

## PERLINDUNGAN MATERIAL BAJA SEBAGAI STRUKTUR BANGUNAN TERHADAP KOROSI

Sri umiati

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik - Universitas Andalas  
Kampus Limau Manis - Kecamatan Pauh – Padang, Sumatera Barat

### ABSTRAK

*Korosi adalah rusaknya logam akibat adanya penguraian fisik karena bereaksi dengan lingkungan. Korosi merugikan secara ekonomi, teknik, dan estetika. Nilai kerugian akibat korosi ditentukan oleh laju korosi pada material tersebut.*

*Baja adalah paduan besi (Fe) dengan karbon 0,02-2,1% (C) yang mempunyai sifat mekanik baik, tetapi mudah terkorosi bila berinteraksi dengan lingkungan yang korosif.*

*Baja banyak digunakan sebagai struktur bangunan, apakah itu sebagai konstruksi baja, sebagai konstruksi baja komposit, atau konstruksi beton bertulang. Sebagai struktur pemikul beban bangunan, baja harus terhindar reaksi korosi sebab korosi menurunkan kekuatan baja, korosi yang berlanjut pada baja pada akhirnya bila kekuatan turun drastis, berakibat runtuhnya gedung.*

*Keywords: korosi baja, sifat mekanik baja, beton, perlindungan baja*

### A. PENDAHULUAN

Bangunan adalah tempat dimana manusia melakukan aktifitas. Supaya bangunan dapat digunakan sesuai dengan fungsi yang direncanakan bangunan tersebut harus berdiri kokoh, kuat, mampu menahan beban yang diterimanya, baik beban bangunan itu sendiri maupun beban akibat dari adanya aktifitas akibat fungsi bangunan, atau beban akibat yang datang dari pengaruh alam misalnya angin, gempa dan lain lain.

Kriteria sistem struktur bangunan yang aman digunakan harus memperhatikan hal sebagai berikut:

#### 1. Pengamanan struktural terhadap beban

Sistem struktur secara keseluruhan dapat memikul beban, baik beban hidup ataupun beban mati.

#### 2. Pengamanan terhadap api

Struktur bangunan terutama gedung tinggi harus diperhitungkan tahan terhadap api minimal 2 jam untuk memberi kesempatan penghuni gedung menyelamatkan diri, selain harus dilengkapi alat pemadam api.

#### 3. Daya tahan terhadap pengaruh lingkungan

Struktur bangunan harus diperhitungkan tahan terhadap lingkungan. Tidak akan mengalami perusakan struktur yang berarti yang dapat menghilangkan kekuatan material yang berakibat runtuhnya gedung. Seperti perusakan bahan akibat korosi.

### B. BAJA SEBAGAI STRUKTUR BANGUNAN

Baja adalah bahan logam banyak digunakan untuk struktur dan konstruksi. Baja yang digunakan sebagai struktur bangunan adalah baja konstruksi

mencakup 90% dari pembuatan baja, baja konstruksi digunakan untuk pembuatan bajabeton, baja profil. Untuk segala jenis konstruksi jembatan, menara, bangunan tinggi.

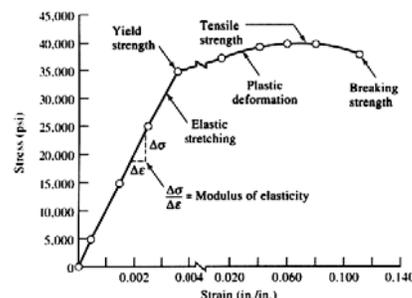
#### 1. Sifat Mekanik

Sifat mekanik merupakan salah satu faktor penting yang mendasari pemilihan material, dalam setiap perencanaan. Sifat mekanik dapat diartikan reaksi beban atau kemampuan logam untuk menahan beban yang diberikan, baik beban statis atau dinamis pada suhu biasa.

