



Prosiding Seminar Nasional

Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA

1 Agustus 2006, Hotel Natour Garuda - Yogyakarta

ISBN No. 979-9981-0-1-X

Bidang :

- Matematika dan Pendidikan Matematika
- Fisika dan Pendidikan Fisika
- Kimia dan Pendidikan Kimia
- Biologi dan Pendidikan Biologi



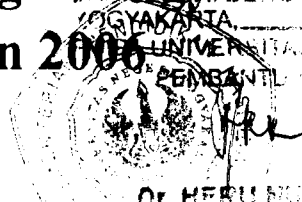
Penyelenggara :
FMIPA UNY
CPIU Dikti Depdiknas



Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta

Tahun 2006

ASLI



Endang Wigjayaningrum
UNY

DR. HERU MURDANYO
NIP. 19620414 198303 1 003





PASIVASI SEBAGAI PENGENDALI KOROSI LOGAM

Endang Widjajanti Laksono
Jurdik Kimia FMIPA UNY
Email : ewxlaksono@yahoo.com

ASLI

ABSTRAK

Korosi merupakan peristiwa alam yang merugikan dan tidak dapat dicegah. Untuk menghindari kerusakan material logam, maka korosi harus dikendalikan. Pengendalian ini dimulai pada tahap perancangan, pembuatan dan akhirnya pada tahap pemakaian. Pasivasi merupakan teknik pembentukan lapisan pasif pada permukaan logam. Lapisan pasif terdiri dari lapisan oksida atau lapisan hidroksida. Umumnya lapisan pasif yang terbentuk pada logam *bilayer*, yaitu oksida logam di bagian dalam dan oksida/ hidroksida dibagian luar. Oksida logam dan hidroksida logam sebenarnya juga pemicu terbentuknya korosi. Ketepatan pemilihan potensial pada proses pasivasi akan menghasilkan lapisan anti korosi, sedangkan ketidak tepatan penggunaan teknologi ini justru berakibat memicu timbulnya korosi atau justru telah terkorosi. Analisis lapisan pasif dalam skala mikro dapat dilakukan melalui metoda spektrometri.

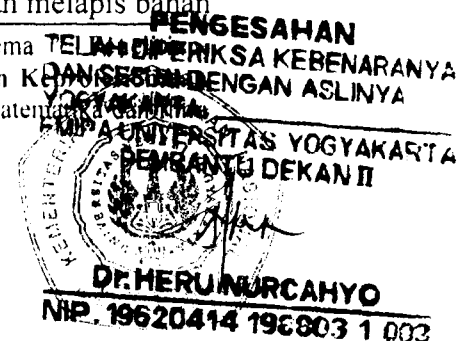
Kata kunci : korosi, pasivasi, elektrokimia

PENDAHULUAN

Korosi adalah proses alamiah yang banyak menyebabkan kerusakan material. Secara khusus korosi didefinisikan sebagai penurunan mutu logam oleh reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Kenneth RT, 1991:199). Reaksi korosi adalah spontan, sehingga serangan korosi tidak dapat dicegah, tetapi dapat dikendalikan. Pengendalian korosi terhadap suatu bahan atau materi dapat memperpanjang usia pakai bahan atau material tersebut. Ada beberapa cara yang telah dikenal untuk mengendalikan proses korosi, misalnya pelapisan dengan polimer tertentu, atau proteksi katodik.

Setiap bahan atau material mengalami 3 tahapan pokok yaitu tahap perancangan, tahap pembuatan dan tahap pemakaian. Pengendalian korosi memainkan peran penting dalam setiap tahapan ini. Kegagalan pengendalian pada ketiga tahapan ini menyebabkan bahan atau material rusak sebelum bermanfaat (prematur). Pengendalian korosi dapat berupa modifikasi rancangan, modifikasi lingkungan, pemberian lapisan pelindung, pemilihan bahan ataupun proteksi katodik atau anodik. Pemberian lapisan pelindung misalnya dengan melapis bahan

