
KARAKTERISTIK KOROSI ALUMINIUM DAN BAJA TAHAN KARAT

Rochim Suratman

Jurusan Teknik Mesin ITB, Kelompok Produksi dan Pengetahuan Bahan

ABSTRAK

KARAKTERISTIK KOROSI ALUMINIUM DAN BAJA TAHAN KARAT. Peristiwa korosi pada logam dan paduan seringkali merupakan peristiwa yang perlu mendapat perhatian yang serius, karena peristiwa ini berkaitan dengan umur pakai sesuatu bahan. Bahkan dalam hal tertentu, proses korosi yang tidak terawasi dan tidak terkendali, bisa mengakibatkan kecelakaan pada suatu instalasi. Makalah ini membahas peristiwa korosi pada logam, antara lain kondisi yang berpengaruh pada korosi serta kemungkinan jenis korosi yang terjadi terutama jenis korosi yang terjadi pada aluminium dan baja tahan karat.

Kata kunci : korosi, aluminium, baja tahan karat

ABSTRACT.

CORROSION CHARACTERISTICS OF ALUMINUM AND STAINLESS STEEL. Corrosion phenomena on metals and alloys often need serious treatment, because such phenomena affect to the lifetime of the materials. Even in certain cases, unsupervised and uncontrolled corrosion processes may result in an installation accident. This study investigates corrosion phenomena on metals, among others are conditions which affect corrosion and its kinds occurring on aluminum and stainless steel.

Key words : corrosion, aluminum, stainless steel

I. PENDAHULUAN

Korosi merupakan suatu proses perusakan logam oleh suatu reaksi kimia atau elektrokimia sebagai akibat interaksi antara logam dengan lingkungannya. Banyak upaya dilakukan untuk mengatasi proses perusakan tersebut namun proses korosi tidak dapat diatasi secara menyeluruh. Masalah korosi memang sangat sukar untuk ditanggulangi secara tuntas, akan tetapi karena masalah korosi mengikuti hukum (kaidah) tertentu, maka proses korosi dapat diusahakan untuk dikendalikan. Usaha pengendalian korosi ditujukan agar proses korosi berlangsung lambat sehingga kerugian korosi per satuan waktu dapat diperkecil. Hal tersebut hanya dapat dicapai apabila dilakukan pengkajian yang seksama terhadap variabel-variabel yang mempengaruhi proses korosi.

Dalam praktek, upaya pengendalian korosi merupakan bagian dari pelaksanaan perawatan/pemeliharaan terhadap peralatan-peralatan. Kecermatan di dalam menerapkan teknik perawatan/pemeliharaan sangat berpengaruh terhadap *performance* dan umur peralatan tersebut. Dengan demikian, para teknisi yang terlibat dalam upaya pengendalian korosi harus memahami secara tepat karakteristik material dari peralatan, kondisi operasi peralatan dan jenis lingkungan di mana peralatan tersebut beroperasi agar tingkat kegagalan (*failure*) dapat diminimalkan.

Dalam makalah ini akan dibahas tentang karakteristik korosi logam aluminium dan paduannya serta karakteristik baja tahan karat yang masing-masing diekspos ke lingkungan yang spesifik.

2. KARAKTERISTIK KOROSI LOGAM ALUMINIUM

Seperti ditunjukkan dalam deret Volta, di antara logam-logam struktural, aluminium merupakan logam yang reaktif. Ketahanan korosi yang sangat baik yang