Bila suatu logam ditarik maka akan mengalami deformasi, yaitu perubahan ukuran atau bentuk karena pengaruh beban yang diberikan padanya. Deformasi ini dapat terjadi secara elastis dan secara plastis. Deformasi elastis: Suatu perubahan bentuk yang akan segera hilang dan kembali kepada bentuk semula bila beban diadakan. Deformasi plastis : Suatu perubahan bentuk yang tetap meskipun beban yang menyebabkan deformasi diadakan.

$$\text{Tegangan } (\sigma) = \frac{F}{A_0} \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Regangan } (\epsilon) = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 \%$$



Gambar-1 Kurva tegangan dan regangan untuk baja konstruksi

**2. Sifat Kimia pada Baja**

Yang dimaksud dengan sifat kimia pada baja adalah sifat yang bereaksi secara proses kimia dengan lingkungan sekitar sehingga merubah sifat fisiknya. Korosi merupakan proses kimia menyebabkan perusakan baja, akibat terjadi reaksi dengan lingkungan. Dikalangan awam dikenal dengan istilah "karatan". Lingkungan amat berperan terhadap pembentukan korosi baja, lingkungan korosif mempercepat korosi logam tertentu atau sebaliknya.

Lingkungan yang korosif, yaitu :

- Air laut, lebih korosif dari pada air tawar.
- Asam, lebih korosif dari pada basa (alkali).
- Air berlumpur, bertanah lebih korosif air bersih.
- Udara lembab lebih korosif dari udara kering.
- Suhu tinggi lebih mempercepat proses reaksi dari pada suhu dingin.

Pada ruang hampa udara korosi tidak terjadi.

Baja termasuk bahan yang mudah terkorosi. Berdasarkan deret kemuliaan dari logam, tegangan tertinggi emas dengan tegangan + 1,38V tidak akan terkorosi, logam mempunyai tegangan terendah yaitu seng dengan tegangan - 0,76V, logam ini mudah terkorosi.

Besi/baja tegangan -0,44 V mudah terkorosi Lihat tabel 1. Makin tidak mulia suatu logam atau makin rendah tegangan logam, makin mudah logam tersebut terkorosi.

Tabel-1 Deret kemuliaan atau deret potensial Logam terhadap air. Potensial air 0,00 volt

Logam	Potensial E° (volt)	Logam	Potensial E°(volt)
Kalium	- 2,92 V	Tembaga	+ 0,34 V
Natrium	- 2,72 V	Perak	+ 0,38 V
Magnesium	- 2,30 V	Air Raksa	+ 0,60 V
Aluminium	- 1,30 V	Emas	+ 1,38 V
Seng	- 0,76 V		
Khrom	- 0,56 V		
Besi	- 0,44 V		
Kadmium	- 0,40 V		
Nikel	- 0,23 V		
Timah	- 0,14 V		
Timbel	- 0,12 V		

(Sumber: B.J.M. Beumer)

Baja yang mudah terkorosi berada pada lingkungan yang korosif akan cepat terkorosi.

Korosi merupakan proses oksidasi, dalam hal ini besi teroksidasi dengan oksigen sehingga menimbulkan karat, yaitu besi oksida Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> atau Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Konsentrasi oksigen O<sub>2</sub> yang lebih tinggi, kelembaban udara, temperatur, pH, bahan pengotor padat atau larut mempercepat laju korosi. Dari pengujian baja lunak yang dibiarkan pada udara terbuka selama setahun dengan lingkungan yang berbeda, pedalaman, kawasan industri, pesisir, menyebabkan laju korosi yang berbeda. Terlihat bahwa baja lunak yang diletakkan pada udara

pantai yang udaranya mengandung ion ion Cl menghasilkan laju korosi yang lebih tinggi. Lihat tabel-2

Tabel-2 Laju korosi pelat baja lunak yang dibiarkan diudara terbuka selama setahun

Jenis Atmosfir	Lokasi	Laju korosi pertahun (mm) per tahun
Pedalaman	Godalming	0.048 mm
	Teddington	0.070 mm
	Delhi	0.008 mm
Kawasan industri	Woolwich	0.095 mm
	Derby	0.170 mm
Pesisir	Cashot	0.079 mm
	Lagos (pantai)	0.615 mm

(sumber : K.R Trethewey. J. Chamberlain)

Pada lingkungan air laut korosi akan lebih meningkat lagi, terutama air laut dangkal.

