



PERANAN UDARA PANTAI TERHADAP KOROSI BALING-BALING HELIKOPTER HUGHES-300C

Aryananta Lufti¹, Budi Harjanto², Frangky Silitonga³

Teknik Mesin Pertahanan. Akademi Militer^{1,2}, Teknik Informatika. Universitas Karimun³
aryanantalufti@nikmesinhan.akmil.ac.id¹, budiharjanto@nikmesinhan.akmil.ac.id²,
frangkyka@gmail.com³

Abstract

The purpose of this study includes three important things, including the effect of coastal air on the coastal environment, corrosion rate, and hardness of the Heli Hughes-300C propeller. The method used is a qualitative approach using a corrosion rate measuring device, namely Cell 3 Electrodes with liquid seawater from Maron Beach, Semarang as a corrosion medium. Each specimen will be tested for composition, calculated corrosion rate and tested for hardness. Specimen Making: Specimen making for this test was carried out by taking part of the Hughes 300C Helicopter propeller and then forming it to the size of the tube. Composition test: The composition test was carried out at the UGM Engineering Materials Laboratory using a spectrometer. Based on the results above, it was found that the Hughes 300C propeller after being corroded had a higher hardness value (average VHN 135.75kgf/mm²) compared to the one before it was corroded (average VHN 128.79 kgf/mm²). These results indicate that the propeller after being corroded will be more rigid, where there is a shift in the hardness standard value of the propeller. A brittle propeller will break more easily when it hits a hard impact in the air compared to a low-friction propeller due to the movement of the flap on the propeller when the blade angle changes and the push from the wind when flying.

Keywords: Corrosion, Propeller, Sea Air, Hughes-300C

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini mencakup tiga hal penting, diantaranya pengaruh udara pantai pada lingkungan pantai, laju korosi, dan kekerasan pada baling-baling Heli Hughes-300C. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan menggunakan alat pengukur laju korosi yaitu Sel 3 Elektroda dengan cairan air laut dari Pantai Maron Semarang sebagai media korosi. Setiap spesimen akan diuji komposisi, dihitung laju korosi dan diuji kekerasannya. Pembuatan Spesimen: Pembuatan spesimen untuk uji ini dilakukan dengan mengambil bagian dari baling-baling Helikopter Hughes 300C kemudian dibentuk dengan ukuran tabung. Pengujian komposisi: Uji komposisi dilaksanakan di Laboratorium Bahan Teknik UGM dengan menggunakan alat Spektrometer. Berdasarkan hasil di atas diperoleh bahwa Baling-baling Hughes 300C yang sudah terkorosi memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi (rerata VHN 135,75kgf/mm²) dibandingkan dengan yang sebelum terkorosi (rerata VHN 128,79 kgf/mm²). Hasil ini menunjukkan bahwa baling-baling yang sudah terkorosi akan lebih rigid, dimana adanya pergeseran nilai standar kekerasan pada baling-baling tersebut. Baling-baling yang getas akan lebih mudah mengalami patah pada saat mengenai benturan keras di udara dibandingkan dengan baling-baling yang nilai getasnya rendah dikarenakan gerakan flap pada baling-baling saat perubahan sudut blade dan dorongan dari angin saat terbang.

Kata kunci: Korosi, Baling-baling, Udara Laut, Hughes-300C

PENDAHULUAN

Kerusakan pada logam yang terjadi di negara tropis seperti Indonesia dapat diakibatkan karena lingkungan, salah satunya adalah udara. Udara dapat mejadi masalah yang sangat serius dan harus ditangani juga secara serius. Kelembaban udara relative memiliki perilaku higroskopis proksi aerosol garam laut, dan korosi atmosfer baja ringan yang terkontaminasi

dengannya. Di sini, hubungan antara transisi fase pencairan (padat-air) dari garam tunggal, NaCl, dan respon korosi baja yang terkontaminasi dengan garam (Schindelholz et al., 2014). Kerusakan yang dihasilkan diukur dengan profilometri optik. Kimia korosi yang terbentuk diidentifikasi menggunakan spektroskopi EDS dan Raman. Pembasahan dan pengeringan kimia korosi yang disimulasikan ditandai dengan



pengukuran impedansi melintasi sensor elektroda interdigitated. Secara bersama-sama, hasil ini menunjukkan bahwa korosi dapat dimulai dengan air yang terserap pada kristal NaCl serendah 33% RH. Pada 53% RH ke atas, serangan berlanjut dengan kecepatan yang sebanding dengan yang diamati di atas RH deliquescence karena pengembangan kimia korosi higroskopis. Saat ini, secara umum diterima bahwa di lingkungan alam dan industri, korosi dan polusi adalah proses berbahaya yang saling terkait karena banyak polutan air, udara dan tanah mempercepat korosi, dan produk korosi seperti karat, oksida dan garam, juga mencemari badan air di pelabuhan, sungai, bendungan, kanal dan galangan kapal. Keduanya merupakan proses merusak yang merusak daya tahan aset infrastruktur, industri efisiensi dan profitabilitas serta kualitas lingkungan. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan dan untuk menerapkan metode dan teknik pengendalian korosi, khususnya yang ramah lingkungan (Valdez & Schorr, 2012).

Peran yang mengatur sifat higroskopis kimia ini pada laju serangan dan morfologi dibahas. Begitu juga pada alat utama sistem pertahanan (alutsista) TNI-AD berupa helikopter yang hampir keseluruhan bagiannya tersusun atas logam. Beberapa satuan Penerbad seperti Pusdik Penerbad, Skadron 11/Serbu dan Skadron 31/Serbu terletak pada wilayah yang berdekatan dengan daerah pantai di Semarang, termasuk batalyon komposit yang berada di Kepulauan Natuna, Riau, yang secara umum merupakan wilayah dengan lingkungan pantai. Perilaku higroskopis proxy aerosol garam laut dan korosi atmosfer baja ringan yang terkontaminasi dengannya. Dalam pekerjaan ini, air laut buatan (ASW) dan MgCl₂ diperiksa. Perilaku pembasahan dan pengeringan ASW ditandai dengan pengukuran impedansi melintasi sensor elektroda interdigitasi. Kerusakan yang dihasilkan diukur dengan profilometri optik. Kimia korosi yang berkembang diidentifikasi menggunakan spektroskopi EDS dan Raman. Bersama-sama, hasilnya mempertanyakan apakah permukaan yang terkontaminasi garam laut pernah kering di lingkungan luar ruangan. Korosi berkelanjutan terdeteksi hingga 11% RH untuk MgCl₂ dan 23% RH untuk ASW, dengan masuknya deposit ASW yang signifikan pada <2% RH setelah 24 jam, kemungkinan karena terperangkapnya cairan di bawah kerak garam padat. Tren kehilangan korosi versus RH tidak secara langsung mencerminkan transisi fase cair-padat utama yang diamati atau diprediksi

