

PENGARUH SUHU TERHADAP LAJU KOROSI KOMPONEN LOGAM PADA BAGIAN FUSELAGE PESAWAT MD-80

¹Noviana Utami, ²Rochmadi

¹Aeronautika, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan, ²Teknik Kimia, UGM

Abstrak

Pesawat merupakan moda transportasi efektif dan efisien bagi Indonesia sebagai Negara Kepulauan. Keselamatan penerbangan berupa kelayakan pesawat menjadi salah satu faktor utama. Komponen logam pada bagian fuselage menjadi perhatian utama karena berhubungan langsung dengan lingkungan. Faktor lingkungan, seperti suhu dapat mempengaruhi laju korosi komponen logam yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kelayakan pesawat. Variasi suhu terbagi menjadi 4, yaitu 35°C, 40°C, 45°C, dan 50°C dengan kondisi lingkungan pH tetap, yaitu 3,4 dalam rentang waktu 12 jam. Kehilangan berat komponen logam terhadap suhu lingkungan menjadi perhatian. Laju korosi komponen logam pada bagian fuselage pesawat MD-80 terhadap variasi suhu dalam rentang waktu 12 jam menunjukkan nilai laju korosi yang tidak signifikan. Hal ini mungkin disebabkan karena dalam rentang waktu tersebut proses korosi masih berjalan, namun namun tidak menutup kemungkinan sudah terjadi korosi.

Kata kunci: laju korosi, suhu, badan pesawat MD-80.

Abstract

Aircraft are an effective and efficient mode of transportation for Indonesia as an archipelagic country. Aviation safety in the form of a aircraft feasibility is one of the main factors. Metal components in the fuselage are a major concern because they are directly related to the environment. Environmental factors, such as temperature can affect the corrosion rate of metal components which in turn can affect the feasibility of the aircraft. Temperature variations are divided into 4 categories, they are 35°C, 40°C, 45°C, and 50°C with a constant pH environment which is 3.4 in a span of 12 hours. The weight loss of the metal components with respect to ambient temperature is a concern. The corrosion rate of metal components in the fuselage of the MD-80 aircraft against temperature variations within a 12 hour period shows an insignificant corrosion rate value. This may be due to the fact that during this time the corrosion process is still running, but it is possible that corrosion has occurred.

Keywords: corrosion rate, temperature, fuselage of the MD-80 aircraft.


Pendahuluan

Sebagai Negara Kepulauan, pesawat merupakan transportasi udara yang efektif dan efisien bagi Indonesia. Keselamatan penerbangan berupa kelayakan pesawat menjadi salah satu faktor utama yang perlu diperhatikan. Brookhart *et al.*, (2019) menjelaskan bahwa kendaraan dirgantara, seperti pesawat dan helikopter menghadapi banyak sumber potensial yang dapat menyebabkan kerusakan, seperti beban pada saat penerbangan (*flight load*), beban pada saat di darat (*ground load*), **lingkungan eksternal** dan sumber *non-deterministic* seperti puing-puing benda asing (*Foreign Object Debris* atau FOD), atau benda-benda lain yang dapat menyebabkan kerusakan akibat benturan atau menabrak kendaraan dirgantara. Sumber potensial yang dapat menyebabkan kerusakan tersebut, membuat *stress* dan merusak struktur kendaraan dirgantara, sehingga menyebabkan biaya perbaikan menjadi mahal atau masalah keamanan (*safety concern*).

Selain itu, Ganther W. D., *et al.*, (2017) menjelaskan bahwa korosi pada badan pesawat merupakan masalah yang signifikan bagi pesawat komersial dan militer. Badan pesawat (*fuselage*) merupakan komponen logam pesawat yang terbuka dan berhubungan langsung dengan lingkungan. Rupperecht *et al.*, (2017) menjelaskan bahwa faktor lingkungan, seperti pH dan suhu dapat mempengaruhi

¹Email Address: noviana.utami@sttkd.ac.id

Received 30 Juni 2022, Available Online 30 Juli 2022

 <https://doi.org/10.56521/teknika.v8i1.646>

terjadinya korosi.