Tabel-3 Pengaruh lingkungan air laut terhadap baja karbon

Faktor dalam Air laut	Pengaruh terhadap besi dan baja
Ion Cl	Sangat korosif terhadap logam yang mengandung besi Baja carbon dan logam besi tidak dapat dipasifkan. . Garam laut menghasilkan Cl lebih dari 55 %
Oksigen	Korosi pada baja dikendalikan secara katodik. Kandungan oksigen yang tinggi meningkatkan serangan korsi.
Kecepatan gelombang	Laju korosi meningkat cepat bila ada aliran olakan (gelombang). Air laut yang bergerak menghancurkan lapisan penghalang karat dan mengandung banyak oksigen.
Temperatur	Peningkatan temperatur cenderung mempercepat reaksi
Pengotoran biologis	Kotoran yang menempel banyak mengurangi serangan sebab terhalangnya oksigen, tetapi kotoran yang menempel sedikit meningkatkan serangan sebab bakteri ambil bagian.
Pencemaran	Sulfida yang terdapat pada air laut yang tercemar, sangat mempercepat serangan pada baja.

(Sumber : Kr. Trethewey.J.Chamberlain)

**C. PROSES TERJADINYA KOROSI BAJA.**

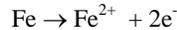
Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungan. Bila terjadi korosi pada baja maka terjadi perpindahan electron .bermuatan negatif, perpindahannya terjadi karena adanya arus litrik. Bila dua logam dengan perbedaan potensial terjadi arus maka electron akan mengalir dari logam yang potensial tinggi kepotensial rendah. Lihat tabel 1 yang menggambarkan daftar potensial logam. Ini dapat digambarkan sebagai berikut:

Bila plat baja disepuh dengan seng, dari deret tegangan ternyata bahwa seng mempunyai tegangan yang lebih rendah dari baja. Bila berada pada lingkungan yang lembab mengakibatkan aliran listrik mengalir. Logam yang tidak mulia atau logam yang potensialnya lebih rendah akan melarut terikat pada baja yang potensialnya lebih tinggi. Sehingga

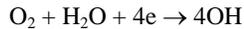
seng menutup goresan dengan demikian menutup udara lembab . Korosi terhenti.

Jika besi atau baja dicelupkan dalam air atau air laut yang terbuka ke atmosfer, korosi terjadi. Air potensialnya adalah 0,00 volt. Logam baja yang potensialnya - 0,44 volt akan melarut.

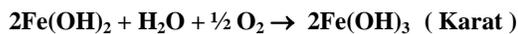
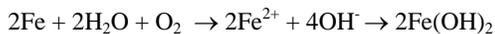
Reaksi anoda adalah :



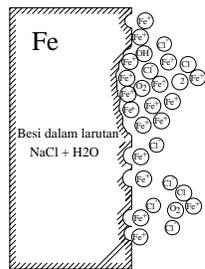
dan reaksi katodanya adalah :



Seluruh reaksi dapat diperoleh dengan menambahkan persamaan:



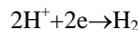
Reaksi asam hidroclorida dengan besi (ion besi), sebagai besi clorida. Logam-logam rusak, lebih cepat . sebab ada dua reaksi, OH dan ion Cl Besi Clorida adalah karat.



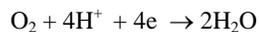
Gambar-2 Reaksi elektro kimia selama korosi

Selama korosi lebih dari satu reaksi oksidasi dan reaksi reduksi mungkin terjadi. Ketika logam campuran telah terkorosi maka komponen logam akan masuk kedalam larutan sebagai ion masing-masing. Dan yang paling penting, lebih dari satu reaksi reduksi dapat terjadi selama korosi. Dua reaksi katoda adalah mungkin.