untuk ASW atau MgCl₂ saja. Mengingat hal ini, metode penentuan waktu basah yang umum dianggap cacat secara mendasar sebagai indikator kuantitatif keberadaan elektrolit dan potensi korosi yang signifikan. Oksigen biasanya diperlukan untuk mempertahankan proses korosi. Jumlahnya sekitar 20 persen dari atmosfer dan umumnya akan selalu tersedia untuk ambil bagian reaksi korosi di atmosfer. Difusi oksigen ke permukaan logam adalah jarang menjadi masalah pada korosi atmosfer karena kelembaban biasanya dalam bentuk tipis film atau droplet (Incorp, 2013).

Pembangunan ekonomi suatu wilayah, negara bagian atau negara, tidak hanya bergantung pada sumber daya alam dan kegiatan produksinya, tetapi juga pada infrastruktur yang bertanggung jawab atas eksploitasi, pemrosesan, dan pemasaran barang. Sistem irigasi, jalan, jembatan, bandara, laut, transportasi darat dan udara, bangunan sekolah, perkantoran dan perumahan, instalasi industri dipengaruhi oleh korosi dan karenanya rentan terhadap proses kerusakan dan degradasi (Valdez & Schorr, 2012).

Korosi adalah masalah krusial di seluruh dunia yang sangat mempengaruhi lingkungan alam dan industri. Saat ini, secara umum diterima bahwa korosi dan polusi adalah proses berbahaya yang saling terkait karena banyak polutan yang mempercepat korosi dan produk korosi seperti karat, juga mencemari badan air. Keduanya merupakan proses merusak yang merusak kualitas lingkungan, efisiensi industri, dan daya tahan aset infrastruktur. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan dan menerapkan metode dan teknik pengendalian korosi teknik (Sereda, 1974).

Masalah kritis lainnya, yang berdampak pada infrastruktur dan industri adalah perubahan iklim, pemanasan global, dan emisi rumah kaca, semua fenomena yang saling terkait. Bab ini menyajikan aspek-aspek penting dari korosi pada infrastruktur industri, penyebabnya, dampaknya, pengendalian, perlindungan dan metode pencegahannya. Adapun di lingkungan pantai yang cenderung bersifat korosif dan pada suatu helikopter terdapat banyak bagian yang tersusun dari logam, sehingga pasti akan mengalami korosi. Termasuk bagian baling-baling dari helikopter yang merupakan bagian yang sangat penting yang menentukan terjadinya proses penerbangan. Dalam dunia industri khususnya dalam dunia material, korosi merupakan masalah utama. Dalam hal ini ditegaskan bahwa biaya proteksi korosi di Indonesia pada umumnya berkisar antara 2 hingga 3,5 gulungan PDB



(Growth National Product). Biaya anti korosi adalah semua biaya yang dikeluarkan untuk mencegah korosi mulai dari konstruksi hingga pemeliharaan. (Biro Klasifikasi Indonesia, 1997). Maka dapat dibayangkan besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk penanggulangan korosi baik di lingkungan umum maupun militer.

Korosi merupakan peristiwa penurunan kualitas atau kerusakan yang terjadi pada suatu logam akibat reaksi yang terjadi antara logam dan lingkungannya. Menurut beberapa ahli korosi menyebutkan bahwa korosi tidak hanya berlaku pada logam saja, melainkan istilah korosi berlaku juga untuk material non logam, seperti karet, keramik, dan plastik. Seperti contoh yang terjadi pada rusaknya cat karet akibat bahan kimia atau terpapar sinar matahari, lapisan tungku pembuatan baja yang mencair, dan serangan logam yang padat oleh logam cair (liquid metal corrosion). (AR Hakim, 2012).

Korosi dapat menimbulkan beberapa dampak baik berupa kerugian langsung maupun kerugian tidak langsung. Kerugian langsung adalah berupa terjadinya kerusakan pada permesinan, peralatan atau struktur bangunan. Sedangkan kerugian yang tidak langsung berupa terhentinya aktifitas produksi akibat penggantian material atau peralatan yang rusak akibat korosi. Bahkan kerugian tidak langsung dapat berupa terjadinya kecelakaan yang menimbulkan korban jiwa, seperti peristiwa runtuhnya jembatan akibat korosi retak tegang di West Virginia yang menyebabkan 46 orang meninggal dunia. Awal keruntuhan disebabkan karena adanya retakan kecil pada sistem penahan jembatan yang kemudian berkembang menjadi korosi internal dan lebih lanjut dinamakan korosi tegangan. Dasar-dasar Korosi: Korosi adalah degradasi sifat material karena interaksi dengan lingkungannya dan korosi sebagian besar logam tidak dapat dihindari sementara terutama terkait dengan bahan logam, semua jenis material rentan terhadap degradasi (Anthony et al., 2016).

Faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya korosi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu faktor internal atau yang berasal dari bahan itu sendiri dan faktor eksternal atau yang berasal dari lingkungan. Faktor dari bahan meliputi struktur bahan, teknik pencampuran bahan, kemurnian bahan, bentuk kristal dan sebagainya. Faktor dari lingkungan meliputi tingkat pencemaran udara, suhu, kelembaban, keberadaan zat-zat kimia yang bersifat korosif dan sebagainya.

