *Ahli Korosi Dasar*. 190 halaman.
- Fakhri, M. N. A. F., Susanto, H., & Luqman Bukhori, M. (2022). Analisis material aluminium alloy terhadap laju korosi yang disebabkan oleh udara laut pada struktur leading edge pesawat. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 8(2), 289–294. <https://doi.org/10.56521/teknika.v8i2.664>
- Farhan, M. N. (2021). *Politeknik Negeri Jakarta Soal-Soal: 021*, 21–22.
- Karo-Karo, et al. (2020). Pengaruh aging dan variasi kecepatan putaran terhadap laju korosi propeller berbahan aluminium panduan. *2507(February)*, 1–9.
- Kementrian Perhubungan Indonesia. (2006). *Civil Aviation Safety Regulation (CASR) Part 1: Definitions and Abbreviations*. Republic of Indonesia Ministry of Transportation, May 23, 2006, 47.
- Knop, K., & Mielczarek, K. (2018). Using 5W-1H and 4M methods to analyse and solve the problem with the visual inspection process – Case study. *MATEC Web of Conferences*, 183, 1–6. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201818303006>
- Mulyati, B. (2019). Tanin dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi. *Jurnal Industri, Elektro, dan Penerbangan*, 8(1), 1–4.
- Noval Ardiansyah, M., Dwi Cahyo, B., & Silk Moonlight, L. (2022). Analisis pengaruh larutan natrium klorida dan asam klorida terhadap laju korosi pada aluminium 1100. 1–7.
- Pei, Z., Cheng, X., Yang, X., Li, Q., Xia, C., Zhang, D., & Li, X. (2021). Understanding environmental impacts on initial atmospheric corrosion based on corrosion monitoring sensors. *Journal of Materials Science and Technology*, 64, 214–221. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2020.01.023>
- Perhubungan, K. (2003). *Republic of Indonesia Ministry of Transportation Civil Aviation Safety Regulation (CASR). Certification and Operating Requirements: Domestic, Flag, and Supplemental Air Carriers, Amdt 12 (14 Agustus 2017)*, 263.
- Rizki Ornelasari, M. (2015). Analisa laju korosi pada stainless steel 304 menggunakan metode ASTM G31-72 pada media air nira aren. *JTM*, 01(01), 112–117.
- Undang-Undang RI tentang Penerbangan. (2009). 57, 3 May.
- Utomo, B. (2012). Jenis korosi dan penanggulangannya. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 6(2), 138–141. <https://doi.org/10.14710/kpl.v6i2.2731>