Penelitian yang mempelajari korosi pada berbagai bidang telah dilakukan beberapa diantara adalah Snihirova D., *et al.*, (2019) mempelajari pengembangan model fisika – kimia berdasarkan pada pemahaman mekanistik dan kinetika dari proses korosi pada pasangan galvanik Ti6Al4V-AA2024. Model ini mampu mengungkapkan terjadinya korosi lokal, terkait dengan heterogenitas mikrostruktur dari AA2024, termasuk pada perubahan pH lokal, pengendapan produk reaksi dan menekankan peran penting AA2024 dalam korosi galvanik. Karpenko O., *et al.*, (2022) mempelajari pendekatan numerik untuk memodelkan *Corrosion Fatigue Crack Growth* (CFCG) dalam pengecoran konvensional dan paduan Ti6Al4V yang diproduksi secara aditif. Model numerik tersebut berdasar pada Peridynamika (PD) yang menggabungkan mekanik dan difusi material sebagai dampak kelelahan terhadap lingkungan. Ovale P. *et al.*, (2022) mempelajari spesimen rantai baja grade R4 pada media *saltwater* dan *air fatigue* yang mengalami fase korosi bolak-balik untuk mereplikasi variasi beban musiman pada rantai yang beroperasi. Korosi yang dipercepat oleh polarisasi anodik terbukti tidak cocok untuk mereplikasi korosi alami yang berasal dari retak lelah.

Penelitian ini mempelajari laju korosi komponen logam pada bagian *fuselage* pesawat MD-80 terhadap suhu. Variasi suhu dalam penelitian ini, meliputi: 35°C, 40°C, 45°C, dan 50°C dengan pH lingkungan dalam kondisi tetap 3,4 selama rentang waktu 12 jam. Kehilangan berat komponen logam pada bagian *fuselage* pesawat MD-80 terhadap suhu lingkungan menjadi perhatian. Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar dalam pengembangan ilmu, berupa pengembangan zat inhibitor yang mampu melindungi komponen logam pada bagian *fuselage* pesawat yang ramah lingkungan.

Tinjauan Pustaka dan Pengembangan Hipotesis

Pesawat Seri McDonnell Douglas (MD-80)

Pesawat seri McDonnell Douglas (MD-80) (**Gambar 1.**) merupakan pesawat sipil produk McDonnell Douglas (MD) Amerika Serikat bermesin ganda yang termasuk dalam kategori pesawat berbadan sempit (*narrow body jet*) yang dirancang untuk penerbangan jarak pendek hingga menengah dengan jumlah penumpang 130 dan 172 orang, maksimum ketinggian (*max. altitude*) 11.300m, lebar sayap (*wingspan*) 32m, panjang 45m, tinggi 9m, berat maksimum pada saat *take off* (*max. take off weight*) 67.800kg dan *fuel burn* 2.995liter/jam. Dimensi kabin pesawat seri MD-80, meliputi: tinggi 205cm, lebar 285cm, panjang 2.700cm (<https://www.airfastindonesia.com/md8283>).



Gambar 1. Pesawat Seri McDonnell Douglas (MD-80)
(<https://www.airfastindonesia.com/md8283>)

Pesawat seri MD-80, meliputi: MD-81, MD-82, MD-83, MD-87, dan MD-88 dengan masing-masing seri mempunyai kesamaan tipe panjang, kecuali seri MD-87 dengan panjang badan pesawat yang lebih pendek, di mana untuk setiap seri terdapat perbedaan pada mesin dan kapasitas bahan bakar (<https://mcdonnell-douglas.weebly.com/md-80.html>).