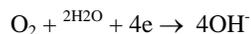
Dalam tiap penyelidikan jumlah dari elektron yang diproduksi sama dengan valensi dari ion. Ada beberapa perbedaan dari reaksi-reaksi katoda itu sering ditemukan dalam korosi logam. Keadaan yang paling sering adalah :



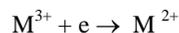
Reduksi oksigen(solusi asam)



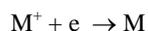
Reduksi oksigen



Reduksi ion logam



Endapan logam



Pelepasan electron dari reaksi-reaksi diatas dapat digunakan untuk interpretasi seluruh masalah korosi. Oleh sebab itu, larutan asam berisi oksigen terlarut akan lebih korosif dari asam udara bebas. Reduksi oksigen secara sederhana menetapkan sebuah arti “ pelepasan electron”

#### D. KONTRUKSI BAJA

Konstruksi baja banyak digunakan untuk bangunan Jembatan, hanggar pesawat, bangunan Industri, bengkel dsb. Baja yang digunakan adalah baja profil berupa profil I, profil T, profil C, baja pelat yang penyambungan antar elemennya dilakukan dengan baut atau las.

Secara garis besar penggunaan baja dikelompokkan atas:

1. Sebagai konstruksi pendukung yang merupakan rangka rangka baja berupa kolom dan balok , kuda kuda baja
2. Sebagai bagian bangunan tertentu pada bangunan seperti gording, rangka pintu/ jendela dll.

#### E. KONSTRUKSI BETON BERTULANG

##### 1. Beton

Beton dihasilkan dari mencampurkan semen , agregat kasar dan halus dan air dengan perbandingan tertentu. Semen bersama air bereaksi secara kimia membentuk pasta yang mengikat pasir dan agregat kasar, mengeras dan membatu. Perbandingan campuran air, semen, agregat yang berbeda menghasilkan beton dengan mutu yang berbeda pula. Makin tinggi mutu beton maka makin tinggi pula sifat kedap air dan sifat keawetan beton tersebut. Semakin tinggi mutu beton, semakin tinggi kuat tekan, semakin awet beton, semakin tinggi sifat permeabilitas ( sifat kekedapan air) nya.

Untuk mencampur beton persyaratan yang harus dipenuhi adalah :

- **Kuat tekan** : Kuat tekan yang dicapai pada umur 28 hari atau umur yang ditentukan harus
- memenuhi persyaratan.
- **Workabilitas**: Workabilitas yang cukup guna pengangkutan , pencetakan dan pemadatan beton dengan peralatan yang tersedia.
- **Durabilitas**: Durabilitas atau sifat awet
- berhubungan dengan kekuatan tekan. Semakin tinggi
- Kekuatan beton , semakin awet betonnya.
- **Penyelesaian akhir permukaan beton**: Kohesi yang kurang baik dapat merupakan salah satu penyebab penyelesaian akhir yang kurang baik dapat merupakan salah satu penyebab akhir yang kurang baik. Bilamana beton dicetak pada acuan tegak , dapat menimbulkan kesulitan menyelesaikan bidang horizontal agar menjadi halus dan padat, untuk ini diperlukan butiran agregat yang lebih halus.

## 2. Keretakan Beton

Pengerjaan beton yang tidak memenuhi cara pengerjaan dapat mengalami keretakan. Keretakan beton menyebabkan beton bocor dan air dapat masuk diantara celah retakan. Bila air telah mencapai tulangan beton akan menyebabkan korosi tulangan baja. Retak ini dapat terjadi akibat:

### a. Retak pada beton pastic

Retak beton plastic disebabkan oleh penguapan air yang cepat pada permukaan beton karena penyinaran matahari yang terik pada saat pengerjaan beton terutama untuk pekerjaan yang permukaannya luas seperti lantai, jalan raya, lapangan terbang dll.

