

KOROSIFITAS AIR RAWA DALAM KONTEKS HITUNGAN KERUGIAN EKONOMIS TERHADAP INFRASTRUKTUR BERBAHAN BAKU BAJA DI LINGKUNGAN AIR RAWA *)

Darmawi Bayin¹, Akhsani Taqwiym², Nurussama³

¹Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

²Prodi Komputerisasi Akutansi STMIK – MDP

³Prodi Akutansi – Politeknik Palcomtech

Telepon: 0812-7886884

E-mail: d_bayin2009@yahoo.com

ABSTRAK

Sebagian besar wilayah Indonesia berupa rawa, banyak pembangunan prasarana seperti pabrik, instalasi pipa, dilakukan dalam lingkungan air rawa. Air rawa umumnya mempunyai kadar asam tinggi, dan mengandung sulfat, khlorida yang melebihi kondisi normal dimana zat-zat ini diketahui lebih agresif dalam menyebabkan korosi. Korosi adalah proses perusakan, pengurangan ukuran atau pengikisan terhadap suatu material yang disebabkan adanya reaksi dengan lingkungannya. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Indro Widiono Sumantri didapatkan laju korosi pada air rawa dalam waktu pencelupan 24 jam, 48 jam, dan 72 jam rata-rata adalah 0,156 mm/tahun, Dan laju korosi pada air bersih dalam waktu pencelupan 24 jam, 48 jam dan 72 jam adalah rata-rata 0,065 mm/tahun. Laju korosi pada air rawa lebih cepat kurang lebih dua setengah kali dibandingkan dengan korosi pada air bersih. Hal ini mengindikasikan besarnya ancaman terhadap infrastruktur logam yang dibangun dikawasan air rawa, sehingga perluantisipasi secara cermat.

Kata kunci: *Korosi, Air rawa, Perkerasan logam*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Banyak faktor yang menyebabkan terjadinya korosi diantaranya, faktor lingkungan dan metalurgi. Faktor lingkungan diantaranya adalah unsur-unsur yang terkandung di dalam larutan disekitar logam, pH, temperatur, kecepatan aliran, turbulensi, kandungan oksigen, gelombang dan sebagainya, adalah variabel-variabel yang mempengaruhi laju korosi suatu logam. Sedangkan faktor metalurgi merupakan faktor yang ada di dalam logam itu sendiri yang terkait erat dengan terjadinya korosi pada suatu logam, misalnya koherensi, slip, dislokasi, deformasi plastis dan potensial antarmuka logam. Tulisan ini akan membahas satu aspek dari lingkungan yang berpengaruh terhadap laju korosi logam, yaitu lingkungan air rawa dimana banyak suprastruktur pembangunan harus berada pada lokasi tersebut karena luasnya wilayah rawa ini di Indonesia.

Tabel 1. Lahan Basah di Indonesia.

No	Pulau	Luas (x 1000 ha)
1	Sumatera	11.819
2	Jawa	1.590
3	Bali dan Nusa Tenggara	196
4	Kalimantan	9.501
5	Sulawesi	2.015
6	Papua dan Maluku	14.144

Sumber: Data dari Atlas Sumber Daya Tanah Eksplorasi Indonesia (Puslitbangtanak, 2000)

Lahan basah adalah salah satu dari banyaknya lingkungan yang terdapat di Indonesia. Banyak lahan basah di wilayah Indonesia berupa rawa, sungai, danau, dll. Lahan basah adalah lahan yang selalu tergenang air sehingga bila terdapat struktur baja pada lahan tersebut maka sangat berpotensi untuk terjadi korosi. Pada lahan basah seperti air rawa dan lumpur rawa memiliki kandungan unsur sulfat, khlorida dan nitrat yang melebihi kondisi normal air tanah. Unsur-unsur ini merupakan faktor yang menyebabkan terjadinya korosi pada logam. Air dan lumpur rawa mengandung zat organik, humus yang tinggi sehingga pH-nya rendah yang mengakibatkan air rawa bersifat asam.