Korosi

Thompson *et al.*, (2019) menjelaskan bahwa dalam pembuatan kendaraan seperti pesawat korosi merupakan tantangan yang berhubungan dengan perawatan dan umur penggunaan pesawat. Brookhart *et al.*, (2019) menjelaskan bahwa beban perawatan yang signifikan terutama disebabkan karena waktu yang dibutuhkan dalam membongkar komponen untuk memeriksa secara visual area retak dan korosi. Rupprecht *et al.*, (2017) menjelaskan bahwa korosi dapat menyebabkan kerusakan pada berbagai sektor, seperti: bangunan, kendaraan bermotor, kapal, pesawat, dan lain-lain. Korosi merupakan hasil dari reaksi kimia atau proses elektrokimia yang berasal dari bahan logam dengan adanya komponen atau faktor lingkungan. Faktor lingkungan yang dapat menyebabkan korosi antara lain: 1). pH, 2). suhu dan 3). adanya organisme.

Thompson *et al.*, (2019) menjelaskan bahwa korosi merupakan proses kerusakan pada material yang terjadi secara bertahap. Korosi dapat terjadi sebagai hasil paparan kelembaban di udara, kontak antara 2 jenis logam yang berbeda atau melalui mekanisme yang lain. *The Aviation Maintenance Technician Handbook*, (2018) menjelaskan bahwa terdapat banyak faktor yang dapat mempengaruhi jenis, kecepatan, penyebab, dan keseriusan korosi pada logam. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi korosi pada logam dan laju korosi, antara lain: 1). jenis logam, 2). perlakuan panas dan arah butir, 3). adanya logam yang berbeda dan kurang korosif, 4). luas permukaan anodik dan katodik, 5). suhu, 6). adanya elektrolit, 7). adanya oksigen, 8). adanya organisme biologis, 9). tekanan mekanis pada logam yang terkorosi, 10). waktu paparan di lingkungan korosif, dan 11). tanda garis pensil pada permukaan logam pesawat.

Korosi merupakan kerusakan logam oleh proses elektrokimia, di mana elektrokimia merupakan ilmu yang mempelajari interkonversi antara energi listrik dan energi kimia. Proses elektrokimia merupakan reaksi redoks (oksidasi-reduksi), di mana energi yang dilepaskan oleh reaksi spontan diubah menjadi energi listrik atau energi listrik digunakan untuk menghasilkan reaksi tidak spontan (Chang R., 2007). *The Aviation Maintenance Technician Handbook*, (2018) menjelaskan bahwa korosi logam merupakan kerusakan logam yang disebabkan serangan kimia atau elektrokimia. Jenis kerusakan ini dapat terjadi secara internal seperti pada bagian permukaan, contohnya kayu yang membusuk, di mana kerusakan ini dapat mengubah permukaan yang halus, melemahkan bagian dalam, atau merusak atau melonggarkan bagian-bagian yang berdekatan.

Karpenko O., *et al.*, (2022) menjelaskan bahwa korosi merupakan fenomena yang kompleks dan dapat terbagi menjadi korosi umum dan korosi lokal. Korosi umum dapat mempengaruhi secara seragam pada seluruh permukaan logam yang terpapar lingkungan korosi dan korosi lokal dimulai secara lokal serta membutuhkan proses yang sangat panjang namun pertumbuhannya cepat. *Stress Corrosion Cracking* (SCC) merupakan korosi lokal yang dipengaruhi oleh kombinasi material, lingkungan agresif dan tegangan. Logam Titanium, baja tahan karat, baja tarik tinggi dan paduan Aluminium merupakan logam yang tahan terhadap korosi, namun sensitif terhadap SCC. SCC hanya mungkin terjadi jika material berada di bawah beban statis atau kelelahan dan terpapar oleh lingkungan yang agresif.