Retak beton terjadi pada pekerjaan beton dengan suhu harian melebihi 21°C. Suhu akibat sinar matahari yang tinggi menyebabkan penguapan berakibat penyusutan kering yang terlalu awal dan cepat yang berakibat timbulnya retak. Oleh sebab itu perlu adanya suatu cara perawatan untuk mempertahankan beton terus dalam keadaan basah selama periode beberapa hari atau beberapa minggu dengan membasahi permukaan beton berulang ulang .

Hasil pengujian laboratorium menunjukkan kekuatan beton yang dikerjakan pada suhu 38 °C tanpa perawatan menghasilkan kekuatan kira kira 15 % lebih rendah dari pada beton yang dihasilkan pada suhu 18 °C .

### b. Retak pada beton yang sudah keras:

Terbentuknya retak pada beton yang sudah keras seringkali tidak hanya dari satu sebab saja. Retak ini menyebabkan kebocoran air yang menyebabkan korosi (karat). Pada setiap tulangan. Retak ini bisa disebabkan oleh:

- Pergerakan bangunan yang disebabkan penurunan pondasi, menyebabkan tegangan yang berlebihan.
- Beban berlebih, baik yang disebabkan oleh ketidak telitian konstruksi , atau disebabkan beban yang lebih besar dari pada beban yang diperhitungkan untuk bangunan tersebut.
- Susut kering pada kontruksi.
- Perubahan panjang kerana perubahan suhu. Hal ini terjadi bila terjadi kenaikan suhu pada waktu pengikatan dan pengerasan, dan penyusutan pada waktu beton dingin.
- Pemuai logam yang tertanam pada beton, terutama pada bangunan industri yang menanamkan pipa ketel uap atau pipa dari dapur didalam beton, Pemuai logam ini akan menyebabkan keretakan beton.

### c. Agresi Sulfat pada beton:

Larutan Sulfat mengadakan agresi pada beton akan menyebabkan pengembangan, perusakan dan dengan sendirinya menimbulkan pecah pecah. Berat tidaknya agresi sulfat ini tergantung dari pada kualitas betonnya, jenis semen, dan perubahan keadaan dengan keadaan sekitarnya.

Beton mengalami agresi oleh garam sulfat bilamana bila bahan ini berada dalam larutan misalnya air tanah. Untuk menghindari agar beton tahan agresi kimia adalah beton harus tinggi kualitasnya. Beton yang "kurus" kurang semennya tidak akan memberikan beton yang tahan kimia meskipun semen macam apapun.

### d. Agresi Air laut pada beton.

Ketika beton bertambah umurnya atau beton kurang mutunya didalam air laut dapat menyebabkan beton retak. dengan konsekwensi terjadinya pengembangan dan pecahnya beton.

Ini menyebabkan air laut yang mengandung garam mencapai tulangan. Hal ini menyebabkan korosi tulangan beton.

### Beton Bertulang

Beton padat mempunyai kuat tekan yang tinggi tetapi kuat tariknya yang rendah . Dari pengujian memperlihatkan bahwa kuat tarik beton hanya sekitar 10% dari kuat tekan dan dalam perencanaan beton bertulang ini ditiadakan. Dalam hal ini baja yang mempunyai kekuatan tarik yang tinggi . Kombinasi yang tepat antara kedua bahan ini memberikan kekuatan tarik yang tinggi dan kekuatan tekan yang tinggi pula sesuai mutu beton rencana.

Kombinasi yang fundamental antara beton dan tulangan baja adalah karena :

- Koefisien pemuai panas beton hampir identik dengan baja.
- Beton dapat bersifat memberikan sesuatu perlindungan terhadap berkaratnya tulangan, sepanjang pekerjaan pelaksanaan dan mutu beton memenuhi .
- Beton dapat memegang atau mengikat dengan baik tulangan baja .

Kombinasi ini menghasilkan struktur yang kuat menahan beban, lebih aman terhadap kebakaran sebab beton bukan bahan penghantar panas dan melindungi baja dari panasnya api, dapat menahan lajunya korosi baja pada lingkungan korosif, sepanjang pengerjaan beton" memenuhi" dan lindungan baja berupa selimut beton cukup.