Karat sebutan orang awam terhadap korosi menjadi penyebab utama kerusakan material yang umumnya terbuat dari logam sehingga menimbulkan kerugian (Fontana, 1986).

Berdasarkan data sumber daya tanah eksplorasi skala 1:1000.000, maka diperoleh total daratan Indonesia sekitar 188,2 juta ha, yang terdiri dari lahan basah seluas 39,3 juta ha dan lahan kering seluas 148,9 juta ha. Pada Tabel 1 dapat dilihat bagian-bagian lahan basah di Indonesia.

Data pada Tabel 1 diatas menunjukkan bagaimana potensialnya daerah rawa sebagai bagian dari wilayah pembangunan di Indonesia. Dari data itu juga dapat dibayangkan betapa besarnya kerugian negara berupa dampak langsung maupun dampak tidak langsung bila infrastruktur pembangunan di wilayah tersebut tidak memperhatikan atau mempertimbangkan faktor korosi pada logam.

Tujuan

- Tujuan dari tulisan ini adalah untuk mengetahui laju korosi baja pada air rawa dalam perbandingannya terhadap air bersih.
- Mengukur sejauh mana laju korosi ini harus diantisipasi dalam rangka meminimalisasi kerugian pemerintah dalam pembangunan infrastruktur yang melibatkan logam sebagai bahan baku utama.

Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian yang sudah didapat oleh Indro Widiono Sumantri (1) ini diantaranya adalah pengetahuan tentang kualitas air rawa dan unsur yang terkandung didalamnya dalam kaitannya dengan laju korosi logam. Dalam hal ini diambil sampel air rawa kawasan Jakabaring-Palembang.

Dari hasil pengukuran didapat kualitas air rawa di Jakabaring adalah sbb:

Tabel 2. Kualitas air rawa Jakabaring*)

No:	pH	Unsur Sulfat mg/l	Unsur Chlorida mg/l
Air rawa	4,28	0,91	0,76
Air bersih	7,02	0,048	0,21

*) Pengukuran pada bulan Januari 2011.

Batasan Masalah

Dalam tulisan ini aspek-aspek yang dibahas meliputi analisis dampak korosi di lahan rawa terhadap kerugian negara dalam pembangunan infrastruktur yang melibatkan logam baja sebagai bahan baku,

LANDASAN TEORI

Besi dan Baja

Baja merupakan paduan yang terdiri dari besi dan karbon serta unsur lainnya. Karbon merupakan salah satu unsur yang penting karena dapat meningkatkan kekerasan dan keuletan baja. Pada industri, baja merupakan logam yang banyak digunakan baik dalam bentuk pelat, lembaran, pipa, batang, profil dan sebagainya. Menurut komposisi kimianya baja dibedakan menjadi 2 bagian yaitu :

Baja Karbon

Baja karbon adalah perpaduan antara besi dengan karbon sebagai unsur utama paduannya. Paduan ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan paduan lain yaitu mempunyai sifat kuat, ulet, keras, dan tangguh. Sifat-sifat ini banyak dipengaruhi oleh jumlah kandungan karbon yang dimiliki oleh baja tersebut. Semakin banyak karbon yang dikandung, maka semakin keras dan kuat baja tersebut, dan sebaliknya semakin sedikit unsur karbon maka semakin lunak baja tersebut. Baja karbon memiliki unsur lain tetapi masih dalam batas-batas tertentu yang tidak banyak berpengaruh terhadap sifatnya.