Metode kehilangan berat komponen logam pada bagian *fuselage* pesawat MD-80 dilakukan dengan cara mengukur berat logam yang telah dikenai perlakuan (perendaman) pada media lingkungan asam 3,4 selama rentang waktu 12 jam dengan suhu media perendaman divariasasi. Esmaily M. *et al.*, (2017) menjelaskan bahwa metode reduksi berat merupakan metode umum yang digunakan dalam mempelajari korosi pada logam, di mana metode ini dilakukan dengan cara mengukur berat dan geometri benda uji sebelum dan sesudah terpapar lingkungan korosi selama jangka waktu tertentu. Persamaan untuk menghitung laju korosi tersaji pada **Persamaan (1)** sebagai berikut:

$$mpy = \frac{543 \cdot W}{D \cdot A \cdot T} \dots\dots\dots (1)$$

Di mana:

- mpy* : *Mils per year (thousandths of an inch per year)*
- W* : *Weight loss (mass loss) (mg)*
- D* : *Density of specimen (g/cm³)*
- A* : *Area of specimen (m²)*
- T* : *Exposure time (hour)*

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan untuk mempelajari laju korosi komponen logam pada bagian *fuselage* pesawat MD-80 terhadap suhu lingkungan agresif divariasikan pada suhu 35°C, 40°C, 45°C, dan 50°C dengan kondisi pH lingkungan tetap 3,4 selama rentang waktu 12 jam menggunakan metode kehilangan berat logam yang telah mengalami perlakuan perendaman dan pengecekan berat dilakukan setiap 1 jam sekali (Utami N. C. S., dan Rochmadi, (2020)). Waktu perlakuan perendaman 12 jam sebagai parameter awal dalam pengukuran laju korosi untuk skala laboratorium. Alat yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi: labu ukur, gelas ukur, gelas beker, corong gelas, pipet ukur, pipet tetes, pipet penjepit dari logam, karet hisap bohlam, botol plastik ukuran 100 ml, kompor listrik, GEA *Thermometer Alcohol*, *Universal Indicator pH paper*, *pH Meter Digital Tester*, Timbangan Analitik, amplas, autosol, *hair dryer*, aluminium foil, dan jangka sorong. Sedang bahan dalam penelitian ini, meliputi: *fuselage* pesawat MD-80 yang telah dibersihkan dari cat, aquades, dan Asetic Acid Glisial GR 100%.

Hasil dan Pembahasan

Data berat yang hilang (ΔW) komponen logam pada bagian *fuselage* pesawat MD-80 dengan variasi suhu (°C) terhadap waktu (jam) tersaji dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Berat yang Hilang (ΔW) (mg) Komponen Logam Pada Bagian *Fuselage* Pesawat MD-80 dengan Variasi Suhu (°C) Terhadap Waktu (jam)

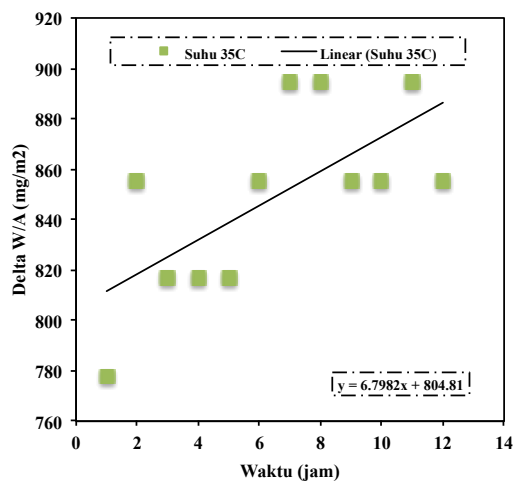
Waktu (1 jam)	Berat yang hilang (ΔW) (mg)			
	35°C	40°C	45°C	50°C
1	2,0000	2,6000	2,7000	1,8000
2	2,2000	2,6000	2,8000	2,0000
3	2,1000	2,7000	2,8000	1,8000
4	2,1000	2,7000	2,7000	1,8000
5	2,1000	2,9000	2,8000	2,0000
6	2,2000	2,8000	2,8000	1,9000
7	2,3000	3,2000	3,3000	1,2000
8	2,3000	2,7000	3,2000	2,1000
9	2,2000	2,8000	2,9000	0,9000
10	2,2000	3,0000	2,8000	1,3000
11	2,3000	3,2000	3,0000	2,1000
12	2,2000	3,1000	2,0000	1,5000