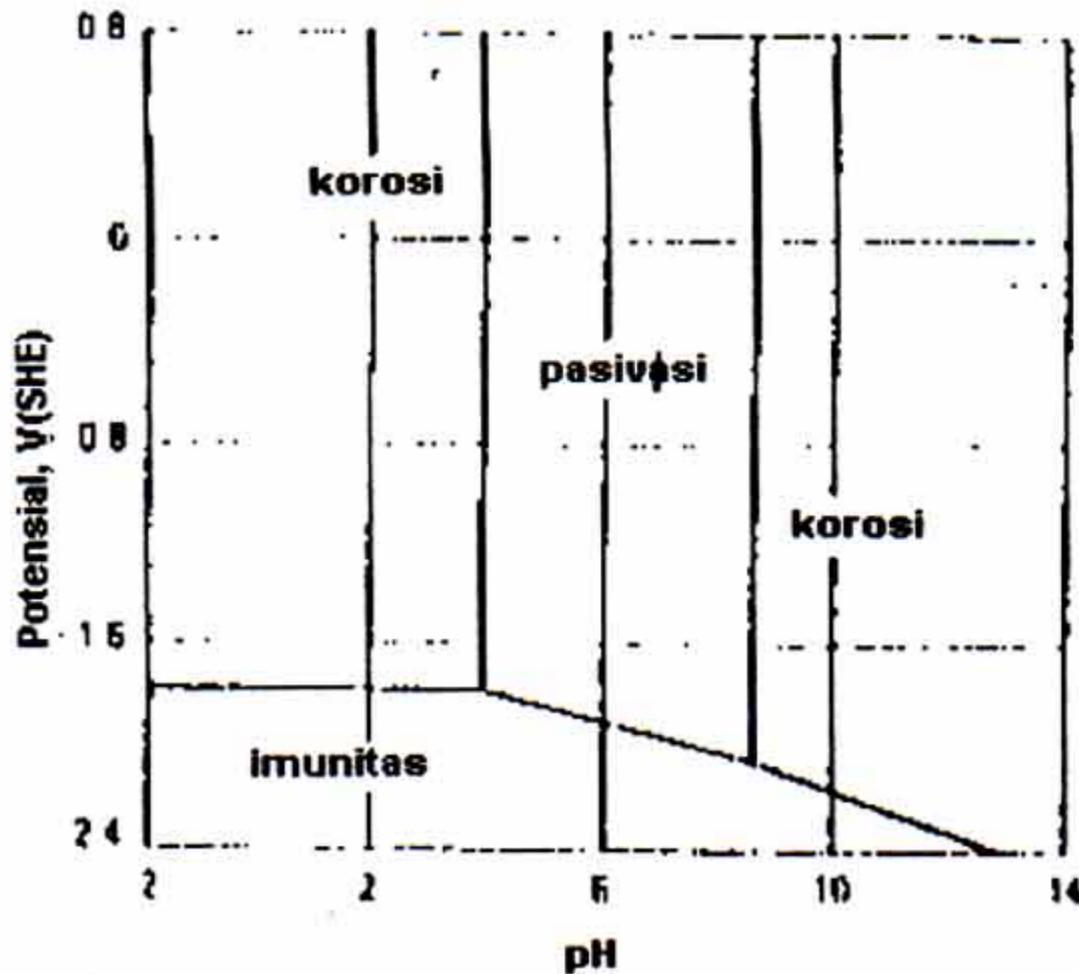
dimiliki oleh aluminium disebabkan oleh adanya lapisan oksida yang tipis yang menempel sangat kuat di permukaannya. Pada berbagai lingkungan, jika lapisan ini rusak misalnya karena tergores, maka dengan seketika lapisan tersebut dapat diperbaiki kembali. Meskipun lapisan ini sangat tipis (1 nm atau 10 \AA), namun lapisan ini sangat efektif dalam melindungi aluminium dari proses korosi. Pada karakteristik lingkungan tertentu, tebal lapisan oksida dapat lebih tebal dari 1 nm.

Lapisan tersebut lazimnya terdiri dari dua bagian. Lapisan oksida bagian dalam yang bersentuhan dengan permukaan logam merupakan suatu lapisan yang kompak dan amorf, ketebalannya hanya dipengaruhi oleh temperatur lingkungan. Pada suatu temperatur tertentu, dalam lingkungan oksigen, udara kering maupun lembap, ketebalan lapisannya sama. Lapisan sebelah luar relatif lebih tebal, permeabel dan terdiri dari oksida yang terhidrasi. Karakteristik korosi dari logam aluminium lazimnya dikaitkan dengan sifat kimia dari lapisan – lapisan oksida tersebut.