LANDASAN TEORI

Almunium

Aluminium ditemukan sebagai unsur oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809 dan pertama kali direduksi menjadi logam oleh H.C. Oersted pada tahun 1825. Pada tahun 1886, Paul Herlot dari Perancis dan C.M. Hall Amerika Serikat secara independen memperoleh logam aluminium dari alumina dengan elektrolisis garam cair. Sampai saat ini, proses Elro Hall telah digunakan untuk memproduksi aluminium. Aluminium adalah elemen non-ferrous yang paling melimpah di bumi, logam ringan dengan sifat ringan, ketahanan korosi yang baik, konduktivitas listrik dan termal yang baik, dapat dengan mudah dibentuk dengan proses pencetakan atau pemésinan, memiliki sifat yang sangat baik selain sifat logam. Di alam, aluminium merupakan oksida yang stabil, sehingga tidak dapat direduksi seperti logam lainnya. Reduksi aluminium hanya dapat dilakukan dengan elektrolisis. Selain itu, penambahan Cu, Mg, dan Si sangat meningkatkan kekuatan mekanik. Mn, Zn, Ni, dll., secara sendiri-sendiri atau bersama-sama, juga memberikan sifat-sifat unggul lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, dan koefisien ekspansi yang rendah. Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok paduan aluminium sementara (lembaran) dan paduan aluminium karbon (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis 2,7 g/cm³, kepadatan 2,685 kg/m³ dan titik leleh 6600 °C. Aluminium memiliki rasio kekuatan-terhadap-berat yang lebih tinggi daripada baja. Ketahanan korosi aluminium diperoleh melalui pembentukan lapisan aluminium oksida dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat erat pada permukaan, stabil (tidak bereaksi dengan lingkungan) dan melindungi interior. Unsur paduan aluminium adalah:

- a. Copper (Cu),
- b. Zink atau Seng (Zn),
- c. Mangan (Mn),
- d. Magnesium (Mg),
- e. Silikon (Si),
- f. Lithium (Li)

Sifat-sifat Almunium

Aluminium adalah logam ringan dan sangat penting dalam kehidupan manusia. Aluminium adalah unsur kimia dalam Golongan IIIA Tabel Periodik Unsur dengan nomor atom 13 dan berat atom 26,98 gram per mol (sma). Struktur kristal aluminium adalah struktur kristal FCC, sehingga aluminium tetap ulet bahkan pada



suhu yang sangat rendah. Selain sifat-sifat ini, aluminium memiliki sifat yang sangat baik, dan ketika digabungkan dengan logam lain, ia memperoleh sifat yang tidak dimiliki logam lain. Sifat-sifat aluminium adalah:

Ringan, tahan korosi, panas yang baik dan konduktor listrik. Ketahanan korosi aluminium dicapai dengan membentuk lapisan aluminium oksida pada permukaan aluminium. Perlu dicatat bahwa aluminium adalah logam yang paling melimpah di kerak bumi. Aluminium hadir di kerak bumi, terhitung sekitar 8,07% hingga 8,23% dari total massa padat kerak bumi, dengan produksi global sekitar 30 juta ton per tahun dalam bentuk bauksit dan batuan lainnya. Aluminium kini banyak digunakan dalam banyak aplikasi industri seperti industri otomotif, rumah tangga, dan kelistrikan karena beberapa sifat dari aluminium itu sendiri.

- a. Ringan (light in weight)
- b. Mudah dalam pembentukannya (easy fabrication)
- c. Tahan terhadap korosi (corrosion resistance)
- d. Konduktifitas panas tinggi (high thermal conductivity)
- e. Konduktifitas listrik tinggi (high electrical conductivity)
- f. Tangguh pada temperatur rendah (high toughness at cryogenic temperature)
- g. Tidak beracun (non toxic)
- h. Mudah didaur ulang (recyclability)

Tabel 2. 1 Sifat-sifat Fisik Aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian	
	99,996	>99,0
Massa Jenis (20°C)	26,989	2,71
Titik Cair	660,2	653-657
Panas Jenis (cal/(g·°C))(100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur (°C)	0,00429	0,0115
Koefisien Pemuai (20-100 °C)	23,86 x 10-5	23,5 x 10-5
Jenis Kristal, konstanta kisi	FCC, a = 4,013 Å FCC, a = 4,04 Å	

(Sumber: Surdia, T., Saito, S.: Pengetahuan Bahan Teknik, 135)

Tabel 2. 2 Sifat-sifat Mekanik Aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75 % dirol digin	Dianil	H18
Kekuatan Tarik	4.9	11.6	9.3	16.9
Kekuatan mulur	1.3	11	3.5	14.8
Perpanjangan	48.8	5.5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

Lingkungan Pantai

Secara umum, pantai adalah formasi geografis yang terdiri dari pasir dan terletak di wilayah pesisir laut. Untuk memahami morfologi pantai, ada dua istilah yang biasa digunakan untuk membedakan bagian-bagian daratan pantai, yang dalam bahasa Inggris dikenal sebagai shore dan coast. Lingkungan pesisir adalah segala sesuatu yang terdapat di sekitar pantai yang secara langsung atau tidak langsung mempengaruhi perkembangan kehidupan di sana. Komponen pembentuk lingkungan pesisir dapat dibedakan menjadi dua yaitu biotik dan abiotik. Komponen abiotik atau abiotik adalah komponen fisik dan kimia yang merupakan media atau substrat di mana kehidupan terjadi, atau lingkungan di mana kehidupan terjadi, seperti suhu, air, pasir, garam, dan sinar matahari. Biotik adalah istilah yang biasa digunakan untuk menyebut makhluk hidup (organisme). Komponen biotik adalah komponen yang membentuk suatu ekosistem selain komponen tak hidup (tak hidup). Contoh komponen abiotik di lingkungan pesisir adalah manusia, pohon kelapa, kepiting, dll.

Quenching

Quenching adalah proses perlakuan panas di mana baja didinginkan relatif cepat dari suhu austenisasinya (biasanya dalam kisaran suhu 815°C hingga 870°C). Keberhasilan proses quenching tergantung pada media quenching yang digunakan. Pengerasan logam, ketebalan dan bentuk sampel yang akan diquenching merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan media quenching. Mirip dengan struktur yang diinginkan yang dihasilkan dari proses pengerasan. Media cair dan gas sering digunakan sebagai media pendinginan. Media quenching cair adalah minyak, air, larutan polimer (larutan polimer Aquas) dan air garam. Media pendinginan gas adalah helium, argon dan nitrogen. Tujuan dari proses pengerasan yang umum pada baja (baja karbon, baja paduan



rendah, baja perkakas) adalah proses pengerasan yang terdiri dari pembuatan struktur martensit pada baja. Proses curing yang baik adalah proses yang memberikan tingkat kekerasan, kekuatan dan ketangguhan yang tinggi, serta meminimalkan tegangan sisa, kelengkungan, dan retak. Untuk baja tahan karat dan baja paduan tinggi, tujuan proses quenching adalah untuk meminimalkan keberadaan batas butir karbida atau meningkatkan distribusi ferit.

Komposit

Dengan menggabungkan dua atau lebih jenis bahan secara makroskopis, menjadi bahan baru dengan sifat unik dibandingkan dengan sifat bahan dasar sebelum pencampuran, dan terjadi ikatan untuk setiap bahan penyusunnya. Bagian komposit:

- Matriks
- Filler
- Metal Matrik Komposit (MMC)
- Ceramic Matrik Komposit (CMC)
- Polimer Matrik Komposit (PMC)

Bahan komposit yang menggunakan polimer sebagai matriks atau resin. Jenis komposit inilah yang paling sering kita jumpai saat ini, dan penggunaannya mulai dari pembuatan berbagai jenis plastik seperti termoset dan termoplastik hingga bahan dasar serat seperti nilon. telah berkembang menjadi manufaktur.