Tabel 1. terlihat bahwa data berat yang hilang (ΔW) (mg) komponen logam pada bagian *fuselage* pesawat MD-80 dengan variasi suhu selama rentang waktu 12 jam diperoleh nilai rata-rata berat yang hilang (ΔW) sebesar 2,2000 mg pada suhu 35°C; 2,9000 mg pada suhu 40°C; 2,8000 mg pada suhu 45°C; dan 1,7000 mg pada suhu 50°C. Nilai rata-rata berat yang hilang (ΔW) (mg) komponen logam pada bagian *fuselage* pesawat MD-80 tersebut menunjukkan adanya proses korosi yang sedang berjalan. Berdasar **Tabel 1.** kemudian disajikan dalam berat yang hilang per luas area ($\Delta W/A$) (mg/m^2) dengan variasi suhu ($^{\circ}\text{C}$) terhadap waktu (jam) pada **Tabel 2.**

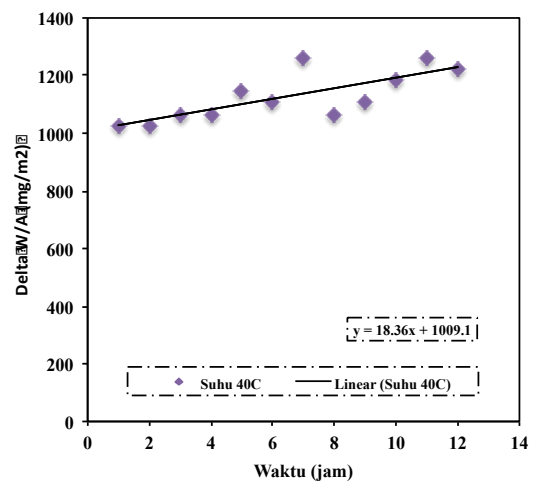
Tabel 2. Data Berat yang Hilang per Luas Area ($\Delta W/A$) (mg/m^2) Komponen Logam Pada Bagian *Fuselage* Pesawat MD-80 Dengan Variasi Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Terhadap Waktu (jam)

Waktu (1 jam)	Berat yang hilang/Luas area dari spesimen ($\Delta W/A$) (mg/m^2)			
	35°C	40°C	45°C	50°C
1	778	1.026	1.039	703
2	855	1.026	1.077	781
3	817	1.066	1.077	703
4	817	1.066	1.039	703
5	817	1.145	1.077	781
6	855	1.105	1.077	742
7	894	1.263	1.270	469
8	894	1.066	1.231	820
9	855	1.105	1.116	352
10	855	1.184	1.077	508
11	894	1.263	1.154	820
12	855	1.224	770	586

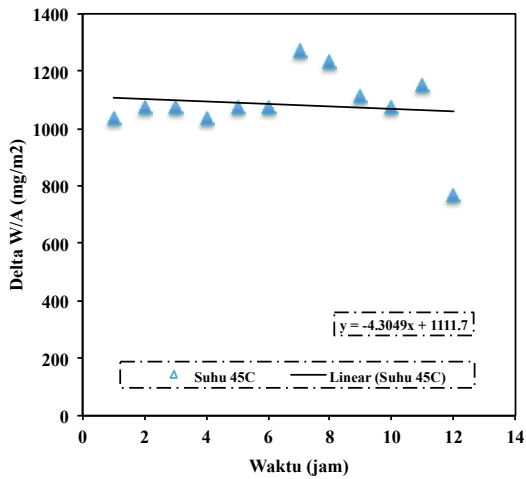
Tabel 2. tersaji bahwa berat yang hilang per luas area ($\Delta W/A$) (mg/m^2) komponen logam pada bagian *fuselage* pesawat MD-80 pada suhu 45°C dan 50°C menunjukkan nilai yang tidak stabil, dibandingkan 2 variasi suhu yang lain. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya kendala teknis pada saat proses pengambilan data, yaitu dalam pengaturan suhu menggunakan termometer yang dilakukan secara bersamaan. Selain itu, pH media lingkungan yang digunakan tidak stabil, dimungkinkan juga mempengaruhi proses korosi. Berdasar data dalam **Tabel 2.** kemudian disajikan dalam kurva hubungan antara berat yang hilang per luas area ($\Delta W/A$) (mg/m^2) terhadap waktu (jam) yang tersaji pada **Gambar 2a - 2d.**