Lapisan oksida tersebut merupakan hasil keseimbangan dinamik antara dua gaya yang saling berlawanan, yaitu yang cenderung membentuk lapisan yang kompak dan yang lainnya cenderung mengelupaskannya.

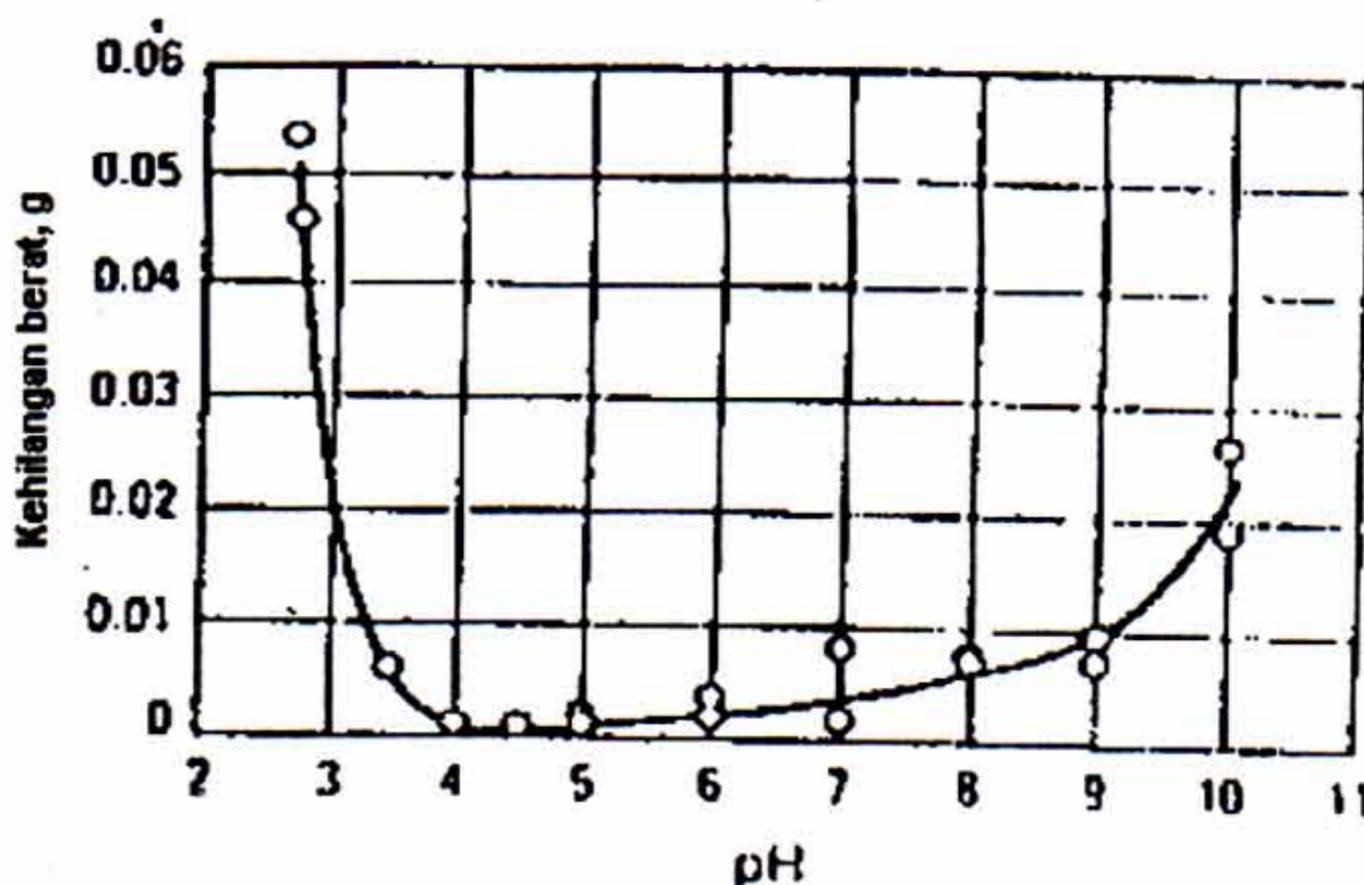
Jika gaya yang merusak tidak ada, seperti misalnya di lingkungan udara yang kering, maka lapisan oksida yang akan terbentuk adalah lapisan yang kompak dan terbentuk secara cepat sampai tercapai ketebalan tertentu. Namun apabila gaya yang merusak tersebut terlalu kuat, maka lapisan oksida akan lebih cepat terhidrasi dan menyisakan lapisan oksida yang kompak yang relatif tipis. Di antara kedua ekstrim tersebut, dimana kedua gaya tersebut mencapai keseimbangan maka akan terbentuk lapisan oksida yang relatif tebal (antara 20 sampai 200 nm atau antara 200 sampai 2000 \AA). Kondisi stabilitas termodinamik lapisan oksida tersebut dinyatakan dengan