Dipresentasikan dalam SEMINAR NASIONAL MIPA 2006 dengan tema **TEMA: PERIKSA KEBENARANYA DAN SESUAI DENGAN ASLINYA** Pendidikan, dan Penerapan MIPA serta Peranannya Dalam Peningkatan Kualitas Pendidikan dan Tenaga Kependidikan" yang diselenggarakan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNY di Yogyakarta pada tanggal 1 Agustus 2006



atau material dengan suatu polimer tertentu, atau senyawa tertentu (cat misalnya). Tetapi tidak semua bahan dapat dilapis dengan cara tersebut. Karena dapat saja material tersebut tidak dapat digunakan atau berfungsi dengan baik karena adanya lapisan itu. Khusus untuk logam pemberian lapisan pelindung dapat berupa lapisan film pasif. Teknik pelapisan merupakan teknik elektrokimia. Sedangkan analisis secara kimia dapat dilakukan secara gravimetri, spektrometri (XPS, STM, spektrometri impedance, AES, SIMS). Tujuan analisis secara kimia untuk mengukur ketebalan lapisan, mengetahui kerapatan molekul pada lapisan oksida atau hidroksida dan struktur kimia lapisan. Dengan mengetahui ketebalan dan struktur kimia, maka karakter lapisan dapat ditentukan.

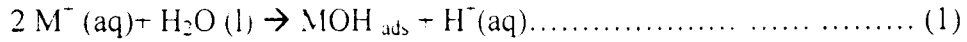
Pasivasi merupakan suatu keadaan dari logam atau paduan logam dalam pelarut, dimana permukaan logam tertutup oleh oksida dan hidroksida dengan ketebalan tertentu dan kompak (compact) (P. Marcus, V Maurice, 2000: 132). Keadaan ini menyebabkan logam atau paduan menjadi pasif dan nantinya dapat memproteksi logam atau paduan terhadap serangan korosi. Pembentukan lapisan oksida dan hidroksida sebagai lapisan pasif di permukaan memerlukan perhitungan secara tepat, karena lapisan oksida atau lapisan hidroksida justru dapat berubah menjadi pemicu terjadinya korosi. Seberapa tebal lapisan itu terbentuk, atau bagaimana karakteristik film atau lapisan pasif merupakan pertimbangan utama pemasifan. Makalah ini akan membahas lebih jauh bagaimana film pasif dibuat pada permukaan logam dan sejauhmana dapat mengendalikan korosi.

PEMBAHASAN

Korosi

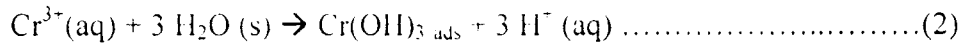
Secara kimia peristiwa korosi merupakan reaksi oksidasi- reduksi antara logam dengan lingkungannya, menurut hukum termodinamika II, reaksi berjalan spontan karena beda potensial sebelum reaksi lebih kecil dibandingkan beda potensial setelah reaksi. Logam yang paling mudah terkorosi adalah besi. Keberadaan air atau uap air yang bereaksi dengan logam, menghasilkan ion positif (H^+) di permukaan logam akan menyebabkan mendekatnya ion negatif dari

lingkungan ke permukaan logam. Jika di lingkungan banyak terdapat oksigen (yang dapat membentuk ion negatif) maka reaksi lanjutan dari proses korosi akan menjadi semakin mudah. Secara umum reaksi kimia yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut :

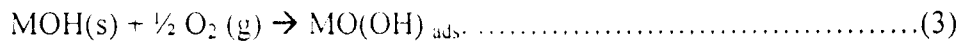


M, adalah logam. ads adalah spesi teradsorpsi pada permukaan logam. Spesi MOH_{ads} ini umumnya reaktif, karena energinya lebih tinggi dari senyawa MOH atau ionnya. Kereaktifan ini terbentuk karena adanya perubahan energi menuju pada kestabilan.

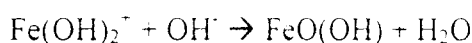
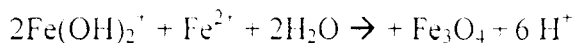
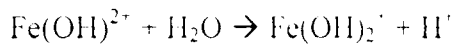
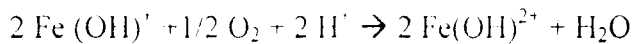
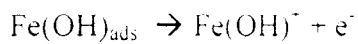
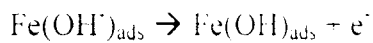
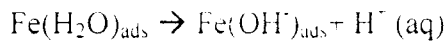
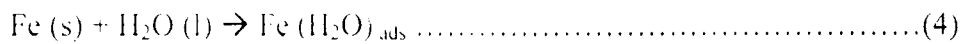
Reaksi (1) untuk logam krom dapat dituliskan sebagai berikut :