Baja karbon dibedakan menjadi 3 bagian, yaitu :

- Baja Karbon Rendah**
Baja karbon rendah mengandung unsur karbon $\leq 0,2$ %. Baja ini mempunyai kekuatan relatif rendah, lunak, ulet, mudah dibentuk dan dimesin. Baja ini umumnya digunakan untuk konstruksi umum yang dibuat untuk baja profil rangka bangunan, baja tulangan beton, dan rangka kendaraan.
- Baja Karbon Sedang**
Baja karbon sedang mempunyai unsur karbon antara 0,2 – 0,5 %. Baja karbon sedang ini mempunyai ketangguhan, kekuatan yang baik, mampu bentuk dan mesin yang baik. Baja ini biasanya digunakan untuk komponen-komponen mesin seperti roda gigi, poros, dan rantai
- Baja Karbon Tinggi**
Baja karbon tinggi mempunyai unsur karbon antara 0,5 – 1,7 %. Baja ini mempunyai sifat yang keras dan kuat. Baja ini digunakan untuk perkakas yang biasanya memerlukan sifat tahan aus yang tinggi misalnya digunakan untuk mata bor, mata pahat, kikir, dan gurdi.

Baja Paduan (Alloy Steel)

Baja paduan adalah baja yang kedalamnya ditambahkan unsur-unsur selain karbon untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu pada logam.

Sifat-sifat itu misalnya:

- Untuk memperbaiki sifat mekanik baja (kekerasan, keliatan, kekuatan tarik dan sebagainya)
- Untuk mendapatkan sifat mekanik tertentu misalnya tetap keras pada suhu tinggi.
- Untuk meningkatkan daya tahan terhadap reaksi kimia misalnya ketahanan terhadap reaksi oksidasi dan reduksi.

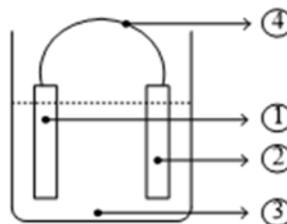
Klasifikasi baja paduan berdasarkan proses elemen paduannya:

- Low Alloy Steel*, jika elemen paduannya $\leq 2,5\%$
- Medium Alloy Steel*, jika elemen paduannya $2,5 - 10\%$
- High Alloy Steel*, jika elemen paduannya $> 10\%$

Korosi pada Baja

Korosi adalah proses perusakan, atau pengikisan terhadap permukaan suatu material yang disebabkan adanya reaksi dengan lingkungannya, yang biasanya diasosiasikan ke material berbahan logam.

Secara umum terdapat 4 komponen dasar yang menyebabkan terjadinya proses korosi, yang dapat dilihat pada gambar 1 yaitu :



Gambar 1. Sel Korosi Sederhana

- (1).Anoda, (2) Katoda, (3) Elektrolit,
- (4) Hubungan Listrik

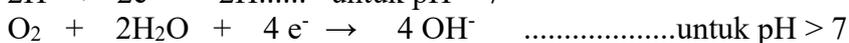
1. Anoda

Logam anoda adalah logam yang bersifat anodik terhadap logam lainnya yang berkontak langsung dengannya. Pada logam anodik terjadi reaksi oksidasi yang berupa penguraian atom logam menjadi kation disertai dengan pelepasan sejumlah e^- yang jumlahnya sama dengan valensi logam tersebut. Reaksi oksidasi tersebut adalah :



2. Katoda

Logam katoda adalah logam yang bersifat katodik terhadap logam lainnya. Pada logam ini terjadi reaksi reduksi yang berupa penyerapan e^- yang berasal dari logam anodik pada bagian permukaan logam. Reaksi reduksi tersebut adalah



3. Elektrolit

Elektrolit adalah larutan yang bersifat menghantarkan arus listrik dari anoda ke katoda. Elektrolit dapat berupa air, berupa tanah serta udara yaitu pada korosi atmosfer.

4. Hubungan Listrik

Terdapat hubungan arus listrik antara kedua logam yang anodik dan katodik sehingga memungkinkan terjadinya aliran e^- dari anoda ke katoda.

Bila keempat faktor ini berada dalam satu keadaan, maka reaksi korosi atas suatu logam dimungkinkan.