suatu diagram yang menghubungkan potensial dengan pH. Diagram tersebut lazim disebut sebagai diagram Pourbaix (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram Pourbaix untuk aluminium

Seperti ditunjukkan pada diagram tersebut, aluminium akan pasif (dilindungi oleh suatu lapisan oksida yang tipis) pada rentang pH antara 4 sampai 8,5. Variasi dari batas rentang ini dipengaruhi oleh temperatur, bentuk spesifik dari lapisan oksida yang ada dan keberadaan zat-zat yang dapat membentuk garam yang kompleks dengan aluminium. Gambar 2 menunjukkan "kemuliaan" dari rentang pasifitas tersebut yang memperlihatkan hasil dari pengukuran kehilangan berat paduan 3004-H14 yang diekpos dalam air dan dalam larutan garam pada berbagai harga pH.



Gambar 2. Kehilangan berat paduan 3004-H13 yang diekspos terhadap air dan larutan garam selama satu minggu pada berbagai harga pH

Di luar batas rentang pasivitas tersebut, yaitu di dalam larutan *aqueous*, aluminium terkorosi karena lapisan oksidanya larut di sebagian besar asam dan basa menghasilkan ion Al^{3+} dalam air dan ion (Al_2) dalam larutan garam. Apabila tidak terjadi korosi, berarti lapisan oksida tidak larut.

2.1 Korosi di dalam air :

Dari berbagai literatur dan data-data hasil percobaan di laboratorium, ketahanan korosi aluminium dan paduannya di dalam air pada temperatur kamar sangat baik.

Reaksi yang terjadi dengan air lazimnya hanya berlangsung beberapa saat sampai beberapa hari sampai terbentuk lapisan protektif yang seimbang dengan ketebalan tertentu. Setelah perioda tersebut dilewati, jumlah logam yang larut ke dalam larutan dapat diabaikan.

Ketahanan korosi dari aluminium dan paduannya di dalam air, tidak mengalami penurunan yang berarti dengan larutnya karbondioksida atau oksigen ke dalam larutan. Bahkan banyaknya penambahan berbagai aditif ke dalam air di dalam industri pembangkitan tidak menurunkan ketahanan korosi aluminium dan paduannya. Zat aditif tersebut termasuk amoniak dan *neutralizing amines* untuk mengatur pH dalam rangka mengontrol karbondioksida, serta hidrazin dan natrium sulfat untuk mengontrol karbondioksida, serta hidrazin dan natrium sulfat untuk mengontrol oksigen. Anehnya, pada temperatur tinggi, unsur-unsur (termasuk *impurities*) yang pada temperatur kamar menurunkan ketahanan korosi, pada temperatur tinggi justru memperbaiki ketahanan korosi. Pada 200°C Al-murni bereaksi dengan air membentuk oksida aluminium, tetapi paduan Al-Ni-Fe memiliki ketahanan korosi yang baik. Sebagai contoh: Paduan X8001(1,0% Ni dan 0,5% Fe) memiliki ketahanan korosi yang baik sampai temperatur 315°C.