## F. PERLINDUNGAN BAJA TERHADAP KOROSI

Material Baja yang dipakai sebagai struktur harus dilindungi terhadap reaksi dengan lingkungan untuk menghindari korosi. Baik baja tersebut dipakai sebagai konstruksi baja, baja komposit, atau beton bertulang.

Perlindungan baja terhadap korosi pada dasarnya adalah membatasi baja berinteraksi dengan lingkungan terutama lingkungan yang korosif.

Perlindungan ini dapat dilakukan dengan :

- a. Pelapisan dengan cat. Ini dilakukan untuk bangunan konstruksi baja, pada umumnya cat dibuat komposisinya untuk menahan serangan korosi terhadap baja dan sisi lain adalah untuk

- tujuan dekoratif (keindahan). Preparasi logam dasar dari kotoran-kotoran lemak penting dilakukan agar terbentuk adhesivitas yang tinggi. Pengecatan dilakukan dua lapis yaitu cat primer (dasar) dan cat untuk lapisan atas.
- b. Pelapisan dengan logam . Perlindungan baja logam lain dapat dilakukan dengan beberapa metoda, namun perlindungan itu mensyaratkan logam yang lebih tahan korosi dari baja seperti Ni, Cr, Al. Unsur ini dapat memberikan perlindungan korosi pada baja dan metoda yang digunakan adalah elektroplating, elektroless. Elektroplating yaitu pelapisan menggunakan energi listrik dan elektroless yaitu pelapisan tanpa menggunakan energi listrik, contohnya pipa yang dilapis Cr untuk pagar, kursi. Ada yang berwarna putih mengkilap dan hitam . Untuk bangunan kapal dan jaringan pipa minyak dapat dilakukan dengan metoda proteksi katodik atau proteksi anodik, memakai logam Pb atau Zn karena potensialnya lebih rendah dan harga relatif murah. Energi diambil dari jaringan listrik yang terdekat.
  - c. Pelapisan dengan beton . Dalam hal ini beton harus mempunyai mutu yang disyaratkan dengan ketebalan selimut beton yang bisa diyakini tidak akan bocor atau mudah dilalui air, air tidak akan meresap melalui pori beton. Syarat selimut beton hubungannya dengan mutu dengan lingkungan yang berbeda digambarkan dalam tabel 4.

Tabel-4 Nilai nominal selimut beton terhadap tulangan baja

Keadaan tak terlindung	Nilai nominal selimut beton				
	Tingkatan mutu beton (Mpa)				
	20	30	30	40	50
<b>Biasa :</b> Dilindungi sepenuhnya terhadap cuaca, atau keadaan yang agresif, kecuali periode singkat	Seli mut beton mm				
	25	20	15	15	15
<b>Agak berat:</b> Terlindung dari hujan lebat, beton terendam dalam air terus menerus	-	40	30	25	20
<b>Berat</b> Tak terlindung dari hujan lebat, basah kering silih berganti dan membeku ketika keadaan basah Tak terlindung terhadap kondensasi atau nyala korosif	-	50	40	30	25
<b>Sangat berat:</b> Terkena air laut atau air rawa berabrasi	-	-	-	60	50

( Sumber : L.J.Murdock D.Sc, K.M. Brook B Sc)

## G. KESIMPULAN

1. Baja yang mempunyai kuat tarik dan kuat tekan yang tinggi banyak dipergunakan sebagai bahan structure bangunan.
2. Kelemahan baja adalah mudah terjadi perusakan bila kontak dengan lingkungan yang korosif.
3. Sebagai struktur bangunan, baja harus dihindari agar tidak terkorosi.
4. Pelapisan dengan cat, logam , beton , harus sesuai dengan kebutuhan.

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

1. National Asosiation of Corrosion Engineers, Corrosion Basics.
2. KR.Treathewey,J.Chamberlain, Terjemahan Korosi untuk Mahasiswa.
3. L.J Murdock, KM Brook, Bahan dan praktek beton.
4. B.J.M. Beumer, Ilmu Bahan Logam.