Komposit matriks aluminium (AMC) memiliki potensi besar karena kombinasi sifat-sifatnya yang sangat baik seperti kekuatan tinggi, kepadatan rendah, daya tahan yang sangat baik, machinability, ketersediaan bahan baku yang melimpah dan harga yang kompetitif. Bahan tersembunyi dengan bahan lain. AMC banyak digunakan di bidang otomotif sebagai poros penggerak dan komponen piston, di bidang penerbangan sebagai baling-baling helikopter, dan di bidang pertahanan sebagai sepatu rantai untuk tank. (Froyen, L. & B. buta. "Komposit Matriks Aluminium". Kuliah TALAT Universitas Leuven, Belgia. 1994). Selain aluminium yang berperan sebagai matriks, unsur atau senyawa utama dalam AMC adalah penguat. Sifat-sifat AMC sangat bergantung pada jenis tulangan dan fraksi volumenya. Penguatan yang banyak digunakan dalam AMC biasanya adalah elemen non-logam, terutama keramik seperti SiC dan Al₂O₃.

Jenis-jenis AMC:

- Particle reinforced AMC (PAMC).
- Short fibre reinforced AMC (SFAMC).
- Continuous fibre reinforced AMC (CFAMC).
- Mono filament reinforced AMC (MFAMC).

Korosi adalah kerusakan atau kemunduran logam melalui reaksi redoks antara logam dan berbagai zat di lingkungan, menghasilkan senyawa kimia yang tidak diinginkan. Bahasa sehari-hari, korosi disebut karat. Contoh korosi yang paling umum adalah karat besi. (Budi Utomo, 2009). Dalam korosi, logam teroksidasi sementara oksigen (udara) berkurang. Karat logam umumnya dalam bentuk oksida atau karbonat. Faktor penyebab terjadinya korosi antara lain: Konsentrasi air dan oksigen, pH, keberadaan elektrolit, suhu, sambungan galvanik

Jenis jenis korosi.

- Uniform attack (seragam)
- Pitting corrosion (sumur)
- Errosion Corrosion (erosi)
- Galvanis corrosion (galvanis)
- Stress corrosion (tegangan)
- Crevice corrosion (celah)
- Korosi mikrobiologi.

Uji Kekerasan

Kekerasan merupakan salah satu sifat mekanik material. Khusus untuk material yang mengalami gaya gesek dan deformasi plastis selama penggunaan, perlu diketahui kekerasan material tersebut. Deformasi plastis sendiri adalah keadaan suatu material ketika diberikan gaya padanya, artinya struktur mikro material tersebut tidak kembali ke bentuk semula, yaitu material tidak kembali ke bentuk semula. Sederhananya, kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan tekanan. Pengujian kekerasan merupakan pengujian yang paling efektif untuk pengujian kekerasan bahan karena mudah untuk menemukan gambaran sifat mekanik bahan. Nilai kekerasan cukup berarti untuk mewakili kekuatan suatu material, bahkan ketika diukur di lokasi tertentu atau hanya di lokasi tertentu. Bahan dapat dengan mudah diklasifikasikan sebagai ulet atau rapuh dengan melakukan uji kekerasan. Dalam dunia engineering, ia umumnya memiliki empat jenis metode pengujian kekerasan yang digunakan dalam pengujian kekerasan.

- Brinell (HB/BHN)
- Rockwell (HR/RHN)
- Vickers (HV/VHN)
- Micro Harness (knop hardness)

Laju Korosi

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan

terhadap waktu. Menghitung laju korosi pada umumnya menggunakan 2 cara yaitu:

i. Metode kehilangan berat

Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi. Untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi digunakan rumus sebagai berikut:

$$mpy = \frac{534w}{DAT}$$

Dimana:

- Mpy = mils per year (seper seribu inci per tahun)
- W = weight loss (mg)
- D = Density of specimen (g/cm³)
- A = Area of specimen (m²)
- T = Exposure time (hour)

Metode ini adalah mengukur kembali berat awal dari benda uji (objek yang ingin diketahui laju korosi yang terjadi padanya), kekurangan berat dari pada berat awal merupakan nilai kehilangan berat.

ii. Metode Elektrokimia

Metode elektrokimia adalah metode mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial objek hingga didapat laju korosi yang terjadi. Kelemahan metode ini adalah tidak dapat menggambarkan secara pasti laju korosi yang terjadi secara akurat karena hanya dapat mengukur laju korosi hanya pada waktu tertentu saja. Kelebihan metode ini adalah kita langsung dapat mengetahui laju korosi pada saat di ukur, hingga waktu pengukuran tidak memakan waktu yang lama. Metode elektrokimia ini menggunakan rumus yang didasari pada Hukum Faraday yaitu menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Corrothion\ penetrate\ rate = k \frac{ai}{nD}$$

Dimana:

- a = Atomic weight
- i = Current density (µa/cm³)
- n = Jumlah electron yang hilang
- D = Density of specimen (m²)

iii. Metode Sel Tiga Elektroda

Sel tiga elektroda adalah perangkat laboratorium baku yang digunakan untuk uji korosi yang terdiri dari konfigurasi beberapa komponen. Komponen sel tiga elektroda adalah sebagai berikut:

- 1) Elektroda kerja (working electrode) sebagai benda uji (anoda) yang dicelupkan pada fluida kerja. Ini sebutan yang diberikan kepada elektroda yang diteliti.
- 2) Elektroda bantu (auxiliary electrode) yang digunakan untuk membantu memberikan potensial pada elektroda kerja dan mengangkut arus listrik yang timbul akibat reaksi korosi.
- 3) Elektroda acuan disebut juga elektroda pembanding untuk acua potensial yang diberikan pada elektroda kerja serta potensial yang diberikan pada elektroda kerja. Arus yang mengalir melalui elektroda ini harus sekecil-kecilnya sehinggal dapat diabaikan.