Jenis-jenis Korosi

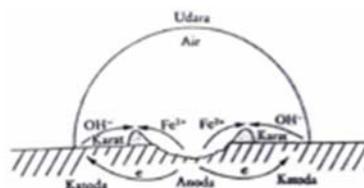
Korosi dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Korosi merata (*general*)

Korosi merata merupakan korosi yang terjadi pada suatu logam secara menyeluruh, sebagai contoh: korosi yang terjadi pada tiang-tiang penyangga pada penambangan lepas pantai.

2. Korosi sumuran (*pitting corrosion*)

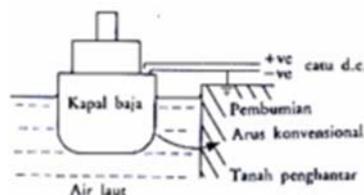
Korosi sumuran adalah korosi lokal yang secara selektif menyerang bagian permukaan logam yang selaput pelindungnya tergores atau retak akibat perlakuan mekanik atau mempunyai tonjolan akibat dislokasi atau mempunyai komposisi heterogen dengan adanya inklusi, segregasi dan presipitasi.



Gambar 2. Korosi Sumuran

3. Korosi arus liar (*stray-current corrosion*)

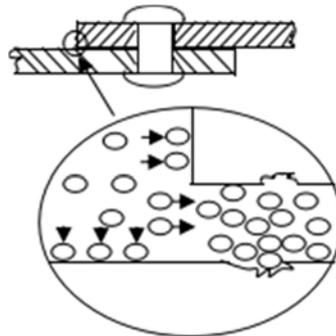
Korosi arus liar adalah korosi yang disebabkan oleh adanya arus konvensional yang mengalir dalam arah berlawanan dengan aliran elektron, besarnya dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dari luar.



Gambar 3. Korosi Arus Liar

4. Korosi celah

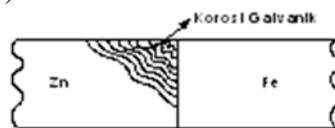
Korosi yang terjadi pada daerah celahan, yaitu daerah yang terdapat pada antara dua permukaan yang dilapiskan. Misalnya pada celah yang timbul akibat sambungan (pipa yang dipasang *flange*), celah yang timbul akibat sambungan baut, mur dan celah-celah lainnya. Teori tentang korosi celah yang dianut hingga saat ini adalah timbulnya beda konsentrasi oksigen didalam dan diluar celah. Daerah diluar celah dengan konsentrasi oksigen yang tinggi akan menjadi katodik dan daerah didalam celah dengan konsentrasi oksigen yang rendah akan menjadi anodik.



Gambar 4. Korosi Celah

5. Korosi logam tak sejenis (galvanik)

Korosi galvanik adalah korosi yang disebabkan adanya dua logam tak sejenis (*dissimilar metals*) yang bergandengan (*coupled*) membentuk sebuah sel korosi basah sederhana.



Gambar 5. Korosi Galvanik

6. Korosi erosi

Korosi erosi adalah korosi yang disebabkan akibat gerak relatif antara elektrolit dan permukaan logam. Korosi ini biasanya disebabkan karena terjadinya proses-proses elektrokimia dan efek-efek mekanik seperti abrasi dan gesekan.

7. Korosi retak tegang

Korosi yang terjadi akibat adanya gabungan antara lingkungan korosif dan tegangan luar. Faktor-faktor yang mempengaruhi korosi retak tegang adalah temperatur, komposisi logam, tegangan dan struktur logam.

8. Korosi batas butir

Korosi batas butir adalah korosi yang disebabkan oleh ketidaksesuaian struktur kristal pada batas butir yang memiliki kedudukan atom-atom secara termodinamika yang kurang mantap dibandingkan atom-atom pada kedudukan kisi sempurna.



Gambar 6. Korosi Batas Butir

9. Korosi Selektif (*Selective Corrosion*)

Korosi selektif adalah terlarutnya suatu unsure yang bersifat lebih anodik dari suatu paduan. Korosi ini menyerang seluruh permukaan yang terbuka sehingga bentuk keseluruhan tidak berubah, namun demikian hilangnya sebuah unsur paduan dalam jumlah besar menjadikan logam berpori-pori dan hampir tanpa kekuatan mekanik lagi.