Terhadap air alam (*natural water*); beberapa paduan Al Seperti : 1XXX, 3XXX, 5XXX dan 6XXX memiliki ketahanan korosi dalam hal ini adalah temperatur, pH, konduktivitas, keberadaan reaktan katodik, keberadaan logam berat dan potensial korosi serta korosi sumuran dari beberapa jenis paduan Al.

2.2 Potensial korosi Al dan paduannya

Potensial korosi Al dan paduannya sangat dipengaruhi oleh karakteristik struktur mikronya. Komposisi larutan padat, fasa, jumlah dan distribusinya sangat

mempengaruhi jumlah dan bentuk korosi. Potensial korosi Al dan paduannya melulu ditentukan oleh komposisi larutan padat yang merupakan bagian terbesar dari struktur mikro. Potensial korosi Al tidak dipengaruhi oleh partikel fasa kedua yang berukuran mikroskopik. Namun karena fasa kedua memiliki potensial yang berbeda dengan matriknya maka akan terjadi korosi galvanik setempat. Karena itu potensial korosi Al dan paduannya kadang-kadang dinyatakan dengan istilah potensial larutan (padat). Pengukuran potensial larutan sangat berguna dalam menentukan proses perlakuan panas, *quench* dan *aging*, terutama pada paduan-paduan Al dengan Cu, Mg atau Zn.

2.3 Pengaruh komposisi dan struktur mikro terhadap korosi

Ketahanan korosi dari semua jenis Al 1XXX sangat tinggi, namun pada kondisi-kondisi tertentu ketahanan korosinya menurun dengan meningkatnya kadar paduan. Pada paduan 2XXX di mana Cu merupakan unsur paduan utama, ketahanan korosinya relatif lebih rendah dibandingkan dengan paduan Al yang lain yang memiliki kadar Cu yang relatif rendah. Penambahan Li meningkatkan modulus elastik dari paduan Al dan menurunkan masa jenis namun *fracture toughness*-nya rendah. Meskipun Li merupakan logam yang reaktif, tetapi penambahan Li sampai dengan 3% meningkatkan ketahanan terhadap *pitting*. Jika penambahan Li menyebabkan terbentuknya fasa AlLi, maka ketahanan korosinya pada larutan garam 3,5% NaCl menjadi turun. Pada paduan 3XXX (paduan Al-Mn dan Al-Mn-Mg) keberadaan unsur paduan dalam larutan padat meningkatkan ketahanan korosinya. Keberadaan Si pada paduan 4XXX tidak memberikan peningkatan yang berarti terhadap ketahanan korosi paduan tersebut karena Si mengakibatkan rapat arus korosi yang relatif rendah.

Paduan Al yang mengandung Mg seperti pada paduan 5XXX apabila Mg-nya membentuk larutan padat atau apabila membentuk senyawa Al-Mg yang tersebar secara seragam di seluruh matriks, maka ketahanan korosinya mirip seperti Al murni. Bahkan lebih tahan dalam air garam dan dalam beberapa jenis larutan alkalin dan amin, akan tetapi apabila senyawa Al-Mg hanya berpresipitasi di batas butir, maka paduan tersebut akan rentan terhadap eksfoliasi atau *Stress Corrosion Cracking* (SCC).