Rumus yang digunakan:

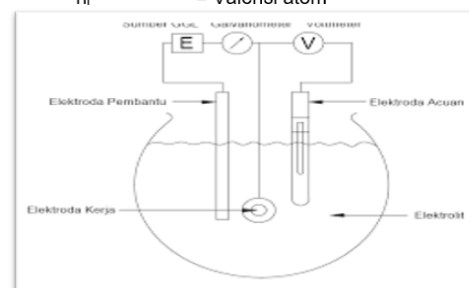
$$CR(mpy) = 0,129 \times \frac{E_w \times I_{corr}}{\rho}$$

$$E_w = \frac{1}{N_{Eq}}$$

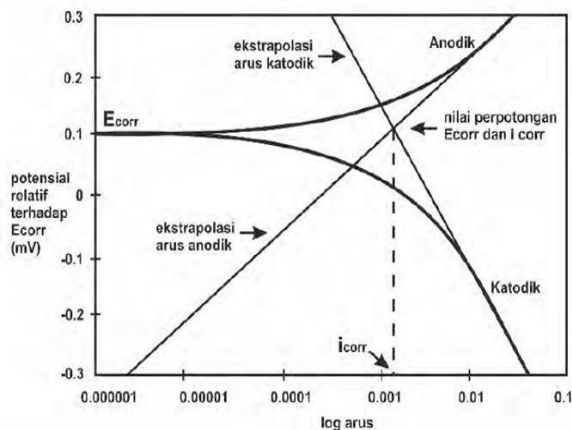
$$N_{Eq} = \sum \frac{W_i}{a_i n_i}$$

Dimana:

- CR (mpy) = Corrosion Rate dalam Mils per Year
- I_{corr} = Densitas arus dalam µA
- N_{eq} = Nilai equivalen
- W_i = Fraksi berat
- a_i = Massa atom
- n_i = Valensi atom



Gambar 2. 17 Alat Ukur Laju Korosi Sel 3 Elektroda



METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian dan Alat Pendukung.
Alat dan Bahan yang Digunakan.
Pengujian spesimen.

1. Mesin Vickers Hardness Tester
2. Sel 3 Elektroda (Korosi)
3. Alat Spektrometer
4. Jangka Sorong
5. Tisu
6. Autosol
7. Amplas
8. Neraca Digital
9. Kain
10. Air laut dari Pantai Maron Semarang
11. Alkohol 95% dan HNO₃ 5%

Pembuatan Spesimen.

1. Jangka Sorong
2. Gergaji besi
3. Amplas

Bahan yang digunakan: Baling-baling Helikopter Hughes-300C. Tempat dan Waktu Penelitian. Lokasi pengambilan data dan keterangan diambil di laboratorium Mesin Akademi Militer Magelang dan laboratorium Bahan Teknik UGM; dan Waktu yang digunakan adalah selama 1 bulan.

Prosedur Penelitian.

Penelitian menggunakan alat pengukur laju korosi yaitu Sel 3 Elektroda dengan cairan air laut dari Pantai Maron Semarang sebagai media korosi. Setiap spesimen akan diuji komposisi, dihitung laju korosi dan diuji kekerasannya. Pembuatan Spesimen:

Pembuatan spesimen untuk uji ini dilakukan dengan mengambil bagian dari baling-baling Helikopter Hughes 300C kemudian dibentuk dengan ukuran tabung. Pengujian komposisi: Uji komposisi dilaksanakan di Laboratorium Bahan Teknik UGM dengan menggunakan alat Spektrometer.



Persiapan Alat dan Media untuk Pengujian Korosi. Alat yang digunakan untuk pengujian korosi adalah sel tiga elektroda, komponen sel tiga elektroda yang baku terdiri dari elektroda kerja (spesimen uji), elektroda pembantu (batang karbon), elektroda acuan (dummy), larutan elektrolit (pengkorosif), sumber potensial, alat pengukur potensial dan alat pengukur arus. Larutan yang digunakan dalam pengujian ini adalah cairan air laut yang diambil dari Pantai Maron Semarang.

Melakukan percobaan korosi.

Dalam melakukan pengujian ini digunakan setup sel tiga elektroda dengan bantuan software VersaStudio versi 1.8 miliknya yang dilakukan di Laboratorium Material Teknik UGM. Pengamatan hasil uji korosi ini berupa grafik arus vs potensial yang dapat diekstrapolasikan untuk mendapatkan laju korosi (i_{corr}) untuk setiap sampel. Berdasarkan hasil i_{corr} yang diperoleh, hitung laju korosi menggunakan persamaan Faraday sebagai berikut:



$$cpr = \frac{k.a.i}{n.D}$$

Dimana :

- cpr = *corrosion penetrate rate*
- k = Konstanta (0,00327 untuk mmpy)
- a = Berat atom logam terkorosi (gram)
- i = Kerapatan arus ($\mu A/cm^2$)
- D = Densitas logam terkorosi (gram/cm³)
- n = Jumlah elektron valensi logam terkorosi

Pengujian kekerasan Vickers menggunakan indenter piramida berlian yang pada dasarnya linier. Sudut antara sisi muka piramida adalah 136°. Nilai ini dipilih karena paling mendekati rasio yang diinginkan antara diameter dimple dan diameter bola impak pada uji kekerasan (Ummah et al., 2016). Kekerasan Vickers didefinisikan sebagai tegangan dibagi dengan luas permukaan lekukan. Dalam praktiknya, area ini dihitung dari pengukuran mikroskopis panjang lintasan diagonal. VHN dapat ditentukan dari rumus:

$$VHN = \frac{2P \sin(\theta / 2)}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2}$$

(Sumber: Dieter dan Sriati Djaprie, 1996)

Dimana :

- P = beban yang digunakan (kg)
- d = panjang diagonal rata-rata (mm)
- θ = sudut antara permukaan intan yang berhadapan (136°)

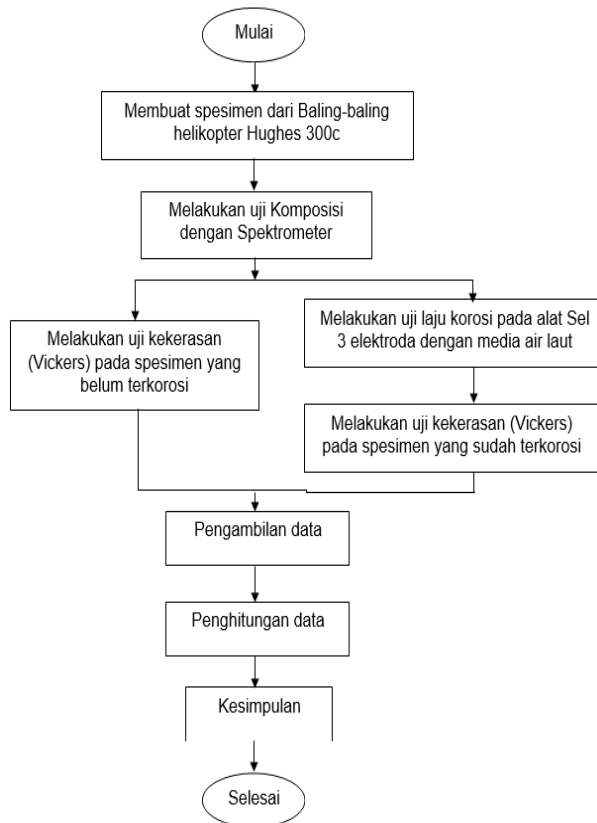
Prosedur kerja Vickers hardness tester adalah sebagai berikut:

- 1) Persiapan permukaan kerja:
 - a) Ratakan permukaan kedua benda kerja dengan kikir dan amplas kasar agar kedua permukaan sejajar.
 - b) Ratakan permukaan benda kerja dengan amplas.
- 2) Pasang alat uji kekerasan Vickers pada alat uji kekerasan universal.
 - a) Pasang pendulum 60 kg (588 N).
 - b) Pasang indenter piramida intan 1360 derajat.
 - c) Memasang benda kerja pada landasan

- d) pegangannya naik; 3) Putar dial searah jarum jam agar indenter bersentuhan dengan benda kerja hingga penunjuk besar pada timbangan berputar 2,5 putaran dan jarum kecil menunjuk ke angka 3. Jika dirasa berat, jangan ditarik paksa, tetapi dipelintir lagi dan lagi.
- 4) Perlahan lepaskan pegangan ke depan. Pindahkan pegangan ke bawah alih-alih mendorongnya ke bawah. Saat pegangan jatuh, penunjuk dengan skala besar bergerak. Tunggu sampai jarum dengan skala besar berhenti secara alami.
- 5) Tunggu 30 detik setelah tangan berhenti, lalu perlahan angkat pegangan hingga maksimal.
- 6) Keluarkan benda kerja dengan memutar cakram berlawanan arah jarum jam.
- 7) Ukur panjang diagonal lekukan dengan kaca pembesar berskala.
- 8) Dia mengulang tes sebanyak tiga kali di tiga tempat yang berbeda.
- 9) Hitung kekerasan masing-masing titik menggunakan persamaan (6) dan ambil rata-ratanya.

Diagram Alir Penelitian.

Tahapan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada diagram di bawah ini:



Pb	0,0042
Sb	0,0000
Sn	0,0055
Al	92,220

(Sumber: Laboratorium Bahan Teknik UGM)

Dari data di atas dapat diperoleh bahwa spesimen yang digunakan yaitu Baling-baling Hughes 300C memiliki struktur komposisi dengan unsur terbesar yaitu Aluminium/Al (92,220%), Tembaga/Cu (5,2382), dan Magnesium/Mg (1,3179).

Perhitungan Laju Korosi.
Pengujian laju korosi.

Pengujian dilaksanakan menggunakan alat Sel 3 Elektroda yang dihubungkan dengan Software VersaStudio untuk memperoleh Icorr (Corrosion rate) dari proses korosi spesimen terhadap media korosi (cairan air laut). Dari percobaan tersebut diperoleh hasil sebagai berikut :

1)Pengujian sampel 1.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

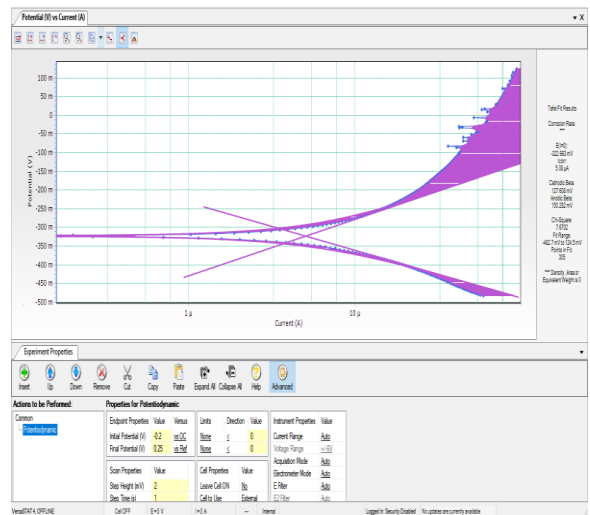
Data yang diambil pada tugas akhir ini adalah data yang digunakan untuk membandingkan kekuatan antara spesimen yang tidak diberikan perlakuan dengan spesimen yang sudah terkorosi di daerah pantai. Data yang didapat berupa: uji komposisi, perhitungan laju korosi, dan uji kekerasan (Vickers).

Pengujian Komposisi.

Pengujian komposisi sampel menggunakan analisa Spectrometer dengan program FELAST diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi Sampel Baling-Baling Hughes 300C

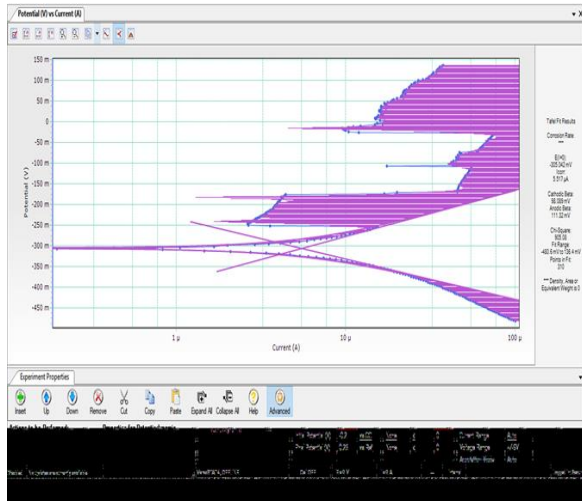
Unsur	%
Si	0,1621
Fe	0,3472
Cu	5,2382
Mn	0,5608
Mg	1,3179
Cr	0,0176
Ni	0,0091
Zn	0,0942
Ti	0,0201
Ca	0,0000
P	0,0003



Gambar 4.1 Grafik I corr Sampel 1

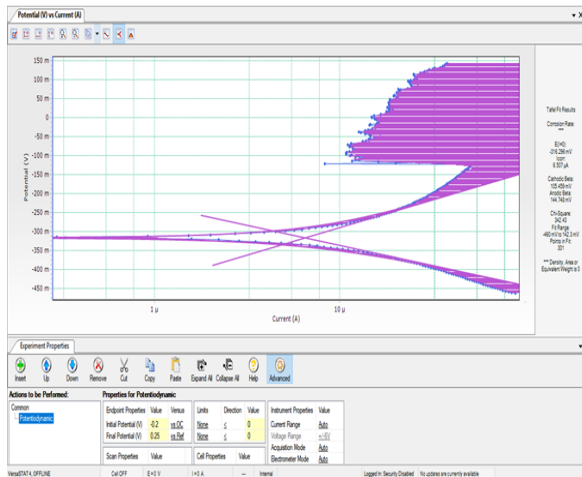
Dari gambar 4.1 dapat diperoleh bahwa hasil uji Sel 3 elektroda dengan media korosi air laut pada Sampel 1 adalah Corrosion Rate/Icorr sebesar 5,08 µA.