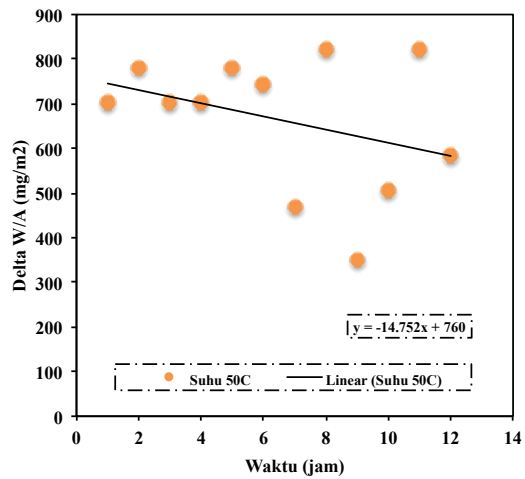
a). Suhu 35°C



b). Suhu 40°C



c). Suhu 45°C



d). Suhu 50°C

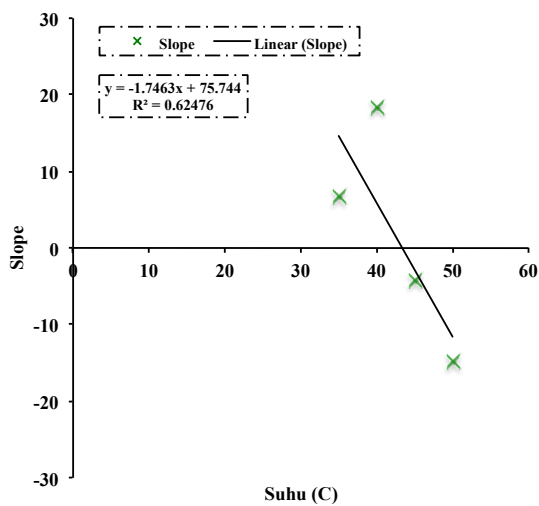
Gambar 2a - 2d. Kurva Hubungan Antara $\Delta W/A$ (mg/m^2) Terhadap Waktu (jam)

Berdasar pada Gambar 2a – 2d. kemudian diambil nilai kemiringan atau slope (a) dari setiap variasi suhu ($^{\circ}\text{C}$) yang dirangkum dan disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Slope Untuk Setiap Variasi Suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Slope
35	6,7982
40	18,3600
45	-4,3049
50	-14,7520

Berdasar Tabel 3. kemudian disajikan dalam kurva hubungan antara slope terhadap suhu ($^{\circ}\text{C}$) yang tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Hubungan Antara Slope Terhadap Suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Berdasar pada **Gambar 3**, diperoleh nilai kemiringan sebesar $-1,7463\text{cm/jam}$, di mana nilai tersebut merupakan kecepatan laju korosi komponen logam pada bagian *fuselage* pesawat MD-80 dalam satuan in/tahun sebesar $-6,0227 \times 10^{-6}\text{in/tahun}$ atau dalam satuan mpy (seperseribu inchi per tahun) sebesar $-6,0227 \times 10^{-9}\text{mpy}$ dengan nilai R-kuadrat 0,62476. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pengaruh suhu terhadap laju korosi komponen logam pada bagian *fuselage* pesawat MD-80 menunjukkan kecepatan laju korosi yang tidak signifikan. Hal ini mungkin disebabkan karena dalam rentang waktu tersebut proses korosi masih berjalan, namun tidak menutup kemungkinan sudah terjadi korosi. Hal ini selaras dalam *The Aviation Maintenance Technician Handbook*, (2018) yang menjelaskan bahwa terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi korosi dan laju korosi, yaitu waktu paparan logam di lingkungan korosif, di mana rentang waktu 12 jam masih terhitung dalam rentang waktu pendek sehingga dimungkinkan korosi masih dalam proses. Selain itu dalam penelitian ini, komponen logam pada bagian *fuselage* pesawat MD-80 tidak dikenai perlakuan, seperti tegangan sehingga korosi lokal atau *Stress Corrosion Cracking* (SCC) tidak signifikan terjadi. Di mana *Stress Corrosion Cracking* (SCC) akan terjadi saat material berada di bawah beban statis atau kelelahan dan terpapar oleh lingkungan yang agresif.