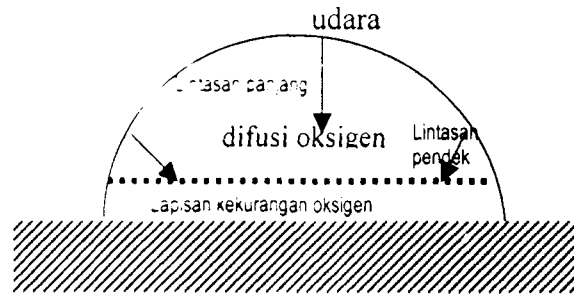
kehadiran oksigen pada permukaan logam akan menyebabkan terjadinya reaksi :



MO(OH) merupakan produk yang dikenal sebagai korosi atau untuk logam besi dikenal sebagai karat. Untuk logam besi reaksi korosi dapat dituliskan seperti persamaan reaksi (4)

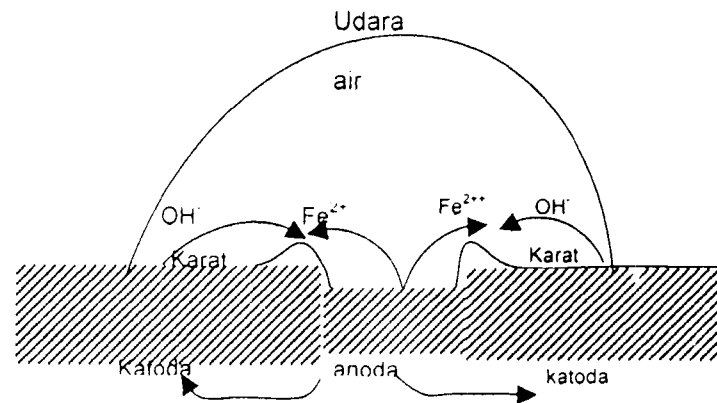


produk akhir dari reaksi (4) adalah Fe₃O₄ yaitu magnetit dan karat FeO(OH). Secara umum mekanisme korosi dapat digambarkan seperti dalam gambar 1. Seluruh permukaan logam yang basah menyebabkan berkurangnya kandungan oksigen dalam elektrolit di dekatnya.



Gambar 1. Mekanisme terjadinya korosi secara umum

Sedangkan gambar 2 memperlihatkan mekanisme korosi logam Fe seperti pada reaksi (4)



Gambar 2. Mekanisme terjadinya korosi pada logam besi

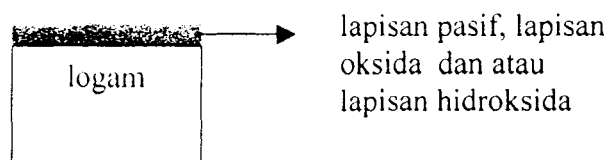
Panjangnya lintasan oksigen menuju permukaan, maka bagian ini menjadi anoda. Akibatnya pelarutan logam terjadi di bagian tengah, reaksi ion logam dengan ion hidroksil menyebabkan penumpukan produk korosi di seputar lubang dan membentuk karat.

Berdasarkan awal terjadinya korosi, maka korosi dapat dibedakan menjadi korosi merata (uniform), korosi sumuran (pitting corrosion), korosi antar butir, korosi tegang retak, korosi galvanik dan korosi biologi. Digolongkan sebagai korosi merata bila logam atau paduan logam berada dalam lingkungan agresif (korosif), misalnya suasana asam atau basa atau keberadaan molekul O_2 , H_2O , CO_2 , ataupun air sadah. Korosi sumuran adalah korosi yang dipicu oleh faktor-faktor metalurgi. Yang dimaksud dengan faktor metalurgi misalnya adanya keretakan pada logam, mempunyai tonjolan atau terjadi dislokasi pada logam akibat tegangan tarik yang dialami, komposisinya heterogen karena adanya inklusi, segregasi atau presipitasi.

Korosi antar butir adalah korosi yang terjadi pada batas butiran, akibat energi pada daerah ini lebih besar dibandingkan dengan sekitarnya. Korosi tegang-retak terjadi akibat tegangan dalam logam yang berada dalam lingkungan korosif. Munculnya tegangan karena pendinginan yang tidak merata. Korosi galvanik merupakan korosi antara 2 logam berbeda yang berada dalam kontak listrik dan lingkungan korosif. Sedangkan korosi biologi korosi yang ditimbulkan oleh ganggang, jamur atau bakteri.

Pasivasi

Pasivasi adalah suatu teknik elektrokimia yang digunakan untuk melindungi logam melalui pembentukan film pasif pada permukaan suatu logam atau material. Logam bila dicelupkan dalam larutan asam akan mengalami proses pelarutan. Kemudian terjadi pelepasan hidrogen dari permukaan logam akibat adanya arus di katoda dan diikuti dengan reduksi dari oksigen.