Paduan 6XXX merupakan paduan yang memiliki kekuatan yang relatif tinggi dan ketahanan korosi yang baik. Fasa Mg_2Si merupakan fasa yang dimanfaatkan dalam proses pengerasan presipitasi. Pengaruh Mg_2Si ini terhadap potensial korosi dapat diabaikan. Penambahan unsur Cu untuk meningkatkan kekuatan biasanya dibatasi agar tidak mempengaruhi ketahanan korosinya. Ketahanan paduan ini menurun jika kadar Cu meningkat. Di samping itu jika kadar Si terlalu tinggi, maka paduan ini menjadi rentan terhadap korosi batas butir.

Paduan 7XXX adalah paduan dengan Zn sebagai unsur paduan utamanya. Di antara seluruh paduan Al, maka paduan ini merupakan paduan yang paling rentan terhadap SCC. Lazimnya kerentanan terhadap SCC diatasi dengan pemilihan proses temper dan unsur paduan yang cermat. Perlu dicermati pula bahwa pengerjaan mekanik, penerapan proses perlakuan panas pada beberapa jenis paduan aluminium dan pengelasan dapat mengubah struktur mikro sehingga akan berakibat pula kepada karakteristik ketahanan korosi logam aluminium dan paduannya.

3. JENIS- JENIS KOROSI YANG LAZIM TERJADI PADA LOGAM Al DAN PADUANNYA :

3.1. *Pitting* (sumuran)

Korosi *pitting* pada Al lazimnya disebabkan oleh ion-ion halida seperti ion Cl. *Pitting* pada Al dalam larutan halida (pada keberadaan oksigen) terjadi karena Al terpolarisasi ke potensial *pitting*-nya. Jika tidak ada oksigen, Al tidak akan terserang *pitting*. Dalam larutan garam non halida yang teraerasi, umumnya Al tidak akan terserang *pitting* karena potensial *pitting*-nya lebih mulia dari pada dalam larutan halida.

3.2. Galvanik.

Pada kondisi lingkungan yang umum, aluminium dan paduannya lazimnya bersifat anodik terhadap logam-logam lain kecuali terhadap magnesium dan seng. Kontak dengan logam-logam yang lebih katodik di setiap jenis lingkungan harus dicegah. Jika kontak tidak dapat dihindarkan maka harus diusahakan agar luas permukaan Al jauh lebih besar dari luas permukaan logam-logam lain yang sifatnya katodik. Arus galvanik antara Al dengan logam lain dapat diturunkan dengan cara menurunkan *oxidizing agent* dari elektrolit. Jadi laju korosi dari Al yang bersentuhan dengan tembaga dalam air laut akan menurun jika air laut tersebut dideaerasi.

3.3. Korosi batas butir.

Korosi batas butir merupakan serangan selektif terhadap batas butir yang disebabkan adanya perbedaan potensial antara batas butir dan sekitarnya.

- Pada paduan 2XXX, korosi batas butir terjadi apabila kadar Cu di batas butir menurun.

- Pada 5XXX, korosi batas butir terjadi apabila senyawa Mg-Al yang lebih anodik terbentuk di sepanjang batas butir.
- Pada paduan 7XXX yang tidak mengandung Cu, korosi batas butir terjadi apabila senyawa Zn atau Mg yang anodik terbentuk di batas butir.
- Paduan 6XXX umumnya lebih tahan terhadap korosi batas butir.

3.4. Stress Corrosion Cracking (SCC)

Paduan aluminium yang rentan terhadap SCC adalah paduan yang relatif banyak mengandung unsur-unsur paduan yang mudah membentuk larutan padat seperti: tembaga, magnesium, silikon dan seng. Pada beberapa jenis paduan aluminium komersial, penerapan proses perlakuan panas dapat menurunkan kerentanan terhadap SCC. Karakterisasi retakan akibat korosi tegangan pada paduan aluminium adalah *intergranular*. Berdasarkan teori elektrokimia, kondisi di daerah batas butir harus lebih anodik dibandingkan dengan di bagian tengah butir. Kondisi seperti itu dapat terbentuk apabila terjadi proses deplesi unsur-unsur yang larut padat di sepanjang batas butir. Dengan penerapan proses perlakuan panas yang terkontrol proses deplesi dapat dicegah (struktur akan lebih homogen). Dalam praktek, kerentanan terhadap SCC juga dipengaruhi oleh pola dislokasi (sebagai akibat adanya tegangan kerja yang terus menerus), pola presipitasi dan karakteristik struktur mikro lainnya seperti bentuk dan ukuran butir dan sebagainya.