2) Pengujian sampel 2.



Dari gambar 4.2 dapat diperoleh bahwa hasil uji Sel 3 elektroda dengan media korosi air laut pada Sampel 1 adalah Corrosion Rate/I_{corr} sebesar 5,517 μA.

3) Pengujian sampel 3.



Gambar 4.3 Grafik I_{corr} Sampel 3

Dari gambar 4.3 dapat diperoleh bahwa hasil uji Sel 3 elektroda dengan media korosi air laut pada Sampel 1 adalah Corrosion Rate/I_{corr} sebesar 6,507 μA.

Penghitungan laju korosi.

Rumus yang digunakan untuk menghitung adalah: Berdasarkan perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa laju korosi dari spesimen pada sampel 1 adalah 2,30604 mpy.

Perhitungan Sampel 2.

Berdasarkan perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa laju korosi dari spesimen pada sampel 2 adalah 2,50442 mpy.

Perhitungan Sampel 3.

Berdasarkan perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa laju korosi dari spesimen pada sampel 1 adalah 2,95382 mpy. Dari ketiga sampel dapat dihitung bahwa rerata laju korosi dari spesimen Baling-baling helikopter Hughes 300c adalah 2,58809 mpy.

Tabel 4.2 Klasifikasi Ketahanan Korosi Relatif

Relative Corrosion Resistance	Mpy	mm/yr	μm/yr	Nm/h	Pm/s
Outstanding	<1	<0.02	<25	<2	<1
Excellent	1 - 5	0.02 - 0.1	25 - 100	02 - 10	1 - 5
Good	1 - 5	0.1 - 0.5	100 - 500	10 - 50	20 - 50
Fair	20 - 50	0.5 - 1	500 - 1000	50 - 150	20 - 50
Poor	50 - 200	01 - 5	1000 - 5000	150 - 500	50 - 200
Unacceptable	200+	5+	5000+	500+	200+

Berdasarkan tabel klasifikasi tingkat laju korosi di atas, laju korosi tersebut termasuk dalam kategori excellent, yaitu spesimen masih memiliki ketahanan yang baik sekali terhadap terjadinya korosi.

Pengujian Vickers (Kekerasan Bahan).

a. Hasil pengujian.

Data pengujian Vickers, diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data Kekerasan Sebelum Terkorosi

NO	BAHAN	UJI KE-	D ₁ (MM)	D ₂ (MM)	D _{RATA-RATA} (MM)	D _{DATA-RATA} ² (MM ²)	P (KGF)	VHN (KGF/MM ²)	RERATA VHN
1.	Sampel 1	1	33 x 10 ⁻³	36 x 10 ⁻³	34,5 x 10 ⁻³	1190,25 x 10 ⁻⁶	0,1	155,01	138,67
2.		2	37,5 x 10 ⁻³	38 x 10 ⁻³	37,7 x 10 ⁻³	1421,29 x 10 ⁻⁶	0,1	129,81	
3.	Sampel 2	3	37 x 10 ⁻³	38 x 10 ⁻³	37,5 x 10 ⁻³	1406,25 x 10 ⁻⁶	0,1	131,20	133,10
4.		1	38 x 10 ⁻³	36 x 10 ⁻³	37 x 10 ⁻³	1369 x 10 ⁻⁶	0,1	134,77	
5.	Sampel 3	2	37 x 10 ⁻³	37,5 x 10 ⁻³	37,2 x 10 ⁻³	1383,84 x 10 ⁻⁶	0,1	133,32	114,60
6.		3	38 x 10 ⁻³	37 x 10 ⁻³	37,5 x 10 ⁻³	1406,25 x 10 ⁻⁶	0,1	131,20	
7.	Sampel 3	1	40,5 x 10 ⁻³	41 x 10 ⁻³	40,7 x 10 ⁻³	1656,49 x 10 ⁻⁶	0,1	111,38	114,60
8.		2	40 x 10 ⁻³	39 x 10 ⁻³	39,5 x 10 ⁻³	1560,25 x 10 ⁻⁶	0,1	118,25	
9.	Sampel 3	3	40 x 10 ⁻³	40,5 x 10 ⁻³	40,2 x 10 ⁻³	1616,04 x 10 ⁻⁶	0,1	114,17	114,60

Berdasarkan tabel 4.3 di atas nilai kekerasan (VHN) dari spesimen yang sebelum terkorosi adalah 138,67 kgf/mm², 133,10 kgf/mm², dan 114,60 kgf/mm².

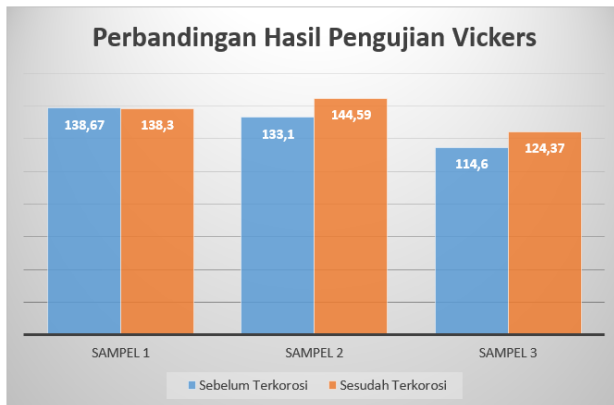
Tabel 4.4 Data Kekerasan Sesudah Terkorosi