Lokasi sampel Air Rawa

Tempat pengambilan air rawa adalah di daerah Jaka Baring-Palembang. Pengambilan air rawa dilakukan di 3 titik dan diambil nilai rata-ratanya.

Unsur Klorida Air

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengukuran unsur klorida dalam air adalah sebagai berikut :

- Atur pH air yang akan diuji dengan menggunakan larutan H_2SO_4 sampai pH 7.
- Tambahkan 1 ml larutan kalium kromat, kemudian dititrasi dengan larutan $AgNO_3$ sampai warna merah bata mulai terlihat pada titik akhir titrasi.
- Hitung kadar klorida dari air dalam mg perliter.

Unsur Sulfat pada Air

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengukuran unsur sulfat dalam air adalah sebagai berikut :

- Pengujian ini menggunakan spektrofotometer yang bekerja pada panjang gelombang 380-400 nm yang dilengkapi dengan kuvet yang mempunyai ketebalan tembus cahaya 4 cm.
- Tambahkan 1 ml larutan penyangga asetat kemudian dikocok dan didiamkan selama 2 menit.
- Tambahkan 5 ml larutan asam, kemudian encerkan dengan air sampai tanda batas.
- Diamkan selama 8 menit dan segera diukur.

PEMBAHASAN

Data Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi ini bertujuan untuk mengetahui kadar tiap unsur pembentuk bahan. Hasil pengujian komposisi dapat dilihat pada table 3. sebagai berikut :

Tabel 3. Komposisi Kimia Baja

No	Nama unsur	Simbol	Kadar (%)
1	Ferro	Fe	98,69
2	Carbon	C	0,131
3	Phosphors	P	0,009
4	Sulfur	S	0,020
5	Mangan	Mn	0,543
6	Nikel	Ni	0,060
7	Chromium	Cr	0,036
8	Silicon	Si	0,091

Dari hasil pengujian komposisi, maka baja ini termasuk baja karbon rendah karena memiliki kadar karbon yaitu 0,131% dan sisanya adalah unsur paduan. Klasifikasi baja lunak ini banyak digunakan pada bidang konstruksi, penempaan dan permesinan.

Hasil Pengujian Metallografi

Hasil pengujian metallografi dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini sebagai berikut:



Gambar 7. Struktur Mikro Spesimen Pembesaran 500 x

Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa kristal *ferrite* (yang berwarna terang) dan kristal *pearlite* (yang berwarna gelap) pada raw material. Butir kristal *ferrite* yang lebih banyak dari *pearlite* menunjukkan sifat material yang tidak terlalu keras.

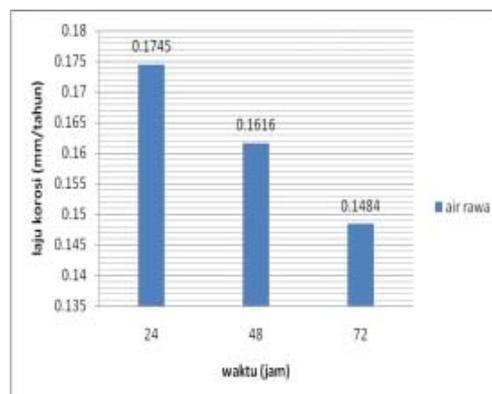
Pengujian Air

Pengujian air dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur didalam air yang dapat mempengaruhi lajunya korosi. Hasil pengujian unsur air dapat dilihat pada table 4. sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian unsur-unsur air

No	Sampel	Sulfat (mg/l)	Chlorida (mg/l)
1	air bersih	0,048	0,21
2	air rawa	0,91	0,76