Kesimpulan

Laju korosi pada komponen logam bagian *fuselage* pesawat MD-80 selama 12 jam terhadap suhu menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Hal ini mungkin disebabkan karena proses korosi masih berjalan, namun tidak menutup kemungkinan sudah terjadi korosi.

Daftar Pustaka

- Brookhart A., Bates P.R., and Davis M. W., 2019, System and Method For Health Assessment Of Aircraft Structure, *United States Patent*, **US 10,364,050 B2**, Jul. 30, 2019.
- Chang R., 2007, Chemistry, 10th ed., McGraw-Hill Higher Education, Americas, New York, NY.
- Esmaily M., Svensson J. E., Fajardo S., Birbilis N., Frankel G. S., Virtanen S., Arrabal R., Thomas S., and Johansson L. G., 2017, Fundamentals and Advance in Magnesium Alloy Corrosion, *Progress in Materials Science* **89** (2017) pp. 92 – 193.
- Gather W. D., Paterson D.A, Lewis C., Isaacs P., Galea S., Meunier C., Mangeon G., and Cole I. S., 2017, Monitoring Aircraft Microclimate and Corrosion, *Procedia Engineering* **188** (2017) pp. 369 – 376.
- Karpenko O., Oterkus S., and Oterkus E., 2022, Titanium alloy corrosion fatigue crack growth rates prediction: Peridynamics based numerical approach, *International Journal of Fatigue* **162** (2022) 107023.
- Ovale P., Nordhagen H. O., As S. K., and Skallerud B. H., 2022, Effect of Long Periods of Corrosion on The Fatigue Lifetime of Offshore Morning Chain Steel, *Marine Structure* **85** (2022) 103236.
- Rupprecht M., Wolfrum C., Pfammatter D., Hubner S., Constantin L., Decelles G., Voit T., and Hafner H., 2017, Zinc-Magnesium Anticorrosion Pigments, Anticorrosion Paint, and Method For The Production of Said Anticorrosion Pigments, *United States Patent*, **US 9,718,965 B2**, Aug. 1, 2017.
- Snihirova D., Hoche D. Lamaka S., Mir Z., Hack T. and Zheludkevich M. L., 2019, Galvanic Corrosion of Ti6Al4V-AA2024 Joints in Aircraft Enviroment: Modelling and Experimental Validation, *Corrosion Science* **157** (2019) pp. 70-78.
- Thompson R. J., Killelea E., Lawton R. M., and Williams K. S., 2019, Vehicle Corrosion Analyzer, *United States Patent*, **US 10,380,278 B2**, Aug. 13, 2019.
- The Aviation Maintenance Technician Handbook - General (FAA-H-8083-30A), 2018, U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Airmen Testing Standard Branch, Oklahoma City.
- Utami N. C. S., dan Rochmadi, 2020, The Effect of pH Upon Corrosion Rate of Aircraft Component Type MD 80 on Fuselage Part, *IOP Conf. Series: Materials Science dan Engineering*, **732** (2020) 012089, doi:10.1088/1757-899X/732/1/012089.
- <https://mcdonnelldouglas.weebly.com/md-80.html>.
- <https://www.airfastindonesia.com/md8283>, Airfast Indonesia.