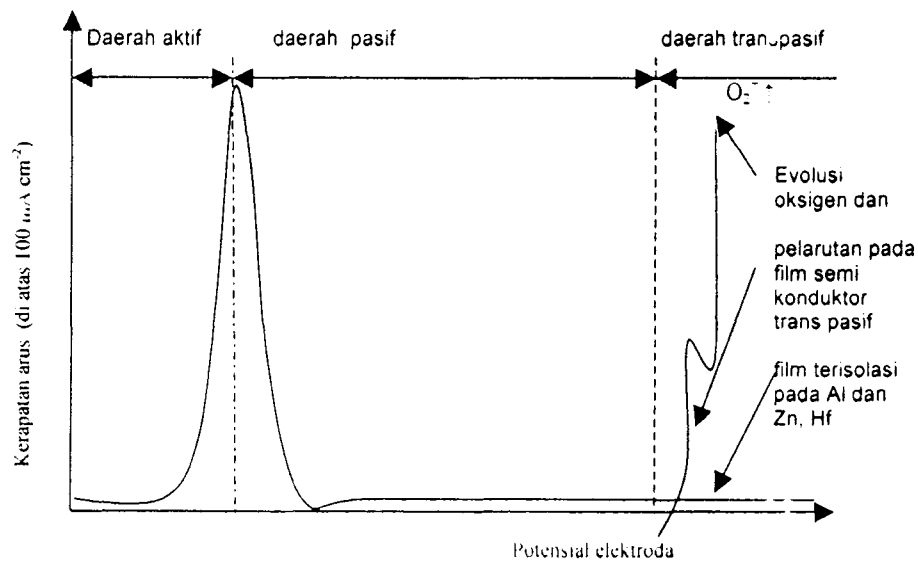


Gambar 2. Struktur lapisan pasif pada permukaan logam

Karakteristik sistem pasif meliputi daerah aktif, daerah pasif dan daerah transpasif. Secara skematik dapat dilihat pada diagram pada gambar 3.

Kurva pada gambar 3 memperlihatkan bahwa suatu logam yang dipasifkan pada potensial tertentu mempunyai 3 kemungkinan, berada pada daerah aktif yang berarti logam mudah terkorosi, berada pada daerah pasif yang artinya logam terproteksi dari korosi atau pada daerah transpasif, pada daerah ini akan terjadi pelepasan oksigen, dan terjadi pelarutan yang berarti terjadi korosi sumuran atau *pitting corrosion*. Oleh sebab itu besarnya potensial yang harus dipilih harus tepat. Karena apabila potensial yang dipilih berada pada daerah aktif atau transpasif, yang terjadi bukan perlindungan terhadap korosi melainkan justru terkorosi. Selain itu pH larutan juga berpengaruh pada proses pasivasi, seperti

yang diperlihatkan dalam penelitian Strehblow dan Titze (P.Marcus, v. Maurice, 2000:142)



Gambar 3. Kurva antara potensial dan arus berbagai logam dalam larutan elektrolit

Setiap logam mempunyai kurva potensial elektrode- arus yang karakteristik, misalnya saja untuk permukaan logam Nikel yang berorientasi (111), daerah aktif berada pada potensial elektroda 0 sampai 200 mV/ EHS (elektroda pembanding yang digunakan adalah elektroda hidrogen standar), dan daerah transpasif tercapai mulai potensial 1400 mV/ EHS untuk pH larutan pasivasi 3. (E. Laksono, 2001: 165). Atau dapat dikatakan daerah aman untuk proses pasivasi adalah antara 200 sampai 1400 mV/ EHS. Sedangkan untuk permukaan krom yang berorientasi (), daerah pasivasi berada pada (H.Ma, Y. Berthier et al, 2002:). Untuk logam Cu, penelitian Strehblow menyebutkan bahwa daerah pasif terbentuk pada potensial 0,58. pH sampai - 0,059. pH. Film pasif yang terbentuk merupakan *bilayer* atau dua lapis yaitu Cu_2O pada lapis dalam dan $\text{CuO}/\text{Cu}(\text{OH})_2$ pada lapisan luar (P. Marcus, V. Maurice, 2000: 142). Berbeda dengan logam aluminium, sifat aluminium sebagai isolator, maka proses pasivasi pada aluminium untuk ketebalan kurang dari 100 μM umumnya lapisan pasif yang terbentuk berpori. Karena film yang terbentuk merupakan film anodic yang menyebabkan terjadinya patahan struktur pada potensial tinggi. Lapisan

pasif pada aluminium terdiri dari Al_2O_3 di bagian dalam dan $AlOOH$ di bagian luar.