Hasil Pengujian Korosi



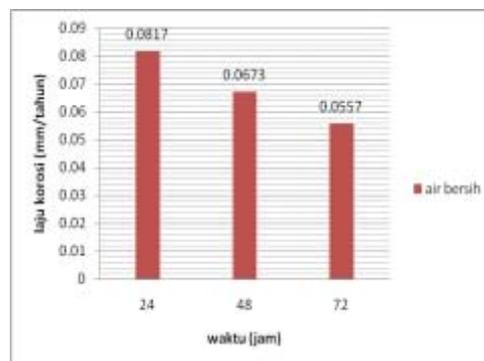
Gambar 8. Laju korosi baja pada air rawa

Laju Korosi spesimen yang dicelupkan dalam air bersih

Pada Tabel 5 dapat dilihat hasil perhitungan laju korosi yang dicelupkan dalam air rawa.

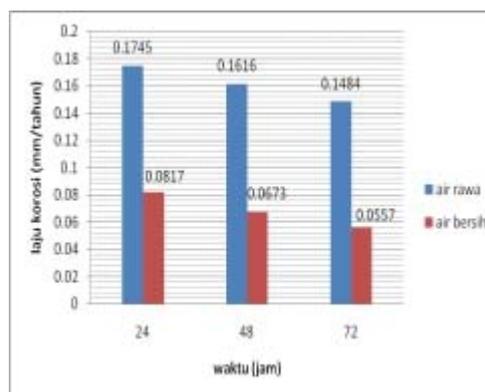
Tabel 5. Data perhitungan laju korosi

No	Waktu celup	Laju Korosi (mm/tahun)
1	Pencelupan 24 jam	0,0817
2	Pencelupan 48 jam	0,0673
3	Pencelupan 72 jam	0,0557



Gambar 9. Grafik laju korosi baja dalam air bersih

Pada gambar 9. dapat dilihat laju korosi pada air bersih dalam waktu pencelupan 24 jam, 48 jam dan 72 jam adalah 0,0817 mm/tahun, 0,0673 mm/tahun, 0,0557 mm/tahun.



Gambar 10. Grafik laju korosi dalam air bersih dan air rawa

Pada gambar 10 dapat dilihat bahwa laju korosi yang paling besar terjadi pada spesimen yang dicelupkan pada air rawa dibandingkan dengan air bersih. Laju korosi rata-rata pada air rawa sebesar 0,1615 mm/tahun sedangkan pada air bersih sebesar 0,0682 mm/tahun.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Laju korosi pada lingkungan air rawa adalah kurang lebih dua setengah kali lebih cepat dari korosi dilingkungan air bersih.

2. Unsur-unsur yang mempercepat terjadinya laju korosi pada air rawa diantaranya adalah kandungan unsur klorida dan sulfat.

Saran

Pembangunan infrastruktur yang melibatkan unsur baja sebagai bahan baku utama dilingkungan lahan basah harus memperhatikan dan mempertimbangkan aspek korosi logam agar daya guna yang didapatkan menjadi maksimal.

REFERENSI

- [1] Indro Widiono Sumantri, *Studi Perbandingan Laju Korosi Baja Karbon Rendah di Lingkungan Air Rawa dan Lingkungan Air Bersih, Tugas Ahir, Teknik Mesin Univ. Sriwijaya Tahun 2011.*
- [2] Fernando, Armal. *Pengaruh Proses Normalizing dan Quenching Air Pada Baja Karbon Rendah Terhadap Laju Korosi di Lingkungan Asam Sulfat pH 3,3.* Skripsi, Indralaya, 2004.
- [3] Pratiwi, Diah Kusuma. *Metallurgi Fisik.* Edisi I. CV. Karya Utama, Palembang, 2005.
- [4] Smallman, R. E. *Metallurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material.* Edisi Keenam, Erlangga, Jakarta, 1991.
- [5] Trethewey, Kenneth R. *Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa.* PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991.
- [6] www.google.com/ Pengaruh Unsur – Unsur Kimia Korosif Terhadap Laju Korosi (4 November 2010) Jam 18.55 WIB.
- [7] www.google.com/ Potensi Lahan Basah. (9 November 2010) Jam 20.48 WIB.