3.5. Eksfoliasi

Eksfoliasi adalah serangan korosi yang terjadi pada daerah *subsurface* yang sejajar dengan permukaan, sehingga bagian logam yang tidak terkorosi seolah-olah terpisahkan dan terdorong ke atas dengan bagian logam yang terkorosi. Karena itu pada berbagai literatur, korosi eksfoliasi, kadang kadang disebut sebagai korosi lamelar

atau korosi lapis. Eksfoliasi lazimnya terjadi pada produk-produk yang memiliki butir-butir yang sangat pipih

3.6. Korosi Lelah

Pada lingkungan yang korosif seperti pada lingkungan air laut, ketahanan fatik paduan aluminium menurun. Penurunan kekuatan fatik paduan 5XXX dan 6XXX lebih kecil dibanding paduan 2XXX dan 7XXX. Korosi lelah hanya dapat terjadi apabila lingkungannya mengandung air sedangkan karakteristik patahannya adalah transgranular.

3.7. Korosi Erosi

Di dalam lingkungan yang tidak korosif seperti misalnya di dalam air dengan tingkat kemurnian yang tinggi, paduan aluminium yang ketahanan mekaniknya lebih kuat memiliki ketahanan terhadap korosi erosi yang lebih besar, karena ketahanannya dikontrol hanya oleh karakteristik mekanik dari sistem. Sedangkan pada lingkungan korosif, komponen korosi menjadi faktor pengontrol. Jadi ketahanan terhadap korosi erosi akan semakin besar pada paduan Al yang lebih tahan korosi meskipun kekuatannya lebih rendah. Untuk memperkecil timbulnya korosi erosi, lazimnya digunakan inhibitor atau proteksi katodik.

3.8. Korosi Atmosferik

Secara umum paduan aluminium memiliki ketahanan terhadap korosi atmosferik yang sangat baik. Korosivitas atmosferik terhadap aluminium sangat dipengaruhi oleh kondisi geografi seperti arah dan besarnya tiupan angin, kelembapan, temperatur dan jenis polusi industri /urban.

3.9. Korosi Filiform

Korosi jenis ini terjadi pada permukaan logam yang dilapisi dengan lapisan organik yang tipis (sekitar 0,1 mm tebalnya). Penampilan korosi ini tampak seperti goresan-goresan yang memanjang. Lazimnya terjadi pada daerah pantai dan daerah tropis yang mengalami polusi industri yang hebat.

4. KETAHANAN KOROSI BAJA TAHAN KARAT.

Seperti halnya aluminium dan paduannya, ketahanan korosi baja tahan karat disebabkan oleh adanya lapisan oksida yang tipis di permukaan baja. Secara umum karakteristik lapisan mirip dengan karakteristik lapisan oksida yang ada di permukaan Al. Dari berbagai data yang ada, ketahanan korosi baja tahan karat dalam lingkungan air (baik *high purity, natural water* maupun air yang dilunakkan), laju korosi baja tahan karat maksimum adalah 0,0001 ipy.

5. PUSTAKA :

1. ASM Specialty Handbook : Aluminium and Aluminium Alloys, ASM International, 1996.
2. POLAR, J.P., A Guide to Corrosion Resistance : 304, 316, 317, Carpenter and Ni-O-nel, Climax Mo. Co.Pbl, pp 304-317 (1961).