Penentuan ketebalan lapisan pasif secara spektrometri

Ada beberapa metoda yang dapat digunakan untuk mengukur ketebalan lapisan pasif sekaligus untuk mengetahui komposisi kimia lapisan pasif yang terbentuk. Metode yang paling banyak digunakan adalah spektrometri. Ada beberapa alat yang didasarkan pada kerja spektrometri, misalnya XPS (X-rays Photoelectron Spectrophotometer) yaitu spektrofotometer yang bersumber pada photoelectron dari sinar X. AES yaitu spektrofotometer yang menggunakan elektron Auger untuk menembak permukaan.

Ketebalan lapisan dapat ditentukan menggunakan XPS. Tebal lapisan akan sebanding dengan panjang atenuasi photoelektron logam terhadap oksida atau hidroksidanya untuk suatu tingkat energi bagian dalam tertentu, sudut yang dibentuk antara permukaan sampel dengan arah photoelectron yang dianalisis dan densitas unsur logam dalam oksida atau hidroksidanya (N. Kitakatzu, V. Maurice et al, 1998: 36).

Penelitian E. Laksono (2001: 165) menyebutkan bahwa Ni dengan orientasi (111) yang dipasivasi dengan potensial sebesar 950 mV/EHS dan 1150 mV/EHS selama 30 menit, menghasilkan lapisan oksida dengan ketebalan 5 \AA dan 7 \AA , sedangkan lapisan hidroksida yang terbentuk mempunyai ketebalan sama yaitu sebesar 5 \AA . Uji lapisan pasif terhadap gas amoniak memperlihatkan bahwa pada eksposisi gas amoniak dosis rendah yaitu sebesar 10^{-5} mBar hingga 30 menit tidak menyebabkan terjadinya adsorpsi amoniak pada permukaan logam, baik untuk yang dipasifkan sebesar 950 mV maupun 1150 mV. Namun untuk uji menggunakan amoniak 20 mBar selama 20 menit, permukaan yang dipasifkan dengan potensial 1150 mV mampu mengadsorpsi gas amoniak, meskipun intensitasnya sangat rendah. Dibandingkan dengan permukaan lain yang dibuat oleh peneliti lain pada logam Ni(111), maka intensitas adsorpsi ini sangat rendah (Willenbruch, R.D. Clayton, C.R., et al.1990: 179. E. Laksono, Galtayries et. al,

2003: 53), ini berarti lapisan pasif telah mampu memproteksi terhadap gas amoniak.

PENUTUP

Korosi adalah peristiwa alam yang menyebabkan kerusakan pada material. Bila ini terjadi pada alat-alat yang vital atau penting maka akan berdampak secara ekonomis. Untuk mencegah proses alam ini sangat sulit. Pengendalian korosi yang terjadi pada logam dapat dilakukan dengan membentuk lapisan pasif pada permukaan logam. Namun agar hasilnya efektif, maka besarnya potensial yang digunakan untuk setiap logam harus diperhatikan.

DAFTAR PUSTAKA

- E. Laksono, 2001, *Interaction of the ammonia on passive film on Ni(111) surfaces* Proceedings 6th ISSM, Manchester, Great Britain.
- Endang Widjajanti Laksono, A. Galtayries, C. Argile, P. Marcus(2003), *Adsorption of NH₃ on Oxygen pre-treated Ni(111)*. *Surface Science*, **530**, p.37-54
- H. Ma, Y. Berthier, P. Marcus, 2001, *Adsorption of ammonia on passive film on chromium surface*. *Corrosion Sci.* **44**, 171
- Kenneth R. T, J. Chamberlain, 1991. *Korosi untuk mahasiswa Sains dan Rekayasa (terjemahan)*. Gramedia Jakarta
- N. Kitakatzu, V. Maurice, C. Hinnen, P. Marcus. 2000, *Local decomposition of NiO ultrathin films formed on Ni(111)*. *Surface Science*, **407**, 36
- P. Marcus, V. Maurice, 2000, *Material Sciences and Technolog*, edited by M. Schutze, vol 19, London, willey- VCH, 131-169
- Willenbruch, R.D. Clayton, C.R. M. Oversluizen, D. Kim, Y. Lui, 1990, *Interaction of ammonia on passive films on Cr, Mo, Ni, Fe*, *Corrosion Sci*, **31**, 179