No	Bahan	Uji ke-	d_1 (mm)	d_2 (mm)	$d_{0,025-0,250}$ (mm)	$d_{0,250-0,750}$ (mm ²)	P (kgf)	VHN (kgf/mm ²)	Rerata VHN
1.	Sampel 1	1	36×10^{-3}	36×10^{-3}	36×10^{-3}	1296×10^{-6}	0,1	142,36	138,30
2.		2	$34,5 \times 10^{-3}$	37×10^{-3}	$35,7 \times 10^{-3}$	$1274,49 \times 10^{-6}$	0,1	144,76	
3.		3	38×10^{-3}	38×10^{-3}	38×10^{-3}	$1444,00 \times 10^{-6}$	0,1	127,77	
4.	Sampel 2	1	36×10^{-3}	$36,5 \times 10^{-3}$	$36,2 \times 10^{-3}$	$1310,44 \times 10^{-6}$	0,1	140,79	144,59
5.		2	36×10^{-3}	36×10^{-3}	36×10^{-3}	$1296,00 \times 10^{-6}$	0,1	142,36	
6.		3	35×10^{-3}	35×10^{-3}	35×10^{-3}	$1225,00 \times 10^{-6}$	0,1	150,61	
7.	Sampel 3	1	40×10^{-3}	40×10^{-3}	40×10^{-3}	1600×10^{-6}	0,1	115,31	124,37
8.		2	$38,5 \times 10^{-3}$	$38,5 \times 10^{-3}$	$38,5 \times 10^{-3}$	$1482,25 \times 10^{-6}$	0,1	124,47	
9.		3	37×10^{-3}	$37,5 \times 10^{-3}$	$37,2 \times 10^{-3}$	$1383,84 \times 10^{-6}$	0,1	133,32	

Berdasarkan tabel 4 di atas nilai kekerasan (VHN) dari spesimen yang sebelum terkorosi adalah 138,30 kgf/mm², 144,59 kgf/mm², dan 124,37 kgf/mm².

Perbandingan Hasil Pengujian Vickers

Dari hasil penghitungan uji kekerasan vickers, diperoleh data perbandingan antara spesimen yang sebelum dan sesudah mengalami korosi.



Gambar 4.10 Grafik perbandingan VHN sebelum dan sesudah terkorosi

Berdasarkan hasil di atas diperoleh bahwa Baling-baling Hughes 300C yang sesudah terkorosi memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi (rerata VHN 135,75kgf/mm²) dibandingkan dengan yang sebelum terkorosi (rerata VHN 128,79 kgf/mm²). Hasil ini menunjukkan bahwa baling-baling yang sesudah terkorosi akan lebih rigid, dimana adanya pergeseran nilai standar kekerasan pada baling-baling tersebut. Baling-baling yang getas akan lebih mudah mengalami patah pada saat mengenai benturan keras di udara dibandingkan dengan baling-baling yang nilai getasnya rendah dikarenakan gerakan flap

pada baling-baling saat perubahan sudut blade dan dorongan dari angin saat terbang.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian, pengujian dan analisis yang telah dilakukan menghasilkan data pengamatan dan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil pengujian komposisi dengan menggunakan alat Spectrometer menunjukkan bahwa spesimen yang digunakan yaitu Baling-baling Helikopter Hughes 300C memiliki struktur dengan komposisi utama Aluminium/Al (92,220%), Tembaga/Cu (5,2382%), dan Magnesium/Mg (1,3179%).
- Hasil perhitungan laju korosi dengan menggunakan alat Sel 3 Elektroda dan air laut Pantai Maron Semarang sebagai media korosi, spesimen yang mengalami korosi memiliki laju korosi sebesar 2,30604 mpy pada sampel 1, 2,50442 mpy pada sampel 2, dan 2,95382 mpy pada sampel 3 (rerata 2,58809 mpy). Berdasarkan nilai laju korosi tersebut, korosi yang terjadi pada baling-baling helikopter Hughes 300c memiliki kategori excellent yang berarti baling-baling helikopter Hughes 300c memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi.
- Dari pengujian kekerasan Vickers diperoleh hasil VHN (Vickers Hardness Number) yaitu sebesar 128,79 kgf/mm² untuk yang belum terkorosi dan 135,75 kgf/mm² untuk spesimen yang sudah terkorosi. Hal tersebut menunjukkan adanya peningkatan nilai kekerasan pada baling-baling hughes 300c sebesar 6,96 kgf/mm² atau 5,4%. Dari data tersebut menunjukkan bahwa baling-baling yang terkorosi memiliki nilai getas lebih tinggi, sehingga memiliki kemungkinan patah lebih besar saat mengenai benturan keras di udara oleh angin pada saat gerakan flap pada baling-baling.

SARAN

Berdasarkan hasil dari penelitian, penulis memberikan saran kepada institusi terkait yaitu satuan penerbad yang memiliki alutsista berupa helikopter sebagai berikut:

- Pada saat setelah melaksanakan penerbangan di sekitaran lingkungan pantai dan laut, pesawat atau helikopter yang terkena uap air laut akan dapat terjadi proses korosi khususnya pada bagian baling-baling dan bagian bagian lain pada helikopter sehingga perlu dilaksanakannya pembersihan pada helikopter secara rutin.



- b. Pada saat melaksanakan pembersihan, perlu diperhatikan mengenai air yang digunakan untuk membersihkan bagian-bagian dari helikopter tersebut dikarenakan air yang berada di lingkungan sekitaran pantai memiliki kadar garam pada jumlah tertentu yang dapat menimbulkan korosi pada logam, khususnya bagian-bagian pada helikopter. Sehingga perlu dipastikan tuntut menggunakan air bersih yang memiliki kadar garam 0%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anthony, U., Ikenna, M., Ufuma, O. B., & Ezemu, D. T. (2016). Corrosion Rates and its Impact on Mild Steel in Some Selected Environments. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 3(1), 34–43. <http://jsaer.com/download/vol-3-iss-1-2016/JSAER2016-03-01-34-43.pdf>
- Incorp, C. (2013). *Corrosion Technology Corrosion in Natural Environments*. The Australasian Corrosion Association.
- Schindelholz, E., Risteen, B. E., & Kelly, R. G. (2014). Effect of Relative Humidity on Corrosion of Steel under Sea Salt Aerosol Proxies. *Journal of The Electrochemical Society*, 161(10), C450–C459. <https://doi.org/10.1149/2.0221410jes>
- Sereda, P. (1974). Weather factors affecting corrosion of metals. *NRC Publications Record*, 1–15.
- Ummah, K., Muslim, A. A., & Sukmana, I. (2016). *Atmospheric Corrosion of Galvanized Low-Carbon Steel at Rural , City , and Industrial area in Bandar Lampung*. 9(1), 109–113.
- Valdez, B., & Schorr, M. (2012). Environmental and Industrial Corrosion - Practical and Theoretical Aspects. In *Environmental and Industrial Corrosion - Practical and Theoretical Aspects*. InTech. <https://doi.org/10.5772/45617>